

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XVIII

MAYO DE 1991

NUMERO 68

PATRONO DE LA ACADEMIA:  
SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUBLICA  
DR. CESAR GAVIRIA TRUJILLO

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:  
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:  
SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA

## SUMARIO

	Págs.		Págs.
Nota Editorial . . . . .	5	Variación temporal de la temperatura del aire en Bogotá por <i>Jesús Eslava R.</i> . . . . .	65
<b>Trabajos Académicos</b>		Motilidad, morfología, concentración y número de espermatozoides en reproductores de trucha <i>Oncorhynchus mykiss</i> por <i>Renán Piñeros &amp; Plutarco Cala</i> . . . . .	75
Las rapaces en la naturaleza y en la historia por <i>Alvaro Torres-Barreto</i> . . . . .	7	Textura y estructuras de las rocas máficas y ultramáficas de la Isla de Gorgona, Colombia. por <i>Rubén Llinás, Juan Pinto, Fabio Peña &amp; Fredy Caro</i> . . . . .	93
La Misión Boussingault (1822-1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana por <i>Armando Espinosa</i> . . . . .	15	Estudios sobre entomostráceos de Colombia VI. <i>Paraimnadia</i> . Nueva especie, género y familia de crustáceos. por <i>Ewald Roessler</i> . . . . .	83
Acotaciones sobre el desarrollo temático y tecnológico de la Astronomía por <i>Jorge Sahade</i> . . . . .	23	Notas del Director . . . . .	105
Cerámicas avanzadas, estado actual y perspectivas por <i>Inés Bernal de Ramírez</i> . . . . .	29	Resolución No. 1 de 1991 . . . . .	110
El género <i>Montia</i> (Portulacaceae) en el Hemisferio Austral por <i>Alicia Lourteig</i> . . . . .	41	Constitución de la Academia . . . . .	111
Bis-1, 3 Benzoxanzinas, retrospectiva y perspectivas por <i>Augusto Rivera-Umaña</i> . . . . .	49		
<b>Contribuciones</b>			
Sociedades de Naturalistas — La ciencia decimonónica en Colombia por <i>Olga Restrepo Forero</i> . . . . .	53		



# LAS RAPACES EN LA NATURALEZA Y EN LA HISTORIA\*

por

Alvaro Torres-Barreto

## Resumen

Torres-Barreto, A.: Las rapaces en la naturaleza y en la historia. Rev. Acad. Colomb. Cien 18 (68); 7-14, 1991. ISSN 0370-3908.

Se proporciona datos acerca de la taxonomía, la distribución geográfica y el comportamiento de las rapaces (Falconiformes), destacando como desde la más remota antigüedad, y en todas las culturas, estas aves han sido consideradas como símbolo de grandeza.

## Abstract

Taxonomy, geographical distribution and behavior of Falconidae in Colombia are discussed. Their cultural significance as symbols of power is also presented.

Ocupando la cúspide filogenética de su clase —la de las aves— se encuentran las Falconiformes o aves de presa llamadas también rapaces. Sin los brillantes y llamativos colores de muchísimas especies que siempre han cautivado al hombre con su belleza, ni tampoco dotadas con los atributos de una voz armoniosa, las aves de presa tienen para quienes las conocemos y estudiamos, algo tan imponente y majestuoso, que la humanidad desde los tiempos prehistóricos las han reconocido en todas las culturas importantes, escogiéndolas como símbolo de grandeza, poder y sobre todo de divinidad.

Precisamente para conocer un poco mejor a las aves de presa en el aspecto de sus hábitats naturales y distribución en el planeta, lo mismo que sobre particularidades poco conocidas e interesan-

tes de algunas de ellas, lo cual puede contribuir a verlas con buenos ojos y no como indeseables, he escogido el tema de las rapaces en la naturaleza y en la historia, para disertar en esta memorable y honrosísima ocasión.

Actualmente hay clasificadas 287 especies de rapaces en el planeta que constituyen el orden ornitológico de las Falconiformes, de las cuales 74 se han registrado en Colombia aunque Steven L. Hilty y William L. Brown —no Leslie Brown, a quien cito varias veces en el curso de esta disertación y sin duda una de las primeras autoridades que han existido en rapaces— en su libro —el de Hilty y William Brown— “A guide to the Birds of Colombia” —Princeton University Press 1986— elevan este número de especies a 75 al suponer —sin haberse registrado— que existe en Colombia *Micrastur buckleyi* —una falconidae de selva—.

Todas las Falconiformes son diurnas, aunque algunas tienen su mayor actividad durante el cre-

\* Discurso de fondo pronunciado en el recinto de la Academia Colombiana el 25 de abril de 1990 en sesión pública y solemne, con ocasión de su posesión como individuo de número de la Corporación.

púsculo tanto matutino como vespertino. Las Falconiformes están clasificadas en cinco familias: Cathartidae, Accipitridae, Falconidae, Pandionidae y Sagittariidae. Las dos últimas con la particularidad de ser unas familias con un solo género y una sola especie.

Las rapaces más antiguas son las de la superfamilia Neocathartidae, de la cual tan solo se conoce como fósil, el *Neocathartes grallaria* su único representante y el cual no podía volar. Luego está la superfamilia Cathartoidae con dos familias: Cathartidae, a la cual pertenecen las rapaceas carroñeras del Nuevo Mundo o sea los cóndores, gualas, el rey de los gallinazos y el gallinazo o chulo y la familia Teratornitidae, de la cual únicamente se conoce un fósil: *Teratornis gigans* un ave enorme que era el doble de grande del actual cóndor de los Andes.

La familia Cathartidae, solamente se encuentra en el Nuevo Mundo, tiene unas características especiales que la diferencian de las otras rapaces. No tiene tabique nasal, de manera que se ve la luz de uno a otro orificio respiratorio. Sus bulbos olfatorios están muy desarrollados, indicando como el olfato es un medio importante para localizar su alimento, lo cual se comprueba con el hecho ampliamente conocido en nuestro medio rural, de que los gallinazos detectan cadáveres escondidos entre la vegetación o en lugares donde es imposible su localización visual.

Las Cathartidae no construyen nido y sus extremidades inferiores no terminan en garras sino en patas semejantes a las de las gallinas. La película interna del cascarón de sus huevos tiene color amarillento. De los 5 géneros con 7 especies de las Cathartidae, en Colombia están presentes 4 con 16 especies, faltando únicamente el cóndor de California, una de las rapaces al borde de la extinción.

La segunda familia de las Falconiformes es la Accipitridae que constituye el más numeroso grupo dentro del Orden. Tiene 220 especies clasificadas en el mundo, de las cuales hay registradas en Colombia 50 entre locales y migratorias. Los huevos de las aves de esta familia tienen la película interna del cascarón de un color verdoso. Todas construyen nido y proyectan sus deyecciones, excepto los "quebrantahuesos" y algunas comedoras de serpientes (Leslie Brown).

Pero personalmente he comprobado con 5 ejemplares de *Gampsonyx swainsoni*, género hasta hace poco ubicado en la Familia Falconidae, que esta especie tampoco los proyecta, estimo por lo tanto sería de utilidad comprobar su verdadera posición taxonómica.

La familia Pandionidae está constituida por un género y una sola especie cosmopolita: *Pandion haliaetus*. Fue considerada mucho tiempo como

Accipitridae, pero particularidades anatómicas excepcionales dentro del Orden fueron la razón para constituir con ella una familia aparte. Dichas particularidades son: que los orificios nasales pueden cerrarse a voluntad y que el dedo externo es reversible cuando agarra a su presa —peces— quedando como en las aves zigodáctilas con dos dedos hacia adelante y dos hacia atrás. También la apófisis supraorbitaria no es tan prominente como en el resto de las rapaces y los ojos están situados más adelante que en cualquiera de las Falconiformes. Estas particularidades anatómicas dependen de su régimen alimenticio que en un 99% está constituido por peces, que ella misma pesca, siendo la única rapaz que puede sumergirse, facilitando la reversión del dedo la aprehensión de la resbalosa presa, complementada con la modificación de las escamas plantares, que son de forma cónica como espinas, características que también posee una Accipitridae colombiana *Busarellus nigricollis*, propia de pantanos y manglares, que también come peces.

Como se ve en las rapaces altamente especializadas en su dieta, hay particularidad anatómicas muy funcionales que favorecen su supervivencia, como es el caso de las que se alimentan básicamente de caracoles como *Condrohierax*, *Helicolestes* y *Rosthramus* cuyos picos son delgados y fuertemente ganchudos, especialmente conformados para extraer la parte blanda de los caracoles de su concha, o el de *Machaeramphus alcinus* una Accipitridae del Africa Ecuatorial, incluidas Madagascar, el sudeste asiático —Malaca, Sumatra, Java y hacia el oriente hasta Nueva Guinea— especializada en la caza de murciélagos. Es la única rapaz con la parte maxilar del pico como una quilla y en conjunto bastante corto, fauces muy amplias, como las de una chotacabra, dedos larguísimos y delgados como de halcón y las alas comparables a las de esas mismas aves.

En la familia Accipitridae el género *Accipiter* es el que tiene mayor número de especies —47— que se encuentran en todos los continentes y climas, tanto de la zona templada como de la tropical. Las aves de este género son los verdaderos gavilanes y en Colombia se han registrado 6 especies, cinco nativas y una migratoria ocasional —*Accipiter cooperi*—. Las mayores rapaces no carroñeras pertenecen a esta familia y son: en primer lugar el águila arpía —*Harpia harpyja*— la más poderosa de las aves de presa, exclusiva de la selva húmeda del Neotrópico y cuya dispersión geográfica va desde el sur de México hasta el norte de la Argentina, y el águila comedora de monos de Filipinas, *Pitecophaga jefferi*, una de las rapaces en más grave peligro de extinción.

La familia Sagittariidae con un sólo género y una especie: *Sagittarius serpentarius* es una extraña ave que únicamente se encuentra en las sabanas tropicales de Africa y no puede dejar de mencionarse. Es un ave de tarsos muy largos, como los de una zancuda, de talla grande —alcanza hasta un metro

de alto— y su figura extraña con una cresta de plumas que cuando la levanta semeja una melena. Por su permanente ir y venir buscando insectos y pequeños vertebrados ha sido llamada pájaro “secretario” y también “serpentario” porque igualmente se alimenta de serpientes.

La familia Falconidae, cuyo género *Falco* con 37 especies —en todo el globo— incluye los verdaderos halcones; también está distribuida en las diversas regiones del planeta; inclusive en el ártico y vecindades de la Antártida. En el septentrión, ya en la tundra ártica, están los territorios del gerifalte *Falco rusticolus*, el más grande de los halcones y que en la Edad Media fue el más apreciado y único permitido como ave de cetrería para la realeza y lo más encumbrado de la nobleza. También en esta fría zona vive el *Falco peregrinus* o halcón peregrino, una de cuyas razas o subespecies *Falco peregrinus cassini* habita el sur de nuestro continente, casi hasta los lindes con la Antártida, migrando hacia el norte en el invierno austral, habiendo sido registrado en el departamento del Cauca (Lehman).

La familia Falconidae tiene 60 especies en todo el planeta de las cuales hay registradas 17 en Colombia. Dos de ellas son migratorias: *Falco peregrinus anatum*, la subespecie norteamericana del halcón peregrino, conocido por los cazadores de escopeta como halcón “patero”, y *Falco columbarius columbarius*, llamado halcón palomero y aguililla real. En los últimos 15 años la presencia de estos dos halcones en nuestra tierra, que antes era frecuente desde octubre hasta marzo, es rara. Del género *Falco* han sido registradas en Colombia 6 especies incluyendo las migratorias.

Como carácter fundamental en la clasificación de las Falconidae hay uno común a todas ellas: que la película interna del cascarón de los huevos es de color rojizo (Brown) y mudan las plumas de vuelo en forma ascendente y simétrica o sea que la muda se inicia por las plumas de las alas que están más cerca del cuerpo y va ascendiendo hacia el extremo del ala, con la particularidad que he podido comprobar en especímenes de *Falco sparverius* —cernícalo— *Falco rufifigularis*, *Falco femoralis* y en un ejemplar de *Falco peregrinus anatum*, que en breve término después de la caída de la pluma de un ala, bien sea porque se desprende espontáneamente, o porque el ave se la arranca, se presenta la muda de la pluma correspondiente del ala opuesta, también espontáneamente o por arrancamiento, lo cual es lo más frecuente. En este caso el ave toma la pluma con el pico en la parte del cañón muy próxima a la implantación, de modo que la porción terminal del cañón queda maltratada o mejor dicho aplastada. En cambio las rapaces de la familia Accipitridae observadas por mí durante la muda, no cambian el plumaje de vuelo simétricamente ni en forma constante o generalizada, pues la mayoría de las que he observado lo hacen mudando desordenadamente y hasta dos o tres plumas de un ala antes de perder una del ala opuesta y tampoco en forma ascenden-

te, pudiendo —que es lo más frecuente— caerse o arrancarse una rémige secundaria y luego una de las primarias cercanas a la extremidad del ala y sin la menor simetría en casi todos los casos.

Todos los halcones —diversas especies del género *Falco*— tienen una actitud característica, la cual asumen cuando algo los sorprende o extraña y que consiste en subir y bajar la cabeza. Todos tienen el iris oscuro y a cada lado, cerca a la punta del pico poseen una saliente más o menos pronunciada. Según Brown —1976— el análisis electrónico de las proteínas del huevo en las Falconidae, muestra diferencias con las de otras familias del Orden, aunque a simple vista no parezcan existir. Las diferencias entre los diversos géneros de la familia Falconidae son en términos generales muy grandes, tanto, que para quien no está informado parece imposible que sean de la misma familia un halcón y un “carraco” o “guaraguao”.

El género *Daptrius* de la familia Falconidae, es notable porque sus dos especies, *D. ater* y *D. americanus* —ambas presentes en Colombia— comen frutos de algunas palmas, especialmente del género *Mauritia*, conocidas como “moriiche”.

El científico, doctor Jesús M. Idrobo observó una curiosa simbiosis entre una de las dos especies de *Daptrius* y la danta de los Llanos Orientales *Tapiurus terrestris*. Vio hace años en la Sierra de la Macarena, antes que fuera desvirtuada por la colonización, que la danta tiene como acompañante permanente un *Daptrius* que le quita los parásitos de la piel —garrapatas— y cuando algo o alguien que pueda entrañar peligro para el mamífero es percibido por el ave, esta lo alerta con sus gritos.

*Daptrius americanus* tiene especial predilección por las larvas de avispa, cuyas colmenas saquea rompiendo la dura y acartonada estructura con el pico y las garras, introduciendo la cabeza por los huecos que le hace al avispero. A. Skutch en su obra “Animal Kingdom” describe minuciosamente el proceso observado en la Guayana Inglesa.

En la familia Falconidae hay algunas especies cuya dieta está altamente constituida por carroña, como es el caso del llamado garrapatero —*Milvago chimichima*— tan común en todos nuestros climas cálidos, conocido como pichilingo en el llano. Lo mismo acontece con el “carraco” o “guaraguao” —*Polyborus plancus*—; esta ave hoy únicamente se encuentra en clima cálido, pero formó parte de la avifauna de la Sabana de Bogotá hasta finales de la década de los 20, sobre todo en la zona norte de Subachoque, en donde anidaba en eucaliptos altos. Solía alimentarse de insectos y sus larvas en los barbechos y potreros encharcados, pero fue exterminada, pues por falta de presas silvestres solía atacar a las aves domésticas, especialmente a los pollitos. Respecto al “carraco” hay una fabulosa leyenda popular muy arraigada, que sostiene que este puede cruzarse con gallinas de riña, y que de esa unión sale un ejemplar invencible.

*Herpethotes cachinans* conocido por el vulgo como "guaco", debido a su grito que parece decir esa palabra, es una falconidae exclusivamente de selvas cálidas del neotrópico. Su base alimentaria son las serpientes, inclusive de tamaño desproporcionadamente grande para la talla de la rapaz.

Esta tiene una particularidad hasta ahora solamente señalada por quien esto escribe: su cabeza es tan grande como la de *Buteo albicaudatus*, águila cuyo tamaño es más del doble del "guaco", comprobación hecha al encontrar que el capirote o caperuza, que es una cubierta de cuero usada en cetrería y que se le pone a las rapaces en la cabeza, la adecuada para *Herpethotes* es la misma que la de *B. albicaudatus*. Esta particularidad de una cabeza muy grande es funcional puesto que confiere una gran fortaleza a la musculatura que actúa sobre el pico, permitiéndole desgarrar la durísima piel de los réptiles, pues la fuerza que el ave tiene en el pico es increíble.

Otro género de la familia Falconidae exclusivo de la selva húmeda tropical americana es *Micrastur*, con 6 especies, cinco de las cuales han sido registradas en Colombia. Los *Micrastur*, llamados también halcones de selva, son formidables cazadores y suelen permanecer en los estratos bajos de la selva y no es raro que persigan sus presas —especialmente aves y lagartos— corriendo rápidamente por el suelo. Su figura con silueta reptiloide recuerda el ancestro evolutivo de las aves.

Conocidas las familias que integran el Orden de las Falconiformes y las particularidades de algunas de ellas, es útil hacer referencia a su presencia en la naturaleza o sea sus diversos hábitats, lo que permite señalar su existencia en todos los ecosistemas del planeta a excepción de los polos.

En primer lugar, para el estudioso de las rapaces salta a la vista que hay especies con un hábitat muy definido, que son mucho menos numerosas que las que no son tan selectivas y viven en diversos medios y aprovechan distintos ambientes. Las hay que únicamente viven en terrenos abiertos y despejados, como es el caso de los halcones, y la mayoría de las que localizan sus presas explorando el terreno desde las alturas en vuelo velero. Las que son exclusivamente selváticas y solamente habitan en territorios cubiertos de bosque o selva; otras son propias de terrenos pantanosos y de las inmediaciones de lagunas, ríos y esteros, lo mismo que en las costas y en el trópico en manglares.

Pero la única que exclusivamente depende del medio acuático, debido a su régimen ictiófago, es el águila pescadora —*Pandion haliaetus*—, ya mencionada. Esta águila es cosmopolita y migratoria. Su presencia en Colombia es constante entre octubre y abril, llegando desde los Estados Unidos de Norte América hasta Argentina y Uruguay —de Schuanssee, (1970), pero Dugand (1947) dice haberla visto en la Costa Atlántica colombiana en junio, julio

y agosto. Según Leslie Brown, son 25 las especies de rapaces que habitan humedales, incluidos manglares, riberas de costas y ríos. De las rapaces colombianas unas 8 tienen esta preferencia, pero según mis personales observaciones la presencia de aves de presa es más frecuente donde hay agua cerca.

Dentro de los diversos hábitats el más apropiado para las rapaces es la sabana tropical, que tanto en Africa como en América del Sur y Australia tienen en total una superficie próxima a los 30 millones de kilómetros cuadrados y alberga 112 especies. Es importante señalar que la acción del hombre sobre la naturaleza modifica el medio, como sucede en Colombia con la deforestación, lo cual es una gravísima amenaza para especies animales selváticas como las rapaces, tal vez las más afectadas, siendo un fenómeno común a todos los países subdesarrollados en la zona tropical.

En nuestra tierra la acción deforestadora ha modificado grandes extensiones que de selva pasaron a ser sabanas, como acontece en buena parte del Magdalena Medio, Urabá, Bajo Cauca, etc., donde junto con la selva desapareció la fauna silvestre propia de dicho hábitat, y en el caso particular de las rapaces, las de sabana ocuparon esos territorios modificados. Así tenemos que el cernícalo —*Falco sparverius*—, el águila colorada —*Heterospizias meridionalis*—, el águila de cola blanca —*Buteo albicaudatus*—, lo mismo que el carraco y el garrapatero, se encuentran hoy en estas regiones que antes fueron selvas.

Hay muchísimas rapaces que pueden vivir en diversos hábitats como son la selva, el bosque seco tropical, la planicie con matorrales espaciados como los llanos del Tolima, o la clásica sabana, o los lindes de esta con la selva, como sucede con *Buteo magnirostris*, conocido como aguililla o gavilán pollero.

Las especies con esta amplia capacidad de adaptación se encuentran con respecto a las otras en gran ventaja de supervivencia, tanto que esta especie —*Buteo magnirostris*— es una de las rapaces más comunes en los climas medios y cálidos de Colombia. En cambio, las que únicamente pueden vivir en determinado hábitat, como las exclusivamente selváticas de la zona tórrida, cada día están más amenazadas de extinción por el proceso de deforestación ya señalado.

Las rapaces, por ser excelentes voladoras; fuera de las migraciones continentales que anualmente hacen las especies que eluden el invierno en la zona templada, aquellas que son sedentarias realizan desplazamientos locales cuando las condiciones del medio por modificación del mismo o por escasez de presas, se hacen inapropiadas en su territorio original, viajando a otro similar con mejores posibilidades, como acontece cuando se tala selva, se hacen desecaciones o se producen inundaciones por

circunstancias naturales o provocadas, como en el caso de embalses para hidroeléctricas u otros usos.

En la selva tropical húmeda las aves de presa propias de dicho hábitat se ubican en los diversos estratos o alturas de la floresta. En la parte más alta de las selvas americanas se encuentran las grandes águilas como la arpía —*Harpia arpia*— y la miguera —*Morphnus guianensis*— y otras más pequeñas aun como *Spizaetus ornatus*, *S. tyrannus* y la hermosa y rarísima *Spizastur melanoleucus*. Más bajo están otras predatoras más pequeñas como *Leucopternis*, *Condohierax*, y *Accipiter*, y en el estrato inferior los halcones de bosque o *Micrastur*, cuya preferencia por lo más intrincado y espeso han hecho que poco se sepa de ellos.

Volviendo a la Sabana Tropical, como el más apropiado de los hábitats para las rapaces, es interesante destacar que los géneros con mayor número de especies, como *Buteo* —con 26—, once de ellas habitan el territorio abierto. Del género *Accipiter*, o sea los verdaderos gavilanes, no obstante que son propios de medios boscosos en todo el planeta, 10 de las 47 especies del género en todo el mundo, prefieren la sabana con arbolado, según Brown (1976), cuyo autorizado concepto se basa en observaciones hechas en Africa, India, Australia y Gueyana Británica.

En nuestros Llanos Orientales se encuentra una de las 5 especies de *Accipiter* registradas en Colombia —*Accipiter superciliosus*—. Tampoco puede pasarse por alto que de las 37 especies del género *Falco* en el mundo, 23 se encuentran en la Sabana Tropical, y de las 6 especies de halcones registradas en Colombia, todas pueden verse en la Orinoquia desde octubre hasta marzo, pues hay dos migratorias.

Es interesante referirse a un hecho que puede haber visto quien haya recorrido los Llanos Orientales en la época de verano o estación seca, y es que cuando queman los pajonales de la sabana, tan pronto se percibe el humo de la quema acuden aves de presa. En primer lugar el águila colorada *Heterospizias meridionalis*, para capturar los insectos que vuelan huyendo de la candela y que agarran en el aire no lejos del fuego, lo cual también hacen los cernícalos. Hace años observé que cuando pasó la quema y el suelo se enfrió, en un sector recién quemado había 5 especies diferentes de rapaces recorriendo el terreno, para devorar los cadáveres de pequeños vertebrados e insectos muertos por el fuego. Lo más interesante fue que no advertí enfrentamientos entre las diversas aves.

La selva tropical, casi siempre húmeda, excepto el bosque seco, alberga en todo el mundo 18 géneros, y en este hábitat están las 2 mayores rapaces del globo, a las cuales ya me he referido, pero también las más pequeñas de todo el orden: las del género *Microhierax* de la familia Falconidae. Este género tiene 5 especies, todas propias del sudeste

asiático, Filipinas y Borneo. Estas diminutas rapaces —15 a 17 centímetros de largo total— son insectívoras y cazan sobre las capas de la fronda, al estilo de los tiránidos que llamamos “mariposeros” en Colombia.

Dentro de las rapaces de la selva tropical se encuentran algunas de las más especializadas en su régimen alimentario, como es el caso de *Condohierax uncinatus*, un milano que se alimenta principalmente de caracoles arborícolas. Esta especie neotropical se encuentra en Colombia. También una pequeña águila de Madagascar —*Eutriorchis astur*— comedora de serpientes, que parece ya estar extinta, pues hace años no se registra, y el guaco —*Herpethotes cachinans*— del trópico americano, al cual ya me he referido. De los 18 géneros de rapaces de la selva tropical, la gran mayoría son muy poco conocidos en cuanto a su biología, ecología y comportamiento, debido a la gran dificultad que para su estudio y observación presenta este medio tan complicado.

Detectar estas rapaces para observarlas es muy difícil; mi experiencia personal con 7 especies colombianas estrictamente selváticas que tuve en cautiverio (*Spizastur melanoleucus*, 2 ejemplares; *Spizaetus ornatus*, 2 ejemplares; *Spizaetus tyrannus*, 1 ejemplar; *Oroaetus isidori*, 1 ejemplar; *Micrastur ruficollis*, 1 ejemplar; *Micrastur semitorquatus*, 1 ejemplar; *Herpethotes chachinans*, 1 ejemplar y *Leucopternis schistacea*, 1 ejemplar), me permitió establecer que su oído es agudísimo y que un ruido, aunque sea tan leve como el de la caída de una hoja las alerta, lo cual es muy explicable, porque en la espesura el ruido les permite detectar la posible presa que se acerca, o un potencial peligro, alertándolas para atacar o huir, lo cual hacen silenciosamente —huir—, sin que en la mayoría de los casos haya sido posible verlas, con la circunstancia de que la coloración de las rapaces las oculta miméticamente entre el follaje, donde suelen permanecer inmóviles.

Hay rapaces que pueden considerarse tanto selváticas como de sabana. Tal es el caso del “rey de los gallinazos” —*Sarcoramphus papa*—, aunque debe tenerse por selvático, por haberse comprobado que cría en la selva.

Dentro de los verdaderos halcones —género *Falco*—, el halcón murcielaguero —*Falco rufifularis*— que caza murciélagos tanto en el crepúsculo matutino como en el vespertino, es una especie que aunque se encuentra en la Orinoquia, también es frecuente en la Amazonia cazando sobre la selva, playones, ríos y lagunas. De todas maneras es mucho más fácil que una rapaz de selva incursione en la sabana, que lo contrario. Tanto así, que en la selva de Galería —la que bordea los cursos de agua en la sabana tropical— se encuentran casi todas las rapaces propias de la selva.

Para completar esta reseña sobre las rapaces que ocupan los diversos hábitats en el globo y espe-

cialmente en Colombia, es indispensable referirse al páramo, un ecosistema que únicamente se encuentra a nivel mundial en una pequeña fracción de Costa Rica y en los países Grancolombianos. En Venezuela en muchísima menor proporción que en Colombia, donde hay alrededor de 25.000 kms<sup>2</sup>, y en Ecuador, tan solo en el norte.

En el páramo bajo —3.000 a 3.200 m.s.n.m.— se encuentran el *Accipiter striatus* y ocasionalmente *Falco sparverius*, pero en el alto páramo, o sea el que llega hasta las nieves perpetuas, fuera del cóndor, la única rapaz propia de este medio, es el águila real de páramo —*Geranoaetus melanoleucus*— que desde luego se encuentra a altitudes mucho menores y cuya dispersión geográfica alcanza hasta Chile y Argentina. El águila pescadora durante su permanencia migratoria ha sido vista en la laguna de Chingaza y en el embalse de Chuza. Las otras rapaces que en Suramérica se encuentran en alturas superiores a 3.000 m.s.n.m. son las gualas —*Cathartes aura*— que he registrado a 3.400 mts en el páramo de Chingaza, en forma permanente. De las 4 especies del género *Falcobaenus* —familia Falconidae— solamente *Falcobaenus carunculatus* se encuentra en Colombia en los páramos del suroeste del país, y un águila del género *Buteo* —*Buteo ptilochrous*— también de las alturas suroccidentales en Nariño y parecida al águila real de páramo. En esto de registro de rapaces en los páramos, ocasional y raramente pueden verse más especies inclusive de pisos térmicos mucho más bajos, pero un número tan reducido de observaciones deben evaluarse como casos aislados y no como una constante.

El hábitat urbano para las rapaces tiene especial importancia para las carroñeras en la zona tórrida. En Asia y Africa la presencia de buitres, y en América tropical la de gallinazos, es constante en casi todas las ciudades tropicales y sus inmediaciones (Brown 1976). La desgarrada figura del chulo cuando está en tierra es familiar a los habitantes de ciudades y poblados del neotrópico. En Bogotá y Medellín, antes de implantarse el tecnificado sistema de depósito sanitario de basuras, los gallinazos formaban concentraciones importantes. En el basurero de El Cortijo —noroccidente de Bogotá— según mis estimativos había unos 800 ejemplares, al paso que en el resto de la sabana era, y es ahora raro ver con frecuencia estas aves.

Conocidos los diferentes hábitats de las Falconiformes en la Tierra, se ve claramente que los integrantes de este Orden ocupan todos los ambientes terrestres —excepto los polos— sean continentales o insulares, menos en algunas islas del Caribe y el Pacífico Sur. La presencia de las rapaces en los diversos ecosistemas significa un importante factor de equilibrio biológico, lo cual ha sido entendido por la ciencia moderna hasta el punto de que las aves de presa en casi toda Europa, Estados Unidos, Canadá, Australia y algunos países africanos y asiáticos están celosamente protegidas.

El tema de las aves de presa como símbolo en la historia de la humanidad y su presencia constante en la mitología y en creencias religiosas, lo mismo que su figuración en el arte y en la numismática son tan copiosas que darían para una larga disquisición. No obstante, me limitaré a una somera reseña tendiente a resaltar cómo desde los más remotos tiempos y las más antiguas e importantes civilizaciones, las rapaces han merecido el respeto y veneración de los pueblos. El águila, el halcón y el buitre han estado ligados a las esculturas más antiguas, inclusive las que se perdieron en la noche de los tiempos.

En casi todas las civilizaciones de la antigüedad, lo mismo que la maya, la tolteca y azteca e incaica, la presencia de rapaces siempre estuvo acompañada de una motivación mítico-religiosa, en la que el ave de presa era mensajera de la divinidad, que en el caso de los Incas veneraron un semidios tonante o "tronador" con figura humana, pico ganchudo y alas. En términos generales todos los pueblos andinos aborígenes veneraron al cóndor como emisario de la divinidad, curiosa coincidencia con otras culturas del Antiguo Mundo.

Las civilizaciones más antiguas del Medio Oriente, valga decir sumeria, babilónica y asiria, cuyo florecimiento se remonta a varios milenios A.C., vieron en águilas y buitres la materialización de la divinidad, cuyo testimonio irrefutable son las maravillosas esculturas y altos y bajos relieves, que los arqueólogos a partir del siglo XIX comenzaron a descubrir. Pero indudablemente la concepción de la divinidad materializada en aves de presa con más énfasis está entre los antiguos egipcios, con Horus, el dios halcón e Isis la diosa con figura humana y cabeza de águila que recuerda la divinidad incaica ya mencionada.

El águila en la mitología griega está vinculada a Zeus o Júpiter, tonate de los romanos, y ella —el águila— fue considerada la dispensadora de la luz, la dicha y la fertilidad. También fue el águila a quien destinó Zeus para castigar a Prometeo por haberse robado el fuego para traerlo a la Tierra. Este personaje encadenado, de día era presa del águila que le devoraba las entrañas que durante la noche se regeneraban para seguir alimentándola, hasta que Heracles mató el águila a flechazos. Los romanos también atribuyeron al águila poderes sobrenaturales, y ella simbolizó el poderío militar del imperio, encabezando su imagen las legiones. En la mitología Indú, el águila Garuda era la cabalgadura de Vishnú. Pero tal vez uno de los mitos más fantásticos e interesantes es el del Ave Fénix, una enorme águila de bellísimo plumaje en el cual alternaban el rojo fuego, el azul claro, el púrpura y el oro. Vivía en Etiopía y tenía la facultad de renacer de sus cenizas, pues cuando envejecía, construía un gran nido con yerbas aromáticas, le prendía fuego y al consumirse, resurgía regenerada en todo su esplendor y belleza.



Figura 1. Representación del águila devorando las entrañas de Prometeo. Cerámica de la antigua Grecia.

El águila bicéfala se originó en el Imperio Bizantino, para representar el nominal dominio sobre oriente y occidente, y en las cruzadas Constantino —la antigua Bizancio— la adoptó como su emblema. Posteriormente Austria, Hungría y los zares de Rusia heredaron este símbolo del Sacro Imperio Romano.

En el siglo XV los Reyes Católicos pusieron en su blasón el águila, porque es el símbolo de San Juan Evangelista, así como el león lo es de San Marcos y el toro y el ángel lo son de San Mateo y San Lucas. Como se ve, en el catolicismo también el águila ha tenido cabida simbólica, en este caso por San Juan, debido a la altura conceptual de su evangelio, comparable con la que se encumbra la reina de las aves, especialmente nuestra águila real de Páramo, que vuela sobre las nieves perpetuas de las más altas cimas de los Andes.

En la edad contemporánea, Napoleón Bonaparte retomó el águila como símbolo del Imperio. Coincidente con la universalidad simbólica del águila, es imposible pasar por alto que el Emperador Carlos V concedió a Tunja el águila bicéfala con leones y castillos como escudo de armas, y a Santa Fé de Bogotá como pieza principal de su blasón, un águila negra empuñando unas granadas. Por otra parte el Cóndor de los Andes hace parte de los símbolos patrios. De manera que aunque no se haya insistido sobre el tema, también en nuestra tierra las aves de presa tienen figuración simbólica tanto en la heráldica colonial como en la republicana.

Como ya se ha visto, las rapaces han tenido tanto en lo religioso como en lo mítico y heráldico un lugar de privilegio representado con maravillosos testimonios, que hoy, al cabo de milenios, asombran al mundo que en este siglo ha obtenido logros tan inverosímiles como los mitos de la antigüedad. Por lo tanto es indispensable hacer una brevísima reseña de la figuración de las Falconiformes en la literatura, el arte y la numismática en

nuestra era, porque ya pasó la época que alimentó las fantasías mitológicas.

La cetrería o arte de la caza con aves de presa que desde remotísima antigüedad ha tenido vigencia, y que hasta la Revolución Francesa tuvo mucho auge en Europa y aún lo tiene en el mundo de la aristocracia árabe, determinó que sus principales protagonistas, las rapaces cazadoras y sus dueños, pertenecieran a lo más significativo e importante de la sociedad. Esto explica por qué para el conocimiento y el desarrollo del arte cetrero se hayan escrito muchísimos tratados en 24 lenguas diferentes —incluidas las orientales—, valiendo señalar que personajes tan importantes y universalmente conocidos como el Emperador Federico II de Honestaufen y San Alberto Magno, bajo el seudónimo de Rey Dancus, escribieron sobre el tema. El libro del Emperador Federico II "De Arte Venandi cum Avibus", uno de los clásicos más importantes de la halconería, afortunadamente traducido al inglés, aún tiene vigencia para los que practicamos ese arte.

También los altos exponentes de la cultura árabe, indostaní, japonesa y china escribieron sobre esta materia, y hasta los dos colosos de las letras españolas e inglesas hicieron alusión a la cetrería, pues Cervantes se refiere en el Quijote —Capítulo XXX de la segunda parte— al encuentro del personaje con el duque y la duquesa que andaban en una partida de altanería, la más sofisticada forma de halconería, y Shakespeare en "Romeo y Julieta" por sus reflexiones sobre el noble arte parece mucho más versado al respecto.

En cuanto a la plástica, como ya se dijo, la importancia que tuvieron por sus implicaciones religiosas las aves de presa antes de Cristo es inútil recalcarla.

En el arte medioeval y renacentista, y especialmente en este último, las escenas de cetrería y los halcones, azores y gavilanes como elemento complementario para reforzar la fidelidad de la imagen de los personajes en el retratismo es algo muy común, hecho que se prolonga hasta finales del Si-

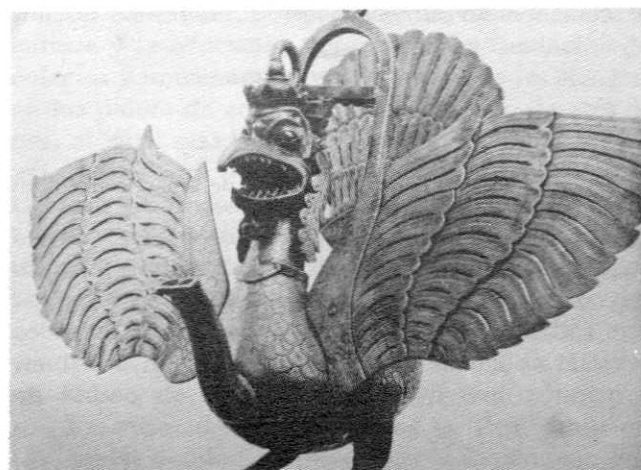


Figura 2. Jarra de la Cultura Indú (Siglo XVII) representando el águila garuda.

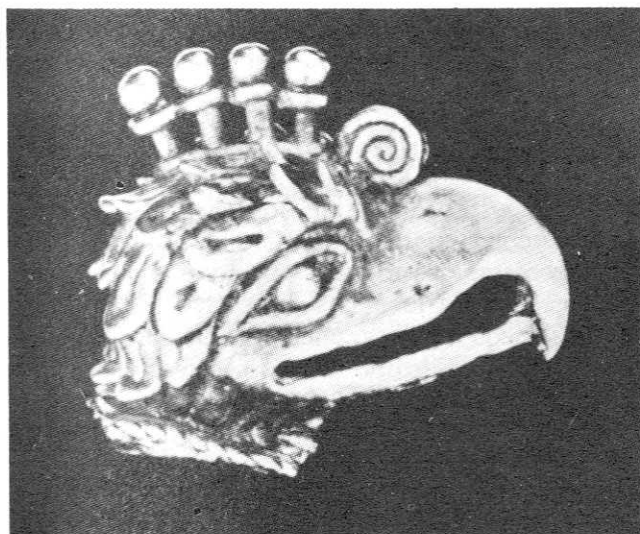


Figura 3. Cabeza de Oro de un águila. Cultura Tairona.

glo XVIII, apareciendo frecuentemente los retratados con su ave de caza en el puño, costumbre extendida en Inglaterra hasta principios del Siglo XIX.

En la iconografía cinegética de esa misma época no es rara la representación de partidas de cetrería, lo mismo que de otras modalidades de caza.

En cuanto a la numismática, desde antes de la era cristiana se conocen monedas de la época de Alejandro Magno con aves de cetrería en el puño. Posteriormente en la Edad Media —Siglo XIII—, el Emperador Federico de Hohestaufen acuñó monedas con motivos de cetrería.

Después, en los Siglos XVII y XVIII, especialmente en este último, no fueron raras las monedas alemanas con motivos de aves de presa.

En el siglo pasado y principios del presente tanto en Colombia como en Estados Unidos circularon las famosas monedas de oro llamadas águilas, por estar en ellas la imagen de la reina de las aves, monedas de uso corriente en transacciones comerciales, sobre todo de ganadería.

Entre los nebulosos recuerdos de mi primera infancia aún tengo presente las monedas de oro, hoy una fabulosa remembranza de nuestro peso oro, cuyo valor adquisitivo se pierde cada día más, sumergido en el insondable abismo de la devaluación, así como nuestras rapaces están en vísperas de correr una suerte similar: peligran como especies amenazadas de extinción.



ARMAS DE  
SANTAFE DE BOGOTA



ARMAS DE LA VILLA DE HONDA

Figura 4. Escudos de armas concedidos por Carlos V a las ciudades de Bogotá y Honda.

# LA MISIÓN BOUSSINGAULT (1822-1831), SUS RESULTADOS Y SU INFLUENCIA EN LA CIENCIA COLOMBIANA

por

Armando Espinosa B.\*

## Resumen

Espinosa, A.: La Misión Boussingault (1822-1831), sus resultados y su influencia en la ciencia colombiana. *Rev. Acad. Colomb. Cienc.* 18 (68): 15-22, 1991. ISSN 0370-3908.

Se proporciona abundante información acerca de esta misión científica, de sus resultados y de su influencia en la ciencia y la cultura nacionales. Se analiza la obra de Jean Baptiste Boussingault, durante su permanencia en la Nueva Granada y se hace una relación de sus publicaciones científicas relativas a Suramérica.

## Abstract

The French scientist Jean Baptiste Boussingault visited Colombia from 1822 until 1831. A review of the results of his visit and his publications on South America is made.

## Introducción

Entre las diferentes expediciones científicas que visitaron nuestro país durante la Colonia y el siglo XIX la Misión Boussingault ocupa un puesto particular. Fue la única misión extranjera que trabajó para el gobierno colombiano; las demás fueron generalmente enviadas del exterior. Además, la misión tuvo lugar en los primeros años de la República, durante los cuales se formó el Estado colombiano y muchas actividades se iniciaron en forma decisiva. También por las características personales de sus miembros, quienes se integraron a la vida del país, y por sus cualidades científicas, la expedición fue un acontecimiento importante en su época, y dejó una profunda huella en la ciencia y en la sociedad colombianas.

Fue nótoria la preocupación de los primeros gobiernos republicanos, en particular de la administración Santander, por el desarrollo de la ciencia, la cultura y la educación en general. La fundación de colegios y universidades y la difusión de las ciencias en los planes de educación están dentro de esta línea, al igual que la creación de la Academia Nacional, antecesora de nuestra actual Academia de Ciencias. A finales de 1821, apenas iniciado el gobierno de Santander, Francisco Antonio Zea, entonces Enviado Extraordinario y Ministro Plenipotenciario de Colombia en Europa, recibió orden del gobierno para organizar una misión científica que vendría a Bogotá a fundar una Escuela de Minas y un Museo de Ciencias Naturales. Bien conocidos son los antecedentes científicos de Zea, tanto en Colombia, donde formó parte de la Expedición Botánica, como en Europa, donde llegó a ser Director del Jardín Botánico de Madrid. Además, en 1802 Zea había presentado un plan de reforma de la Ex-

\* Ingeominas, Apartado Aéreo 695, Popayán, Colombia.

pedición Botánica. Como este no llegó a realizarse, la organización de la misión encomendada en 1821 le daba la ocasión de llevar a cabo su idea de una institución científica en Colombia.

La perspectiva de una expedición científica europea a Colombia causó sensación en los medios científicos franceses. Muchos hombres de ciencia estaban muy interesados en Suramérica, entre ellos **Gay-Lussac**, **Aragó**, **Cuvier** y **Humboldt**. Este último donó más tarde algunos instrumentos para la expedición. Con su ayuda y la de **Cuvier**, **Zea** adelantó las negociaciones en París (aunque sobre la participación de **Cuvier** existían algunas dudas, hay una carta publicada por **Margarita Combes** que resuelve la cuestión). En mayo de 1822 **Zea** firma el contrato con los miembros de la expedición: el peruano **Marino Rivero**, director de la misión, químico e ingeniero de minas de la Escuela de Minas de París, y los franceses **Jean Baptiste Boussingault**, químico, **François Desiré Roulin**, médico y **Jacques Bourdon** y **Justine-Marie Goudot**, preparadores del Museo de París. De acuerdo con los contratos, el primero se ocuparía de la creación y la dirección de la escuela y el museo y debería traer una colección mineralógica, un laboratorio químico y una biblioteca de ciencias naturales, para lo cual se le asignaban unos fondos en Europa. **Boussingault** y **Roulin** se comprometían a dar clases de mineralogía-química y anatomía-fisiología respectivamente y a colaborar en el funcionamiento del museo; **Bourdon** y **Goudot** se ocuparían de las colecciones de entomología e ictiología y colaborarían en otros trabajos de zoología. Los contratos tenían términos variables, entre uno y seis años, y sueldos entre 4.000 pesos y 800 pesos anuales.

Era la época de la Restauración. De regreso al trono de Francia, los borbones habían estrechado relaciones con la corona española, y no veían con buenos ojos las acciones de **Bolívar**, quien después de haber liberado la Nueva Granada y Venezuela perseguía el mismo objetivo en Ecuador y Perú. Las autoridades francesas no hubieran autorizado la salida de una misión científica que iba a colaborar con el gobierno revolucionario de Bogotá. En consecuencia, las negociaciones y los preparativos se hicieron en el mayor secreto, y el embarque tuvo que hacerse en un puerto extranjero. Amberes, el 20 de septiembre de 1822. En noviembre de 1822 llegaron a Bogotá **Roulin**, **Goudot** y **Bourdon**; **Rivero** y **Boussingault** lo hicieron en mayo de 1823, después de explorar parte de Venezuela y el oriente de Cundinamarca. Todos debieron esperar hasta julio de 1823, cuando el gobierno oficialmente aprobó sus contratos y creó la escuela y el museo, mediante el decreto del 28 de ese mes (lo esencial de su contenido puede leerse en **Duque Gómez (1990)**).

Por otro decreto el 6 de octubre de 1823 se creó la cátedra de botánica dentro del museo, a cargo del colombiano **Juan María Céspedes**, y más tarde una ley de 1826 amplió el museo a la categoría

de escuela general, donde se dictarían materias como geometría descriptiva, arquitectura civil, física y química aplicadas a las artes, geodesia y topografía.

El 4 de julio de 1824 se instaló oficialmente el museo en la antigua casa de la Expedición Botánica. El periódico *La Gaceta de Colombia* señala el hecho el 18 de julio así:

"Tenemos el placer de anunciar al público que el día 4 de los corrientes se abrió el museo de la historia natural. S.E. el vicepresidente con los secretarios del interior y de la guerra y alguna comitiva concurrieron a la apertura.

"El museo en su infancia posee ya algunas cosas raras; las siguientes son las principales: Una colección de minerales, arreglada según el sistema del célebre **Hauy** en la que se encuentran algunas muestras singulares por su cristalización y escasez. La mayor parte de estos minerales vienen de Europa y de otras partes muy remotas. Tiene algunos pedazos de hierro meteórico, encontrados en diferentes partes de la República y analizados por los señores **Rivero** y **Boussingault**.

"Muchos huesos de animales desconocidos, sacados en Suacha que son muy curiosos por su tamaño. Una momia encontrada cerca de Tunja, con su manta bien conservada, y se supone tener más de 400 años. Algunos insectos de extraordinaria hermosura. También posee varios mamíferos, reptiles y peces y algunos instrumentos muy bien hechos; tiene además el establecimiento un laboratorio y sala de dibujo.

"Deseo el gobierno de fomentar la información que es indispensable para propagar las luces, y ver al mismo tiempo reunidas en la capital todas las producciones de la república, encarga a los intendentes, gobernadores, curas, jueces políticos, y alcaldes remitan todas aquellas cosas curiosas, como minerales, reptiles, peces, etc. etc.; los que puedan venir vivos serán más apreciables; de lo contrario se enviarán del modo posible, teniendo siempre cuidado de remitir los animales con sus cabezas y pies, los reptiles y peces pueden remitirse en aguardiente, y los insectos clavados con alfileres, poniéndoles en cajones muy bien cerrados con los que se pondrá un poco de pimienta o tabaco para que los insectos no dañen los esqueletos. "Se espera que con la ayuda de dichas personas en algunos años la capital de Colombia podrá rivalizar con los gabinetes de las naciones europeas, pues son incalculables sus riquezas en estos ramos.

Se enviarán con las remesas algunos informes que indiquen el nombre que se da a los animales en las provincias de donde vienen y el nombre de las personas que los remiten para que conste siempre en el museo".

Así empiezan los trabajos de la misión **Boussingault**. En un plano formal, todo parece iniciarse felizmente, pero veamos la realidad.

#### Los resultados institucionales

Hay que reconocer que, analizados desde un punto de vista institucional, los resultados de la misión son francamente pobres, tal como lo demuestra el estudio de **Olga Restrepo (1984)**. Desde la promulgación de la ley que crea el museo y la escuela, quizás demasiado optimista y generosa para

las circunstancias del momento, se vislumbran grandes dificultades económicas. Sumando el sueldo del director, equivalente al del vicepresidente Santander, y el de los demás miembros de la misión, se llegaba a un presupuesto anual de 9.200 pesos, suma difícilmente asumible por un Estado en formación, y además en guerra. Como punto de comparación, tomemos el presupuesto de la Universidad Central hecho en junio de 1829. El total anual llegaba solamente a 4.705 pesos, incluyendo sueldos del rector, vicerrector, secretario, cuatro catedráticos, personal general, gastos de funcionamiento, y construcción de un salón de actos (Archivo Nacional, República, Instrucción Pública, tomo 135, fol. 288).

Para financiar el museo y la escuela el gobierno creó un impuesto sobre los oros, el cual por varias dificultades fue abolido en abril de 1825. En ese mismo año se retira Mariano Rivero, cuyo contrato inicial era de un año; entonces se suprime el cargo de director y para 1826 el presupuesto aprobado es de 6.600 pesos, incluyendo 2.000 pesos para funcionamiento. Este presupuesto cae a 4.900 pesos en 1827 y en 1833 se reduce a 500 pesos para mantenimiento del museo y 400 pesos para el catedrático de botánica (Céspedes). Prácticamente el museo está muerto, y la escuela ya ni se menciona. Ha terminado además la misión pues sus miembros están ya de regreso a sus países o están desvinculados del museo; este último es el caso de Bourdon y Goudot.

Las colecciones mineralógicas y zoológicas sí fueron organizadas, las primeras por Rivero, en parte en Europa, en parte en Colombia gracias a material solicitado a los gobernadores de las provincias, las segundas por Goudot y Bourdon. Las únicas clases que se dictaron fueron las de Rivero y Boussingault en la escuela de minas. Las de botánica sólo se empezaron bastante tarde, después de 1826.

Rivero se retira, como ya se dijo, en 1825 y regresa al Perú. Boussingault se dedica a partir de 1825 a varias expediciones mineras en Antioquia por cuenta de gobierno hasta 1830, cuando continúa sus exploraciones por su propia cuenta en el sur de Colombia. Regresa a Francia en 1832. Por su parte Roulin permanece en Colombia hasta 1829 cuando regresa a Francia. Sus peripecias, tanto en Colombia como en su país natal, son narradas en el exquisito libro escrito por Margarita Combes, nieta de su ahijada, titulado Roulin y sus amigos. En cuanto a Goudot y Bourdon, ambos se quedaron definitivamente en Colombia. Goudot se estableció en Honda donde murió siendo farmaceuta hacia 1845 y Bourdon vivía aun en Bogotá en 1859.

Retirados Rivero y Boussingault, las clases de la escuela de minas quedaron suspendidas. Las que se debían dar en el museo, botánica y zoología, fueron trasladadas en 1826 a la Universidad Central. El museo siguió funcionando hasta finales del siglo, trasladado varias veces de un sitio a otro, con

frecuentes cambios de director. Se le trató de dar impulso, especialmente en 1832 bajo la dirección de Joaquín Acosta, y en 1845 durante el gobierno del general Mosquera, dirigido por Eugène Rampoigne. Más tarde, la Comisión Corográfica recolectó material mineralógico y botánico el cual fue enviado al museo, pero por falta de personal especializado quedó amontonado. La ley que crea en 1867 la Universidad Nacional incorpora lo que queda del museo a la Escuela de Ciencias Naturales pero su suerte no es mejor pues al terminar el siglo, de acuerdo con los informes de su director, su estado es tan lamentable como en 1830.

### Los resultados científicos

El fracaso de la misión en el aspecto institucional no impidió que los científicos adelantaran investigaciones, numerosas y diversas, la mayoría de ellas ordenadas o auspiciadas por el mismo gobierno. El itinerario de la misión durante su permanencia en Colombia muestra claramente que la actividad científica fue muy importante, como se puede apreciar en el listado siguiente:

- 1824, enero-junio. Rivero, Boussingault y Roulin exploran los llanos del Meta, levantan el mapa del río y sitúan su desembocadura en el Orinoco.
- 1825, junio. Boussingault visita las minas de Zipaquirá y Muzo, y explora la región de Pamplona.
- 1825, julio - 1826 enero. Boussingault y Roulin visitan la región minera de Supía-Marmato.
- 1826, septiembre. Boussingault y Goudot estudian la región de las minas de plata de Mariquita.
- 1827, mayo-noviembre. Boussingault y Goudot trabajan en las minas de Supía y Marmato, donde Boussingault es superintendente.
- 1829, febrero-mayo. Boussingault visita la región platinífera del Chocó.
- 1830, enero-diciembre. Boussingault continúa trabajos como superintendente de Supía-Marmato.
- 1831, enero-julio. Boussingault explora los volcanes situados entre Popayán y Quito.

De las expediciones llevadas a cabo por Boussingault, Rivero y Roulin quedaron resultados importantes, plasmados en publicaciones científicas o en informes especiales. Aunque las primeras fueron hechas en Francia y los informes son hasta ahora completamente desconocidos en Colombia, nos queda una excelente obra general sobre los resultados de la misión, las Memorias de Jean-Baptiste Boussingault (1903). A pesar de que su título sugiere que

cubren toda la vida del autor, se terminan con el embarque en Cartagena hacia Nueva York en 1832, es decir al finalizar el viaje en Suramérica. Las memorias contienen valiosos datos científicos intercalados con anotaciones de todo tipo, en un texto ameno y hasta esporádicamente picaresco. Es verdad que Boussingault publicó muchos artículos sobre sus observaciones en Suramérica, 52 en total; sin embargo, estos son muy especializados y muchos de ellos están consagrados a resultados químicos, de tal suerte que muy buena parte de sus observaciones básicas están en las Memorias.

En términos prácticos, el principal aporte científico de la misión está en los trabajos sobre la minería de oro, y ocasionalmente de plata, hechos inicialmente por Boussingault y Roulin, luego por Boussingault solo, los cuales contribuyeron a dar un serio impulso a esta actividad. No hay que olvidar que durante las guerras de Independencia la minería, que había sido la base de la economía colonial, había sufrido un grave receso. Las principales minas de filón como Supía-Marmato (oro) y Mariquita (plata) habían sido cerradas. Sin embargo, por razones que se verán más adelante, en 1825 se registra un súbito resurgimiento de la minería antioqueña. En ese año, según Poveda (1971), se denunciaron 836 minas de filón y 115 de aluvión, en una época en que el promedio anual no pasaba de 25. Ese mismo año, el gobierno alquiló las minas de Supía y Marmato a la compañía inglesa Goldsmith Co., como respaldo al empréstito negociado por Zea en Londres. Boussingault es enviado por el gobierno colombiano para colaborar con los ingenieros ingleses en la mejora de los métodos de producción de oro, particularmente en los aspectos mineros y metalúrgicos. Aprovecha entonces para hacer trabajos de exploración en la región de julio a octubre de 1827, y de explotación desde mediados de 1827 hasta finales de 1830, desempeñándose a partir de 1827 como superintendente de las minas de Supía, Marmato y Quiebralomo.

Hasta la época de los trabajos de Boussingault la minería de oro en Colombia se había concentrado en los depósitos de aluvión. Sólo se habían explotado filones en algunos casos aislados, como Marmato. Viene entonces una serie de circunstancias que hacen renacer en Antioquia la minería de filón: invento del molino antioqueño por Gregorio Baena en 1824, introducción del molino inglés llamado cornish-mill, traído en 1829 por el ingeniero Tyrell Moore, quien vino a trabajar para la empresa Wester Andes Mining Co., sucesora de la Goldsmith, y aplicación de los métodos de amalgamación para separar el oro. En este último punto está la más importante contribución de Boussingault a la minería colombiana. En realidad los métodos de amalgamación no eran nuevos pues se venían aplicando, con sus varias modalidades, desde muy temprano en la Colonia. Entre quienes aplicaron la amalgamación están José Celestino Mutis, Juan José D'Elhuyar y Angel Díaz. Boussingault instala en el área de Supía-Marmato un laboratorio de ensaye de oro y

plata, con todo el rigor y la técnica necesarios, con lo cual logra controlar la buena aplicación de los métodos de amalgamación, y de esta forma mejora notablemente la producción de metales preciosos. Tal es el interés de Boussingault en la amalgamación practicada en América, que a su regreso a Francia adelanta una tesis de doctorado sobre el tema, cuyos resultados publica en 1832.

No sólo la minería de oro había sido abandonada durante la Independencia. Las minas de sal de Zipaquirá y Nemocón, de esmeraldas de Muzo y de plata de Mariquita, y otras, estaban total o parcialmente cerradas al llegar la misión Boussingault. Esporádicamente Boussingault y Roulin son enviados a visitar las diferentes minas y dar recomendaciones sobre su explotación. A Zipaquirá, Nemocón y Muzo van varias veces, dan descripciones sobre el tipo de yacimiento, los métodos de explotación utilizados por los chibchas y los españoles (estos últimos siguieron utilizando en muchos casos los métodos precolombinos) y sugieren, principalmente en Zipaquirá, mejoras en los sistemas de beneficio. Sobre este tema Boussingault no publica ningún trabajo. Las minas de Santa Ana, (Mariquita), son más importantes por sus dimensiones y su impacto económico, y ameritan una larga estadía. En 1826 Boussingault hace un viaje de seis meses durante el cual aprovecha para explorar toda la región. Describe varias minas importantes, entre ellas la de El Sapo, explotada por José Celestino Mutis entre 1777 y 1782. El gobierno estaba interesado en negociar el alquiler de las minas de Santa Ana con una compañía inglesa. Gracias al informe de Boussingault el acuerdo se hizo y pocos años después las minas estaban nuevamente en producción.

Además de la contribución esencialmente práctica, de la minería, Boussingault hizo observaciones científicas numerosas y valiosas, consignadas en las Memorias, o en publicaciones específicas hechas más tarde en Francia. En 1926 Alfred Lacroix publicó en la Academia de Ciencias de Francia una memoria histórica sobre la obra de Boussingault, uno de cuyos méritos es presentar la lista bibliográfica completa de las obras, clasificadas por temas. Sobre Suramérica, Boussingault publicó 2 artículos de química mineral, 1 de metalurgia, 10 sobre análisis de vegetales, 2 sobre abonos, 16 sobre mineralogía, 10 de vulcanología, 8 de física del globo, y 3 sobre temas varios (ver listado en anexo bibliográfico).

En geología los trabajos de Boussingault son de enorme valor pues contienen muchas descripciones de las regiones visitadas, que aún hoy serían muy útiles pues Boussingault atravesó zonas de muy difícil acceso. También se encuentran abundantes datos meteorológicos, los cuales visiblemente Boussingault se complacía en tomar, descripciones geográficas y etnográficas, informaciones sobre minas antiguamente explotadas y sobre la metalurgia del oro, la plata y el platino, etc. En resumen, las Memorias y demás escritos de Boussingault son

fueron inagotables de datos de contenido científico y sociológico. Su análisis puede ser tema de trabajos especializados, pero veamos algunos de los aspectos más importantes.

Desde el punto de vista científico, la geología y sus ramas afines ocupan claramente el primer lugar en los escritos de Boussingault sobre Colombia. Este, quien más tarde sería el fundador de la agronomía y se consagró a ella exclusivamente, en la época de su viaje a Suramérica era esencialmente geólogo e ingeniero de minas. Realmente hay pocas páginas de las Memorias que no contengan anotaciones geológicas, muy valiosas pues, como se dijo más atrás, Boussingault visitó áreas de difícil acceso aún hoy en día y cubrió una buena parte del territorio colombiano. Fuera de las Memorias, Boussingault publicó numerosos artículos sobre minerales de Colombia, varios de ellos dedicados a minerales nuevos (marmatita, gaylussita, urao) y diversos trabajos sobre observaciones geofísicas y meteorológicas. Sin embargo, al analizar los trabajos de Boussingault desde un punto de vista estrictamente científico hay que concluir que su mayor contribución a la geología de Colombia está en haberse interesado en los fósiles de la Cordillera Oriental, en haber hecho una colección y en haberla puesto a disposición de los paleontólogos europeos. Los estudios hechos por D'Orbigny y Von Buch sobre estos fósiles permitieron datar los terrenos sedimentarios de la Cordillera Oriental como de edad cretácea, uno de los más importantes logros, quizás el mayor, que se obtuvo en Colombia en el siglo XIX. Sobre el particular, el trabajo hecho por D'Orbigny (1842) es uno de los más importantes acontecimientos en la historia de los estudios geológicos en Colombia. También hay que decir que las anotaciones geológicas de Boussingault debieron ser muy valiosas para Karsten, quien a mediados del siglo da un paso importante en el progreso de la geología de Colombia. Las posibles razones por las cuales Boussingault abandonó la geología son analizadas por Boulaine (1986).

En directa relación con los trabajos mineros están los metalúrgicos, hechos por Boussingault durante sus correrías mineras, y las descripciones que da sobre los métodos metalúrgicos empleados en aquella época en las minas de oro, plata y platino. Una excursión al Chocó entre febrero y mayo de 1829 tuvo por objeto localizar las posibles fuentes del platino que se explotaba en los aluviones del Chocó. Boussingault logra su propósito, situando las fuentes platiníferas en las cabeceras de los ríos San Juan y Atrato, pero además visita los principales reales de minas del Chocó y describe los métodos utilizados para beneficiar el platino. En particular, describe las operaciones de separación de oro mezclado con platino por amalgamación, practicadas en la casa de fundición de Nóvita.

La vulcanología ocupa un puesto importante en los intereses de Boussingault. Aunque ya se vislumbra que el aspecto químico le atrae especial-

mente, y los trabajos que más tarde publica lo comprueban, Boussingault hace observaciones muy pertinentes sobre los volcanes colombianos, principalmente el Tolima, el Puracé y el Galeras, y los ecuatorianos: Pichincha, Antisana, Cotopaxi y Chimborazo. A todos estos volcanes hace el ascenso, durante una excursión que dura desde diciembre de 1830 hasta septiembre de 1831. Más tarde, en 1874, publica una síntesis de los análisis de aguas ácidas de los volcanes colombianos. Las descripciones hechas por Boussingault durante sus ascensos son muy valiosas, pues muestran claramente el estado de actividad de los volcanes en ese momento. Son informaciones muy confiables, teniendo en cuenta la autoridad científica de su autor, y son actualmente muy útiles para los estudios de previsión que se vienen adelantando en Colombia. Los terremotos tampoco escaparon a la curiosidad de Boussingault, quien tuvo la suerte de poder observar varios de ellos durante su permanencia en Suramérica. El más importante ocurrió el 16 de noviembre de 1827; Boussingault estaba en Marmato y Roulin en Bogotá, y ambos escriben relatos de lo ocurrido y los publican más tarde en París. Boussingault va más allá, pues su artículo se extiende al problema de los terremotos en los Andes.

De indudable valor para la etnografía de Colombia son las descripciones de Boussingault sobre las tribus chamis que ocupaban un área bastante extensa de la Cordillera Occidental y el Chocó. Los Chamis no habían sido afectados por la colonización española, y en la época en que Boussingault los visita, y se hace amigo de ellos, viven como en la época precolombina. Nada despreciable es el hecho de que Boussingault siente simpatía por los indígenas americanos, y en consecuencia da una visión diferente de las tradicionales crónicas españolas, en las cuales predominaban el desprecio y la severidad religiosa hacia las sociedades y las costumbres indias.

Miradas en su conjunto, las Memorias constituyen un aporte notable a la geografía de Colombia, en ambos aspectos, físico y humano. Podría decirse que son una gran obra geográfica, comparable quizás con las mejores crónicas coloniales, aunque más imparciales y, por su tono informal, más amenas. De todo se encuentra en ellas, desde anotaciones sobre el clima, relieve, ríos, de las regiones visitadas, hasta su número de habitantes, sus costumbres, su historia, incluyendo anécdotas locales y sucesos que ocurren al autor durante su estadía. En términos generales, Boussingault da un panorama de América más humano y generoso que el que habían dado todos los anteriores viajeros, incluyendo los no españoles, y esta no es una de sus menores contribuciones.

La medicina tampoco fue ajena a las investigaciones de Roulin y Boussingault. El primero contribuyó con estudios, muy novedosos para la época, sobre la frecuencia del pulso a diferentes presiones atmosféricas, publicados en el Journal de Physiolo-

gie Experimentale. El segundo hizo estudios sobre las causas del coto, enfermedad entonces muy común en varias regiones colombianas. Algunos aspectos sobre la adaptación de ciertos animales traídos de Europa a América interesaron a Roulin, quien presentó una memoria sobre el tema en la Academia de Ciencias de Francia, en 1828. Hasta las aventuras fueron motivo para descubrimientos científicos. En una ocasión, encontrándose perdidos Roulin y varios compañeros en una zona desértica, para sobrevivir tuvieron que comer las sandalias de algunos de ellos. Más tarde, Roulin analiza el cuero de las sandalias y encuentra que la gelatina contenida en él fue el agente nutriente que les salvó la vida, observación que publica en el *Magazin Pittoresque*, en un artículo titulado *Las Sandalias del Desierto*.

### La influencia de la Misión Boussingault en la ciencia y en la cultura de Colombia

Para analizar en sus verdaderas dimensiones la influencia de la expedición de Boussingault, hay que mirar más allá de los resultados institucionales y científicos. Desde esa perspectiva, una de sus contribuciones, y no de las menos significativas, es lo que podríamos llamar la contribución informal. Esta se hizo de varias maneras.

Perfectamente integrados a la sociedad santafereña (Boussingault era persona de gran sociabilidad y simpatía, Roulin era un hombre exquisito y de alta sensibilidad), los miembros de la misión llevaron a cabo una importante labor de difusión de todo tipo de conocimientos. En una ciudad pequeña, como era Bogotá entre 1820 y 1830, un grupo de científicos podía irradiar su influencia a todos los sectores intelectuales. Fue así como muchas personas pudieron asimilar, a través de la vida social santafereña, una buena dosis de cultura científica y general. El caso más típico es el del futuro general Joaquín Acosta, quien, aficionado a las ciencias desde temprana edad, no había tenido la ocasión de desempeñarse en un medio científico. Habiendo entablado amistad con los miembros de la misión, estos le daban clases y le prestaban libros. Pocos años después, Acosta pudo viajar a París, donde adquirió una sólida formación, y llegó a ser más tarde figura importante de la ciencia colombiana. Fue director del Museo y del Observatorio Astronómico, dictó clases y conferencias en Bogotá, publicó en Europa numerosos trabajos científicos sobre Colombia, colaboró con Humboldt y otros científicos europeos, y participó en trabajos de la Comisión Corográfica. Fue precisamente Acosta quien tradujo los principales trabajos de la misión, en un libro titulado *Viajes Científicos a los Andes Ecuatoriales*, publicado por él mismo en París, en 1849.

A través de su acción informal y difusa, la misión Boussingault contribuyó a crear un ambiente favorable a las ciencias. En aquella época la ciencia, al igual que todas las actividades, tenía una buena

dosis de informalidad, incluso en los avanzados países europeos, donde, por ejemplo, los estudios universitarios no estaban aún completamente institucionalizados. No había inscripciones en las universidades; las clases eran públicas y libres, y asistía a ellas quien a bien tuviera. Buena parte de la comunicación científica se daba en los salones, donde en las noches se reunían, conjuntamente, la élite social y la intelectual. La tertulia era el equivalente santafereño del salón parisense, y en ella se dictaron muchas de las cátedras de la misión Boussingault, que formalmente no se pudieron dictar.

Boussingault y Roulin dan a Europa una idea de Colombia y de Suramérica completamente diferente de la que se tenía hasta entonces. Los textos de Boussingault traslucen una profunda simpatía por las tierras y gentes que visitó, no una simpatía intelectual como la de Humboldt, sino un sentimiento caluroso y humano. En el fondo, la irreverencia de la cual se ha acusado a las Memorias es sólo aparente. Nunca hay, en realidad, un juicio o un reproche hacia el país que Boussingault visitaba. La Colombia que describe es una Colombia feliz, en medio de las normales dificultades de la época. Roulin por su parte se revela hábil dibujante. En Bogotá se gana la vida haciendo retratos, y durante todo el viaje dibuja escenas de todo tipo, de las cuales Margarita Combes anota que se conservaban en dos cuadernos. Es bien conocido el retrato de Bolívar hecho a lápiz por Roulin. Muy valiosa también es la mirada imparcial que Boussingault da a la sociedad colombiana, la cual le ha valido el reproche de ser irrespetuoso. Es verdad que sus observaciones son a veces un poco descarnadas y no reparan en jerarquías políticas o sociales, pero no por eso dejan de ser objetivas y pertinentes, aportando un punto de vista externo que tiene mucha validez.

Boussingault y Roulin dan a conocer nuestro país en Europa. Los países bolivarianos, recién liberados, despertaban mucho interés y fue en buena parte a través de las misiones científicas que se pudieron conocer, especialmente gracias a Humboldt, Acosta y Boussingault. Pero es más, Roulin es amigo personal de Prosper Mérimée y mantiene correspondencia con él. En 1825 Mérimée publica una comedia, *La Carroza del Santísimo*, cuyo escenario es Suramérica, el Perú más exactamente, y unos años más tarde, en *La Familia Carvajal*, la acción tiene lugar en la Nueva Granada. Durante algunas semanas París vive "à l'heure colombienne". Las dos comedias tratan sobre las costumbres en la América española. Roulin publica además, en la *Revue des Deux Mondes*, varios relatos sobre las costumbres de América del Sur.

Como se ve, los resultados reales de la misión Boussingault son mucho más que los fallidos resultados institucionales. Quizás la misión ha sido evaluada con demasiada severidad. Se le ha analizado con criterios del siglo XX, exigiéndosele resultados institucionales concretos, que no podían darse en el siglo XIX, y menos en la Nueva Granada. Se ha

desdeñado el aporte informal y el aporte científico. No olvidemos que de haberse realizado los planes de la escuela de minas y el museo, todos los trabajos sobre la minería, los volcanes, etc., no se hubieran podido llevar a cabo.

Colocada en el contexto de su época, la misión Boussingault fue altamente benéfica para Colombia desde todo punto de vista. Sin ninguna exageración, puede decirse que el ambiente científico y cultural no fue el mismo antes y después de la misión.

### Agradecimientos

El autor quiere agradecer la amable colaboración del personal de la Biblioteca Pública Universitaria, BPU, de Ginebra (Suiza), de la Biblioteca del Instituto de Ciencias de la Tierra de la Universidad de Ginebra, y de la Biblioteca Central del Museo Nacional de Historia Natural, de París, en la búsqueda de documentos sobre Boussingault y Roulin.

### Bibliografía

- Acosta, J.** 1849. Viajes científicos a los Andes ecuatoriales o colección de Memorias sobre física, química, e historia natural de la Nueva Granada, Ecuador y Venezuela, presentadas a la Academia de Ciencias de Francia por M. Boussingault y por el Sr. Dr. Roulin, París, 1849. Lasserre, editor, in-8o. pp. 322.
- Boulaine, J.** 1986. Jean - Baptiste Boussingault, un gran géologue avorté du XIX éme siècle. Travaux du Comité Français d'histoire de la Géologie, 2 éme série, 4 (3): 11-20.
- Boussingault, J.B.** 1903. Memoires de Jean-Baptiste Boussingault. Chamerot et Renouard, Paris. Ed. Banco de la República, Bogotá, 5 vol., A. Koopel trad., 1985.
- Combes, M.** 1942. Roulin y sus amigos. Burguesía desvalida y arriesgada. Traducido del francés por Tomás Rueda V., Bibl. Pop. Cult. Col., Bogotá, 220 p.
- D'Orbigny, A.** 1842. Coquilles et Echinodermes (Nouvelle-Grenade) recueillis de 1821 a 1833 par M. Boussingault. Paris, 1842, gr. in-4o. 63 p.
- Duque Gómez, I.** 1990. El estado y la ciencia en Colombia en el siglo XIX. Rev. Acad. Col. Ci. Ex. Nat., 17 (66): 405-414.
- Lacroix, A.** 1926. Notice historique de Jean-Baptiste Boussingault. Acad. Sci., París, Gauthiers-Villars, 71 p.
- Poveda Ramos, G.** 1981. Minas y Mineros de Antioquia. Ed. Banco de la República, Bogotá, 175 p.
- Restrepo, O.** 1986. El tránsito de la historia natural a la biología en Colombia, 1784 - 1936. Rev. Ci. Tecn. Des., COLCIENCIAS, Bogotá, 10 (3-4): 181-275.

### ANEXO BIBLIOGRAFICO

Trabajos publicados por Jean-Baptiste Boussingault sobre Suramérica, extraídos de Lacroix (1926).

#### Química

Recherches sur les phénomènes chimiques qui se passent dans l'amalgamation américaine (Thèse de doctorat ès sciences) (A.C., 2a. série, t. 51, 1832, p. 337-356).

Examen d'une substance considérée comme un composé d'hydrogène et de platine (A. C., 2a. série, t. 53, 1883, p. 441-444).

#### Metalurgia

Sur la siliciuration du platine et de quelques autres métaux (C. R., t. 82, 1876, p. 591-596).

#### Análisis de productos vegetales

Mémoire sur le lait de l'Arbre de la Vache (Palo de Vaca) (A. C., 2a. série, t. 23, 1823, p. 219-224) (en commun avec Mariano de Rivero).

Sur le chica, matière colorante que les Indiens du Rio Meta et de l'Orénoque emploient pour se peindre le corps en rouge (A. C., 2a. série, t. 27, 1824, p. 315-323).

Mémoire sur le lait vénéneus de l'Hura crepitans (en commun avec Mariano de Rivero) (A. C., 2a. série, t. 28, 1828, p. 430-435).

Sur les propriétés chimiques du Rocou (A. C., 2a. série, t. 28, 1825, p. 440-443).

Note sur la Cera de Palma que l'on a recueillie dans les Andes de Quindiu (A. C., 2a. série, t. 29, 1825, p. 330-333).

Examen chimique du curare, poison des Indiens de l'Orénoque (en commun avec Roulin) (A. C., 2a. série, t. 39, 1828, p. 24-37).

Sur la composition du vernis des Indiens de Pasto (A. C., 2a. série, t. 56, 1834, p. 215-221).

Sur la composition de la cire de palmier (A. C., 2a. série, t. 59, 1835, p. 19-24).

Examen chimique de la banane et de la sève de bananier, suivi de considérations sur sa culture et ses usages (C. R., t. 2, 1836, p. 440-444).

Deuxième Mémoire sur l'agriculture des tropiques: le cacao (C. R., t. 3, 1836, p. 510-513).

Sur la composition du lait de l'Arbre de la Vache (Brosimum galactodendron) (C. R., t. 87, 1878, p. 227-281; A. C., 5a. série, t. 15, 1878, p. 180-184; J. P., 4a. série, t. 28, 1878, p. 361-364).

#### Abonos, nitratos

Sur la présence des nitrates dans le guano (C. R., t. 50, 1860, p. 887-890; J. P., 3a. série, t. 37, 1860, p. 432-436).

Sur la nitrière de Tacunga, dans l'Etat de l'Ecuateur (C. R., t. 59, 1864, p. 218-223; A. C., 4a. série, t. 7, 1866, p. 358-375).

#### Mineralogía

Mémoire sur différentes masses de fer qui ont été trouvées sur la Cordillère orientale des Andes (en commun avec Mariano de Rivero) (A. C., 2a. série, t. 25, 1824, p. 438-443).

Mémoire sur l'Urao (carbonate de soude) (A. C., 2a. série, t. 29, 1825, p. 110-111) (en commun avec Mariano de Rivero).

Analyse de l'alumine sulfatée native du Rio Saldaña (A. C., 2a. série, t. 30, 1825, p. 109-111).

Analyse d'une nouvelle substance minérale (la Gay-Lussite) (A. C., 2a. série, t. 31, 1826, p. 270-276).

Sur le gisement du platine (A. C., 2a. série, t. 32, 1826, p. 204-212).

Sur la composition de l'or natif argentifère (A. C., 2a. série, t. 34, 1827, p. 408-419).

Sur le gisement du platine en Amérique (A. M., 2a. série, t. 1, 1827, p. 175-178).

Analyse de l'arséniate de fer de Loaysa, près Marmato, province de Popayán (A. C., 2a. série, t. 41, 1829, p. 75-78).

Analyse de la blende noire de Marmato, province de Popayán (A. C. 2a. série, t. 43, 1830, p. 312-316).

Analyse d'un nouveau minéral trouvé dans le Paramo-Rico, près Pamplona (Amérique du Sud) (A. C., 2a. série, t. 45, p. 325-329).

Analyses de différentes variétés d'or natif (A. C., 2a. série, t. 45, 1830, p. 440-443).

Analyse de l'alumine sulfatée du volcan de Pasto (A. C., 2a. série, t. 52, 1833, p. 348-351).

Examen chimique d'une substance minérale déposée par l'eau chaude de Coconuco, près Popayán (A. C., 2a. série, t. 52, 1833, p. 396-399).

Analyse de l'halloysite de Guatequé dans la Nouvelle-Grenade (A. C., 2a. série, t. 53, 1833, p. 439-441).

Analyse d'une résine fossile des environs de Bucaramangá (Amérique méridionale) (A. C., 3a. série, t. 6, 1842, p. 507).

Sur un gisement de platine signalé dans un filon de la province d'Antioquia (Nouvelle-Grenade). Observations inédites sur les alluvions aurifères et platinifères du Choco (C. R., t. 42, 1856, p. 917-922).

## Vulcanología

Sur les eaux chaudes de la Cordillère de Vénézuéla (en commun avec Mariano de Rivero) (A. C., 2a. série, t. 23, 1823, p. 272-276).

Sur l'existence de l'iode dans l'eau d'une saline de la province d'Antioquia (A. C., 2a. série, t. 30, 1825, p. 91-96).

Analyse de l'eau minérale de Paipa, près Tunja (Amérique du Sud) (A. C., 2a. série, t. 45, 1830, p. 329-332).

Analyse de l'eau du Rio Vinagre (A. C., 2a. série, t. 51, 1832, p. 107-110).

Recherches chimiques sur la nature des fluides élastiques qui se dégagent des volcans de l'Equateur (A. C., 2a. série, t. 52, 1833, p. 5-23).

Considérations sur les eaux thermales des Cordillères (A. C., 2a. série, t. 52, 1833, p. 181-190).

Memories sur les salines iodifères des Andes (A. C., 2a. série, t. 54, 1833, p. 163-178).

Observations sur une eau minérale acide du Paramo de Ruiz, dans la Nueva-Granada (C. R., t. 24, 1847, p. 397-400; A. C., 3a. série, t. 20, 1847, p. 109-113).

Sur les eaux acides qui prennent naissance dans les volcans des Cordillères (C. R., t. 78, 1874, p. 453-461, 526-533, 593-599; A. C., 5a. série, t. 2, 1874, p. 76-130).

Les sources thermales de la chaîne du littoral du Vénézuéla (Amérique méridionale) (C. R., t. 91, 1980, p. 836-841; A. C., 5a. série, t. 22, 1881, p. 145-152).

## Física del globo

Observations relatives à la pluie des tropiques (C. R., t. 2, 1836, p. 109-111; A. C., 2a. série, t. 61, 1836, p. 167-171).

Examen comparatif des circonstances météorologiques sous lesquelles végètent certaines plantes alimentaires, à l'Equateur et sous la zone tempérée (A. C., 2a. série, t. 63, 1836, p. 337-358).

Résultats des observations barométriques faites à la Guayra (République de Colombie). 10 m, 67 au-dessus du niveau de la mer (en commun avec Mariano de Rivero) (A. C., 2a. série, t. 25, 1824, p. 427-429).

Observations barométriques faites à Santa-Fé de Bogota, entre les tropiques, par 40. 35' 50" de latitude nord (A. C., 2a. série, t. 34, 1827, p. 203-214).

Observations sur le rayonnement nocturne, faites dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade (A. C., 2a. série, t. 52, 1833, p. 260-266).

Mémoire sur la profondeur à laquelle se trouve la couche de température invariable entre les tropiques. Détermination de la température moyenne de la zone torride au niveau de la mer. Observations sur le décroissement de la chaleur dans les Cordillères (A. C., 2a. série, t. 53, 1833, p. 225-247). Ce Mémoire a servi de 1ère Thèse de doctorat ès sciences physiques.

Sur les tremblements de terre des Andes (Bull. Soc. Géologique France, t. 6, 1834-1835, p. 81-88).

Détermination de la hauteur du mercure dans le baromètre sous l'Equateur; amplitude des variations diurnes barométriques à diverses stations dans les Cordillères (C. R., t. 88, 1879, p. 1158-1165, 1240-1243; A. C., 5a. série, t. 21, 1880, p. 5-71).

## Varios

Ascension au Chimborazo exécutée le 16 décembre 1831 (A. C., 2a. série, t. 58, 1835, p. 150-180).

Recherches sur la cause qui produit le goître dans les Cordillères de la Nouvelle-Grenade (A. C., 2a. série, t. 48, 1831, p. 41-69).

Sur les outils en bronze employés par les mineurs du Pérou (C. R., t. 96, 1883, p. 545-546).

Abreviaturas: A. C. Annales de Chimie et de Physique, C. R. Comptes Rendus de l'Académie des Sciences, J.P. Journal de Pharmacie et de Chimie, A. M. Annales des Mines.

# ACOTACIONES SOBRE EL DESARROLLO TEMÁTICO Y TECNOLÓGICO DE LA ASTRONOMÍA\*

por  
Jorge Sahade\*\*

## Resumen

Sahade, J.: Acotaciones sobre el desarrollo temático y tecnológico de la Astronomía. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 23-27, 1991. ISSN 0370-3908.

Se presenta una síntesis de los avances logrados por la Astronomía desde el siglo XVII hasta nuestros días, enriquecida con comentarios sobre la transformación de la técnica astronómica:

## Abstract

The advances of astronomy from the XVII century until present are discussed together with the importance of the development of the modern astronomical technics.

La Astronomía es, sin duda alguna, la más antigua de las ciencias, porque el hombre debió comenzar a indagar sobre el Universo desde el momento mismo en que apareció sobre la Tierra y contempló el espectáculo maravilloso de la bóveda celeste y la sucesión del día y de la noche.

En el curso del tiempo el cultivo de la Astronomía ha ido pasando por distintas etapas tanto desde el punto de vista organizativo, como desde el punto de vista temático y tecnológico, los dos últimos, en gran medida, estrechamente vinculados entre sí. Trataré, de ofrecer una revista rápida en relación con estos dos últimos aspectos del desarrollo

astronómico, dejando, para el final, el hacer un breve comentario sobre los aspectos organizativos.

Hasta Galileo —comienzos del siglo XVII— la observación se efectuaba a ojo desnudo, llegándose a constituir instrumentos y observatorios muy ingeniosos para poder determinar las posiciones de los objetos celestes y el movimiento de los planetas. Dichos instrumentos estaban dotados de círculos graduados y/o de miras y las posiciones estaban referidas al plano del horizonte o al Ecuador o al de la eclíptica.

En un principio, la creencia de que se podría predecir el futuro con base en las posiciones de estrellas y planetas, las actividades de carácter religioso y las necesidades de la vida diaria, incluso las relacionadas con los viajes por tierra y también por mar, influyeron fuertemente en las características y en la orientación de la Astronomía. Pero, como anotan Struve y Zebergs en el Prefacio de su "Astronomy of the 20th Century", allá por el siglo VII

\* Estudio pronunciado en el recinto de la Academia el 24 de octubre de 1990 con ocasión de su posesión como académico correspondiente extranjero.

\*\* Observatorio Astronómico, Facultad de Ciencias Astronómicas y Geofísicas, Universidad de La Plata, 1900 La Plata, Argentina.

la Astronomía era ya reconocida como una ciencia verdaderamente científica.

De esa primera era de la Astronomía, de la Astronomía anterior a Galileo, debemos destacar la revolución conceptual que significó la teoría heliocéntrica del mundo propuesta por Copérnico, que apareció en letras de imprenta en 1543.

La construcción del primer telescopio refractor por Galileo a principios del siglo XVII, marca otra profunda revolución en la Astronomía. La observación seguía siendo visual pero era posible ya observar objetos y fenómenos débiles, algunos detalles de la superficie del Sol y de la Luna y, por consiguiente, ampliar nuestro conocimiento del Universo y ampliar la gama de interrogantes cuya respuesta debíamos intentar. Galileo descubrió las manchas solares, la rotación del Sol, lo accidentado de la superficie lunar, los anillos de Saturno, los cuatro satélites mayores de Júpiter y su movimiento orbital alrededor del planeta, las fases de Venus, la constitución estelar de zonas aparentemente nebulares de la Vía Láctea . . .

El telescopio de tipo refractor más grande que se haya construido hasta la fecha tiene un objetivo de un metro de diámetro y pertenece al Observatorio Yerkes de la Universidad de Chicago, en los Estados Unidos.

En la segunda mitad del mismo siglo XVII, Gregory concibe el telescopio reflector, en que los elementos ópticos están constituidos por superficies reflectoras, cuya construcción no requiere material óptica y dinámicamente homogéneo, como sucede en el caso de las lentes, ni la luz debe atravesar espesores absorbentes, crecientes con el diámetro. La construcción de telescopios adquirió un gran impulso con esta invención y, en la actualidad, el telescopio reflector de mayor diámetro existente en el mundo es de 6 metros. Este instrumento pertenece a la Unión Soviética y está ubicado en los Montes Cáucasos. Existen telescopios de mayor diámetro, que están en construcción, pero con una concepción y una tecnología totalmente nuevas.

A este desarrollo instrumental del siglo XVII, se unió, dos siglos después, una invención de tremenda importancia, la invención de la placa fotográfica, en 1839, y, particularmente de la placa fotográfica seca, treinta y dos años más tarde. Entonces ya era posible registrar la observación, exponer el objeto o la zona que se observa durante un cierto tiempo, es decir, observar objetos más débiles que los que puede detectar el ojo humano, y analizar los datos de observación en la tranquilidad del gabinete de estudio del astrónomo.

La utilización de la placa fotográfica en lugar del ojo en la observación astronómica significó otra trascendental revolución en nuestra ciencia y trajo aparejado un progreso muy significativo para la actividad investigativa, como resultado de un auge ex-

traordinario en la construcción de telescopios, que fue notable durante el siglo XIX.

No sólo la invención del telescopio y la invención de la placa fotográfica influyeron grandemente en la evolución de la Astronomía.

Como hemos dicho, en un principio los estudios astronómicos estaban referidos a posiciones y movimientos y, por consiguiente, la Astronomía estaba vinculada necesariamente con las Matemáticas. Esta tradición se mantuvo en nuestros países durante mucho tiempo en cuanto se refiere a la enseñanza, a nivel secundario, de los conocimientos astronómicos.

Casi al mismo tiempo que se concebía el telescopio reflector, ampliando las posibilidades de la Astronomía, Newton descubre la refrangibilidad de la luz, y a principios del siglo XIX (1814) Fraunhofer observa el espectro del Sol, hecho que marca al nacimiento de la Astrofísica, una rama dinámica de la Astronomía. El énfasis ahora está en el análisis espectral —facilitado luego por la utilización de la placa fotográfica— en una temática relacionada con las características físicas de los objetos celestes, la temperatura superficial, la rotación, la composición química de las atmósferas, descubriéndose la existencia de atmósferas muy extendidas en algunas estrellas, de sistemas físicos de dos estrellas con componentes separadas por distancias del orden de los radios, del movimiento de recesión de las galaxias, etc., etc.

En esta rápida revista de la Astronomía desde distintos puntos de vista, destaquemos algunos resultados importantes de la Astronomía Física, a saber:

1. la confirmación, en 1889, del carácter binario de Algol, la estrella  $\beta$  de la constelación del Perseo, que había sugerido Goodricke para explicar las variaciones de brillo que había observado a ojo desnudo, las cuales eran periódicas y respondían a un período de poco menos de 3 días;
2. la absorción interestelar, en 1904;
3. el descubrimiento, en 1912, de la relación período-luminosidad entre las estrellas llamadas cefeidas, tipo de estrellas variables que fueron materia de investigación en Bogotá hasta hace muy pocos años;
4. el descubrimiento de la primera estrella enana blanca, en 1914;
5. la confirmación de la teoría de los universos islas o, dicho de otro modo, de la naturaleza extragaláctica de las "nebulosas espirales", interrogante que había dado lugar a un histórico debate en la Academia Nacional de Ciencias de los Estados Unidos, el 26 de abril de 1930,

entre dos eminentes figuras, los Dres. D.H. Curtiss, del Observatorio Lick, y H. Shapley del Observatorio de Harvard;

6. la ley del corrimiento hacia el rojo de las galaxias, en 1929;
7. la estructura espiral de la Galaxia, en 1951;
8. el descubrimiento de los cuasares en 1960.

Después de la Segunda Guerra Mundial, la Astronomía se enriquece con la actividad de una nueva rama, la Radioastronomía, que, en realidad, había nacido en 1931-32 con el descubrimiento accidental por Jansky de ondas de radio provenientes del centro de la Galaxia. La Radioastronomía ha permitido extender el rango espectral en que se podían estudiar los objetos celestes, al de las longitudes de onda del orden de los metros, centímetros y ya también milímetros y, entre otras cosas:

1. confirmar espectacularmente la estructura espiral de la Galaxia;
2. descubrir las estrellas de neutrones o pulsares, en 1967;
3. descubrir la existencia de nubes moleculares en el espacio interestelar, las que, según un reciente comunicado de prensa del Observatorio Europeo Austral, podrían ser la explicación del denominado problema de la materia oscura en el Universo;
4. descubrir la radiación de fondo remanente de la Gran Explosión, correspondiente a  $3^{\circ}\text{K}$ , en 1964.

El advenimiento de la era espacial dio a la Astronomía la posibilidad de estudiar el espectro electromagnético en rangos de energía que son absorbidos por la atmósfera terrestre y aparecieron las denominadas Astronomías no visibles, es decir, la Astronomía ultravioleta, la Astronomía X, la Astronomía  $\gamma$ , la Astronomía del infrarrojo lejano. Y, como consecuencia, los progresos en nuestro conocimiento del Universo han sido espectaculares, tanto en lo que se refiere al Sol como al resto de los objetos celestes.

El satélite para radiación X denominado Uhuru, por ejemplo, permitió que se pudiera identificar la mayoría de los emisores intensos en X que ya se conocían o que se descubrieron, con sistemas binarios cerrados en etapas avanzadas de su evolución, un conocimiento absolutamente inexistente con anterioridad.

El satélite científico más exitoso que se haya lanzado hasta la fecha es el Explorador Ultravioleta Internacional (IUE) que ya lleva doce años operando sin interrupción en el espacio y proporcionando información valiosa en el dominio ultravioleta de

energía. Un resultado muy importante que se ha obtenido se refiere al hecho de que todas las estrellas pierden masa en mayor o menor escala. Los valores máximos de la pérdida de masa parecen ser del orden de los diez milésimos de la masa del Sol por año, es decir, unos 200 trillones de toneladas por año.

Todos recordamos el último retorno del Cometa Halley en 1986, y cómo se logró avanzar en el conocimiento de estos objetos mediante la información proporcionada por seis naves espaciales, la más importante de las cuales fue la bautizada con el nombre de Giotto, un emprendimiento de la Agencia Espacial Europea, que pasó a sólo 600 kilómetros del núcleo del cometa.

Y todos recordamos también la hazaña del Voyager 2 que fue lanzado al espacio el 20 de agosto de 1977 y pasó por las cercanías de Júpiter, Saturno, Urano y Neptuno, llegando a unos 5.000 kilómetros de éste último el 23 de agosto de 1989, después de recorrer en 12 años, la distancia de 7.250 millones de kilómetros, con una desviación de unos 5 kilómetros por encima y de unos 32 kilómetros a un costado del punto de pasaje previsto. Todo un acontecimiento técnico que proporcionó datos importantes sobre el sistema planetario como, por ejemplo, el hecho de que no sólo Saturno posee anillos, sino que también los tienen Júpiter, Urano y Neptuno.

Aún corriendo el riesgo de extenderme demasiado, no puede menos que mencionar el Telescopio Espacial Hubble que, una vez superados los problemas que presenta en estos momentos y se pueda utilizar con la resolución espacial y temporal para la que fuera proyectado, esperamos nos permita penetrar en el espacio a distancias que hagan posible observar galaxias tal como eran cuando el Universo era joven, recién formado. Entonces podremos tal vez contestar interrogantes tales como qué ocurrió en el primer billonésimo de segundo después de la Gran Explosión, y si el Universo es cerrado o abierto. Tal vez podamos observar planetas comparables a Júpiter describiendo órbitas alrededor de estrellas cercanas y tal vez podamos dilucidar el problema de la masa del halo de la Galaxia.

Existen muchos problemas, muchos interrogantes que aguardan respuesta, y, para lograrla, se han proyectado muchos experimentos espaciales, algunos ya concretados, otros en marcha, otros esperando ser financiados . . .

Volvamos por un momento al tema de los detectores utilizados en la observación astronómica. Para no detenerme en una enumeración exhaustiva de los tipos de detectores que se han venido utilizando en Astronomía en los últimos tiempos, permítanme hacer referencia simplemente al hecho de que a comienzos de la década del 80 apareció el detector electrónico denominado Dispositivo de Carga Acoplada, más conocido por la sigla en inglés,

CCD, que ha significado otra revolución de características extraordinarias para la Astronomía. Su eficiencia es del 80%, comparada con el 1% de eficiencia que tiene la placa fotográfica. Se trata de un detector muy estable, con respuesta lineal y elevada relación señal/ruido. Así, un telescopio pequeño equipado con CCD puede utilizarse para estudiar objetos mucho más débiles que un telescopio grande que utiliza la placa fotográfica como detector.

Desarrollos técnicos recientes —se anunciaron recién el año pasado— han conducido a un avance adicional que merece un calificativo más elocuente que el de extraordinario.

Uno de los inconvenientes de la observación convencional que condujo a que se diseñara el Telescopio Espacial Hubble para observar también en las zonas del espectro que son observables desde Tierra, es que las imágenes estelares siempre son mayores que el límite de difracción del instrumento. Y las imágenes son más grandes que lo que debieran ser —lo que disminuye la resolución espacial y temporal del telescopio— porque:

- a. el material de la óptica tarda en alcanzar equilibrio térmico con el medio ambiente o no lo logra en forma homogénea;
- b. porque en la cúpula y en el telescopio mismo se generan fuentes de calor que, a su vez, generan turbulencia en el entorno del telescopio, y
- c. porque la atmósfera terrestre está caracterizada por movimientos turbulentos que distorsionan las imágenes.

Estos tres inconvenientes han sido ya superados, el tercero por lo menos en gran medida, mediante desarrollos técnicos que ya se están aplicando a los telescopios desde el año pasado. Con la utilización de las ópticas llamadas "activas" y "adaptables" se obtienen imágenes de una calidad y de una definición tales que cualquier observación conduce a nuevos descubrimientos y ofrece información imposible de conseguir antes.

La tecnología ha avanzado de tal manera que los métodos de observación son totalmente distintos de los que se utilizaban todavía hace un quinquenio.

Además, las posibilidades que ofrece al astrónomo el uso de las computadoras u ordenadores para reducir y procesar la información permite obtener resultados antes imposibles. Por ejemplo, podemos sumar o restar espectros, aplicando o no pesos, hacer correlación cruzada, alinearlos, alisarlos, etc., etc., en un tiempo mínimo y llegar a aprovechar el material observacional con mayor eficiencia que utilizando los métodos convencionales.

Vivimos, pues, en una época que es maravillosa, por las posibilidades que nos ofrece y por las facilidades que ha puesto en nuestras manos.

Paralelamente a esa transformación de la técnica astronómica, también ha ido transformándose el tipo y el origen del apoyo que la actividad requiere para seguir avanzando.

En un principio, la actividad astronómica era sostenida por señores pudientes, por la nobleza, luego por los gobiernos nacionales. En la época en que se empezaron a construir los grandes telescopios en los Estados Unidos, la financiación provenía de donaciones, de legados de gente con fortuna cuyos nombres pasaban así a ser recordados para siempre, como Lick, Yerkes, etc. Esta etapa parece haber llegado a su fin —los objetivos son ahora más ambiciosos y los costos más elevados— y ha sido sustituida por otra en que los observatorios surgen de asociaciones nacional o internacionales, según el caso. Estados Unidos nos proporciona ejemplos de Observatorios Nacionales, como el de Kitt Peak, que forma parte de la red NOAO, y Europa nos proporciona el ejemplo del Observatorio Europeo Austral, observatorio internacional, que es sostenido por los países miembros (ocho en total) que aportan anualmente una parte del presupuesto del Observatorio en proporción a sus presupuestos nacionales.

Quisiera finalizar haciendo algunas acotaciones respecto a la Astronomía en América Latina y su futuro. América Latina posee una tradición de larga data en el campo de la Astronomía. Muchos de sus astrónomos han sido y son muy activos y han contribuido en forma importante al conocimiento del Universo. Y si bien en el momento de partida contábamos con facilidades comparables con las existentes en el resto del mundo, no hemos podido mantener el ritmo de crecimiento y de actualización de los recursos instrumentales y técnicos que caracterizan a nuestra época.

Hace algunos años Europa enfrentaba un problema similar en cuanto al nivel de desarrollo de su Astronomía observacional en relación con los Estados Unidos. Y, entonces, un grupo de astrónomos eminentes de varios países europeos —las conversaciones comenzaron en 1953— decidieron realizar el esfuerzo de lograr una integración regional para crear un gran observatorio en el hemisferio austral, el cual se concretó en el norte de Chile, dieciséis años después, en 1969, con una dotación de solamente un par de telescopios modestos. Hoy en día el Observatorio Europeo Austral es el observatorio más grande y más moderno del mundo, con una tecnología de avanzada y proyectos en marcha de una envergadura que se asienta en la solidez de sus recursos humanos, técnicos y financieros.

El mensaje que nos transmite este hecho es claro y elocuente. Aun con las diferencias en recursos y con los problemas que enfrentan nuestros

países creo que hay que aprovechar una experiencia tan palpable y comenzar a edificar el futuro.

Así podremos participar activa y eficientemente "en el progreso y el movimiento de las cien-

cias naturales" so pena, como decía el Presidente Sarmiento al inaugurar el Observatorio Astronómico Nacional Argentino en 1871 de "tener que renunciar a considerarnos pueblos civilizados".

# CERAMICAS AVANZADAS

## Estado actual y perspectivas a nivel mundial\*

por

Inés Bernal de Ramírez\*\*

### Resumen

Bernal de Ramírez, I.: Cerámicas Avanzadas, estado actual y perspectivas a nivel mundial. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 29-40, 1991. ISSN 0370-3907.

Se presenta información acerca de los materiales cerámicos desarrollados en los últimos años (cerámicas funcionales y estructurales), de sus propiedades, de sus aplicaciones y de sus posibilidades futuras en diferentes campos tecnológicos.

### Abstract

The proprieties, uses and possibilities of the recently developed functional and structural ceramics are presented.

El término "CERAMICA" es muy amplio, pues abarca diversidad de productos cuya característica principal es la de ser sólidos, de origen inorgánico no metálico, constituidos por granos aglomerados por un proceso térmico. En este sentido el hombre ha contado con la cerámica desde tiempos remotos para su uso y comodidad, pero sólo hasta hace pocos años, alrededor de 25, se iniciaron investigaciones tendientes a obtener nuevos materiales cerámicos que, si bien responden a la definición anterior, por su origen y metodología de producción, pueden aplicarse a un universo muy diferente al que se aplica la cerámica tradicional.

Los nuevos materiales cerámicos pueden ser clasificados en dos grandes grupos: Funcionales y Estructurales.

\* Ponencia presentada en el Seminario sobre el estado actual y perspectiva de los nuevos materiales en Colombia, Bogotá, noviembre de 1990.

\*\* Académica de Número, Profesora Departamento de Química, Facultad de Ciencias, Universidad Nacional.

Las cerámicas funcionales son aquellas que por sus propiedades eléctricas, magnéticas, ópticas, biológicas o químicas pueden cumplir con éxito las más variadas funciones en distintos campos del quehacer humano.

Las cerámicas estructurales son materiales que por sus propiedades mecánicas y térmicas se proyectan para llenar requerimientos especiales para la construcción de equipos y maquinaria, permitiendo en esta forma el desarrollo de nuevas tecnologías que hasta ahora habían estado limitadas por las características de los materiales existentes.

En las tablas 1 y 2 se presentan algunos de los materiales cerámicos recientemente desarrollados y sus usos más comunes.

### CERAMICAS FUNCIONALES

Como se ve en las tablas 1 y 2, en la actualidad se encuentran cerámicas que cumplen con éxito las exigencias de las más variadas funciones en

Tabla 1

## Ejemplos de Cerámicas Funcionales\*

Características	Materiales	Usos
<b>Propiedades Eléctricas:</b>		
Materiales Aislantes	Alúmina, carburos óxido de berilio óxido de magnesio	Sustratos de circuitos de instalaciones eléctricas y de resistores.
Materiales Ferroeléctricos	Titanatos de estroncio y de bario	Condensadores cerámicos.
Materiales Piezoeléctricos	Circonatos de plomo y titanatos. PLZT, perovskitas, niobatos de litio, cuarzo, cromatos de lantano.	Osciladores eléctricos, impresoras, generadores de chispa.
Materiales Semiconductores y Conductores	Circonia, carburos titanatos y óxidos de metales de transición	Sensores de temperatura, interruptores, eliminación de ruido en instrumentación, alternadores de corriente, calentadores para hornos eléctricos, emisores de rayos infrarrojos.
Propiedades Magnéticas	Ferritas blandas y duras y óxidos de bario y magnesio	Cabezas registradores magnéticas y almacenamiento de datos.
Propiedades Ópticas	Alúmina translúcida Magnesia translúcida  Cerámicas translúcidas de $Y_2O_3 - ThO_2$	Lámpara de vapor de sodio. Tubos luminosos y lámparas para aplicaciones especiales Material láser.
Propiedades Biológicas	Alúmina y Apatitas	Dientes artificiales, prótesis, huesos artificiales.
<b>Propiedades Químicas:</b>		
Sensores de Gas	Oxidos de Zinc, hierro y estaño.	Alarmas para fuga de gases, detectores de hidrocarburos.
Sensores de Humedad	Cromato de magnesio y óxido de titanio	Elementos de control en hornos microondas.
Adsorción	Sílice y alúmina multiporosas.	Adsorbentes en biorreactores.
Anticorrosión	Circonia y Alúmina	Reactores de alta temperatura

\* Juillard, 1988. Escardino y Amoros 1987.

los campos eléctrico, magnético, biológico y químico, constituyéndose en soportes de las más avanzadas tecnologías.

#### Electrocerámicas o Cerámicas con Propiedades Eléctricas

En esta familia se han desarrollado materiales que cumplen funciones de aislantes o dieléctricos, ferroeléctricos piezoeléctricos, conductores y su-

perconductores. Examinaremos aspectos de algunos de ellos.

#### Cerámica dieléctrica (Aislantes o Aisladores)

Un material es dieléctrico cuando no conduce la electricidad. Cuando se aplica un campo eléctrico a él, se causa una separación de alguna extensión de las partículas positivas y negativas de las cuales está constituido el material, es decir, se produce

una polarización del dieléctrico. Cada dieléctrico está caracterizado por dos parámetros que son la permitividad o constante dieléctrica  $E$  y la susceptibilidad dieléctrica.

En la industria de energía eléctrica se usa tradicionalmente gran cantidad de materiales aislantes que por ser generalmente componentes de gran tamaño, dan lugar al uso de la cerámica para su construcción porque aunan buenas propiedades y bajo costo.

Un buen aislante eléctrico debe poseer las siguientes propiedades: excelentes características eléctricas, poca absorción de humedad, ser antiinflamable, resistir a la deformación y a la alta temperatura, mucha resistencia mecánica, gran tenacidad y buena resistencia química.

Desde hace muchos años se conoce la propiedad que tiene la porcelana común de aislar la corriente eléctrica; además cumple con éxito las demás condiciones ya que por su composición los cuerpos cerámicos no son combustibles, ni se oxidan, ni desprenden gases a altas temperaturas; además generalmente se usan a temperaturas inferiores a su punto de reblandecimiento y por lo tanto no sufren deformación. A todo esto se añade que conserva sus propiedades dieléctricas a temperaturas

muy altas. Finalmente, como se obtiene con materias primas abundantes en la naturaleza su producción es relativamente barata.

En la actualidad se encuentran materiales aislantes para bajo voltaje y para alto voltaje.

Para bajo voltaje, es decir, aquellos usados en portalámparas, interruptores y aislantes domésticos, se utiliza generalmente una porcelana triaxial ordinaria. La pasta se formula a partir de arcilla, sílice y feldespato pero puede contener fundentes secundarios en pequeña cantidad como cal o magnesita. Los no triaxiales contienen otros componentes como talco, pirofilita o alúmina. El material es algo poroso y barato.

Para alto voltaje se han desarrollado formulaciones de baja porosidad, incluso vidriadas superficialmente, de las cuales las más conocidas son las de tipo magnésico, las de titanio, las de aluminio y las de circon.

Entre las de tipo magnésico son muy comunes las de esteatita, forsterita y cordierita. La esteatita es un material cerámico que tiene como principal materia prima el talco mezclado con arcillas; como fundentes se agregan óxidos alcalinotérreos.

Tabla 2

## Ejemplos de Cerámicas Estructurales\*

Características	Materiales	Usos
<b>Propiedades Mecánicas:</b>		
Resistencia a altas temperaturas	Nitruros	Turbinas de Gas
Resistencia a la fricción	Alúmina y nitruro de boro.	Motores Diesel
Resistencia al corte	Carburos de titanio y wolfranio, nitruro de titanio y carburo de boro.	Herramientas de corte y partes para trabajo pesado
Lubricantes	Nitruro de boro	Lubricantes sólidos, cojinetes, partes para fricción, sensores de presión.
<b>Propiedades Térmicas:</b>		
Resistencia Térmica	Carburos nitruros y óxido de magnesio	Hornos industriales, maquinaria cerámica.
Aislantes Térmicos	Oxidos de Potasio y titanio, alúmina y circonia.	Hornos industriales, camisas de reactores nucleares.
Conductores Térmicos	Oxido de boro, nitruro de aluminio, alúmina.	Equipo electrónico, elementos radiadores.

\* Juillard, 1980.

En ocasiones se emplean como aglutinantes sustancias de tipo orgánico como ceras, gomas o dextrinas. Después de la cocción el cuerpo está formado esencialmente por metasilicato de magnesio ( $MgSiO_3$ ). La forsterita presenta como mineral predominante el ortosilicato de magnesio ( $Mg_2SiO_4$ ). Cada material tiene sus aplicaciones correspondientes. La cordierita además de tener alta constante dieléctrica, tiene un coeficiente de dilatación térmica extraordinariamente bajo.

Las cerámicas con base en el dióxido de titanio y los titanatos tienen alta constante dieléctrica y se usan en la construcción de condensadores de gran capacidad en poco espacio.

Las porcelanas de circón y de alúmina inventadas durante la Segunda Guerra Mundial fueron inicialmente utilizadas para la obtención de porcelanas aislantes de alta frecuencia. Las de circón presentan ventajas que las hacen útiles para las soldaduras vidrio-metal-cerámica y las de alúmina, por su excelente resistencia mecánica al impacto y a la flexión, se usan en aisladores expuestos a choque mecánico o cuando se necesitan secciones transversales pequeñas. (Kirk Othmer, 1963).

Otra porcelana que ha sido utilizada como aislador es la porcelana lítica cuyo componente principal el espodumeto Beta ( $Li_2 Al_2 Si_4 O_{12}$ ); presenta muy pequeña dilatación térmica. En el grupo de los dieléctricos de baja pérdida se usa también un material fabricado a partir del mineral Wollastonita  $CaSiO_3$ , el cual se puede obtener a temperaturas menores que las de la esteatita y el circón y presenta buena resistencia mecánica.

### Dieléctricos Polares

En estos materiales cuando se aplica un campo eléctrico se afecta en alguna forma la distribución de las cargas positivas y negativas inherentes a su estructura cristalina, es decir, se produce una polarización. Esto se debe a que la estructura cristalina contiene un eje único a lo largo del cual existirá un momento dipolar eléctrico. Estos cristales mostrarán fenómenos de piroelectricidad y piezoelectricidad. La piroelectricidad es la liberación de una carga eléctrica cuando se cambia la temperatura y la piezoelectricidad es la liberación de electricidad por aplicación de una fuerza.

### Materiales Ferroeléctricos

Se consideran materiales ferroeléctricos aquellos que sufren una inversión en la dirección de polarización cuando se les aplica un campo eléctrico suficientemente grande. Los ferroeléctricos son un subconjunto del conjunto de los piroeléctricos, es decir, que todos los ferroeléctricos son piroeléctricos pero no todos los piroeléctricos son ferroeléctricos. (Whatmore 1988).

Según Bowen (1986) las cerámicas ferroeléctricas poseen una distribución desigual de cargas en

sus celdillas unitarias y los granos cristalinos se polarizan es decir, una parte del grano se carga positivamente mientras que la otra lo hace negativamente. La cerámica no muestra polarización neta puesto que los granos están orientados al azar anulando las cargas entre sí. Sin embargo, por aplicación de un campo eléctrico externo durante el procesado, los granos pueden reorientarse de forma que las direcciones de las polarizaciones se fortalezcan y confieran al material una distribución de carga macroscópicamente detectable. La cerámica permanece no conductora incluso cuando está polarizada. Esta propiedad es la que se explota en la fabricación de condensadores que acumulan carga eléctrica y por esta razón los mismos se fabrican principalmente con cerámicas. Las más conocidas son las de titanatos de bario y estroncio y el titanato circonato de plomo.

### Materiales Piezoelectricos

Son materiales que sufren deformación mecánica al ser sometidos a un campo eléctrico. Bowen (1986) atribuye este fenómeno a que la distribución de cargas de un cristal de una cerámica ferroeléctrica no es simétrica con respecto al centro del cristal y se produce un cambio de polaridad por deformación de este. A su vez, cuando la cerámica piezoelectrica se deforma mecánicamente, genera una considerable carga eléctrica y por esta razón los materiales piezoelectricos son hábiles transformadores de energía eléctrica en mecánica y viceversa, propiedad que los ha hecho muy útiles en modernas instalaciones que cubren campos en la electrónica como vibradores, osciladores, filtros, en los sistemas de sonar y en los equipos de ultrasonido. Su propiedad de generar cargas eléctricas se aprovecha para generación de chispa en calentadores, cocinas y mecheros de gas.

Esta propiedad aparece en el caso de la familia de la perovskita  $CaTiO_3$  y otros compuestos como el  $Pb_2FeNbO_6$ . Una de las aplicaciones más comunes en la actualidad ocurre en los sistemas de impresión de alta resolución por chorro de tinta, en los cuales un ducto diminuto para la tinta, construido en cerámica piezoelectrica, induce el paso de la tinta por contracción bajo el impulso de una corriente eléctrica. Así están construidas las cabezas de inyección de tinta de imprenta de las multicopiadoras de alta precisión, las que por aplicación selectiva de voltaje se contraen repentinamente liberando tinta sobre el papel.

Otros tipos de cerámica ferroeléctricas tales como la llamada PLZT (por las iniciales de plomo, lantano circonio y titanato) pueden reaccionar por efecto de excitación con fotones de luz, por lo que son usadas en opto-electrónica.

### Materiales semiconductores y conductores

Las propiedades eléctricas tales como la conductividad y su recíproca, la resistividad, definen las respuestas al estímulo de un campo eléctrico.

Las estructuras caóticas de las cerámicas tradicionales les conferían una gran resistividad y por eso se usaban generalmente como aislantes de la corriente eléctrica. Sin embargo, el conocimiento de que las estructuras ordenadas de tipo cristalino permiten que los electrones, debidamente excitados, viajen a través de la red, se ha combinado con los nuevos métodos de procesamiento que permiten obtener productos cerámicos con alta perfección estructural, para producir cerámicas semiconductoras. Son comunes las fórmulas con base en titanato, de bario, carburo de silicio, mezclas de óxidos de bismuto y zinc y óxido de vanadio que encuentran alta aplicación como termistores y varistores o resistores variables. Se encuentran como detectores de temperatura, elementos calefactores, sensores térmicos y detectores de radiación infrarroja.

Los óxidos de cobalto y vanadio actúan como semiconductores a bajas temperaturas pero el de vanadio sufre una ligera modificación en su estructura alrededor de los 330°K que le convierten en conductor. El óxido de renio presenta propiedad de conductor semejante a los metales, independientemente de la temperatura de uso.

Algunos como el óxido de zinc son semiconductores si se incluyen ciertas impurezas en su estructura cristalina, proceso que recibe el nombre de "dopado". Incluido este material en una matriz cerámica aislante se puede obtener un producto que a bajo voltaje muestra baja conductividad y a alto voltaje es altamente conductor; el mismo recibe el nombre de varistor o resistor variable. El voltaje límite se puede regular variando la microestructura, es decir el tamaño del grano y la anchura de las capas aislantes entre granos.

Existen otros conductores de tipo iónico como los formulados con base en óxido de circonio o beta alúmina que constituyen el corazón de los electrolitos sólidos ampliamente usados en baterías y en sensores.

#### La Cerámica del futuro. Los superconductores

La superconductividad, es decir, la propiedad que tienen algunas sustancias de conducir la energía eléctrica prácticamente sin resistencia, fue conocida desde 1911, pero fue sólo hasta 1950 cuando los científicos mostraron que la teoría de la superconductividad debe tener en cuenta las propiedades térmicas de los materiales que la exhiben. Hasta el año de 1987 se obtenía superconductividad en determinadas sustancias sometidas a enfriamiento cercano al cero absoluto ( $-273^{\circ}\text{C}$ ) por acción del helio líquido. En 1987 el científico Paul Chu de la Universidad de Houston, anunció que una cerámica de óxido de itrio-bario y cobre mostraba superconductividad a  $94^{\circ}\text{K}$  ( $-179^{\circ}\text{C}$ ), temperatura que fácilmente se alcanza utilizando nitrógeno líquido el cual ebulle a  $77^{\circ}\text{K}$  y es mucho más abundante y barato que el helio líquido. La investigación de esos años se dirigía a obtener materiales supercon-

ductores a temperaturas cada vez más altas lo cual se ha logrado con cerámicas de óxido de cobre con bismuto o talio los cuales se obtienen a temperaturas de  $125^{\circ}\text{K}$ . Los llamados superconductores 1-2-3 tienen una estructura semejante a la perovskita. (Ver figura 1) que se puede visualizar como cubos con un átomo de un metal grande como itrio o bario en el centro del cubo y metales pequeños como cobre en las esquinas. Las aristas de los cubos contienen átomos de oxígeno alrededor del itrio y bario.

#### ¿Por qué han tenido tanto impacto económico las cerámicas superconductoras?

Los superconductores se han usado desde hace varios años en los equipos llamados escanógrafos (exploradores de cuerpos), así como en los equipos de resonancia nuclear magnética para investigación. Sin embargo, los superconductores usados en ellos necesitaban temperaturas de  $24^{\circ}\text{K}$  o menores las cuales necesitaban helio o hidrógeno líquidos, materiales escasos y costosos.

Pero al obtener superconductores a mayores temperaturas, por ejemplo a más de  $77^{\circ}\text{K}$ , temperatura de ebullición del nitrógeno, los superconductores salen más baratos. Así, ahora se están investigando para construir, magnetos más poderosos como los utilizados en el tren "maglev" del Japón que como su nombre lo indica se desplaza sin rozamiento sobre los rieles debido a la fuerza magnética que lo mantiene levitando sobre ellos.

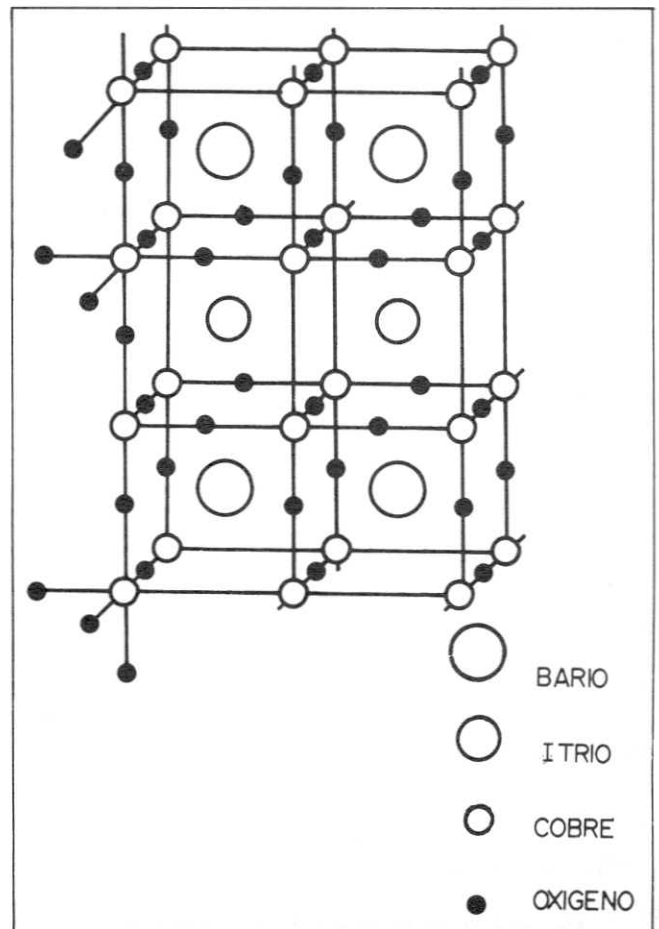


Figura 1. Estructura de la Perovskita

Además en aplicaciones más sencillas ya se está aplicando la superconductividad para detectar diminutos cambios en campos magnéticos y en corrientes eléctricas, con amplias aplicaciones en detectores de cambios físicos como temperatura y humedad y en las memorias de los computadores con una capacidad de almacenamiento mucho mayor de las que existían hasta hace poco tiempo. La ventaja de que no presenten resistencia, minimiza la generación de calor y el consumo de potencia en comparación con los computadores tradicionales. También prometen alta eficiencia en la conducción de energía eléctrica.

El mayor problema que se presenta en el uso de los materiales cerámicos superconductores, deriva de sus propiedades mecánicas pues existe el problema de cómo producir alambres flexibles o láminas delgadas con este tipo de materiales, otro problema por resolver, es cómo hacer contactos eléctricos adecuados entre los óxidos cerámicos y los alambres metálicos convencionales. Además, como conductores de electricidad los materiales cerámicos muestran aún bajas capacidades en comparación con los metales tradicionales como el cobre. Se espera que en un futuro cercano la investigación en el campo de las cerámicas superconductoras logre avances significativos aun cuando las predicciones indican que nunca podrán fabricarse materiales que exhiban estas propiedades a la temperatura ambiente, ni aún a  $0^{\circ}\text{C}$  ( $273^{\circ}\text{K}$ ).

#### **Biocerámicas o Cerámicas con propiedades biológicas**

La más antigua de estas es la porcelana dental. Se tiene noticia de su existencia desde principios de este siglo, cuando se inició su aplicación para restauraciones dentales que daban buenos resultados tanto por su resistencia como por sus condiciones estéticas.

Estas porcelanas se componen de mezclas de caolín feldespato y cuarzo con fundentes tales como carbonatos alcalinos o alcalino térreos, borax o ácido bórico según el punto de fusión esperado.

En la actualidad se ha ampliado la utilización de porcelana a la producción de huesos artificiales dando por resultado materiales que puedan ser implantados directamente y no produzcan rechazo por los tejidos del paciente, lográndose en algunos casos, materiales tan semejantes a los tejidos óseos que asimilan los tejidos fisiológicos que los rodean. Otros materiales que se están usando actualmente son la implantación cerámica de alumina y el llamado 'biovidrio de hidroxiapatito'.

#### **Otros usos**

##### **Aplicaciones magnéticas (Wood 1988)**

En esta década se ha desarrollado la tecnología de solidificación rápida y laminación por rodillos,

que ha permitido la obtención de materiales magnéticos permanentes basados en Fe-Nd-B. Los magnetos pueden hacerse mezclando el polvo obtenido con resinas epóxicas para poderlo moldear y darle la forma deseada. Con este material se pueden producir magnetos muy pequeños cuyas limitaciones son la temperatura de uso, (pues su temperatura Curie está alrededor de  $140^{\circ}\text{C}$ ) y poca resistencia a la corrosión.

##### **Otras aplicaciones (Colin Leach 1987)**

**Propiedades químicas:** Desde hace aproximadamente 20 años se ha perfeccionado la pila de sodio-azufre que funciona a  $300^{\circ}\text{C}$  y se basa en la rápida conductividad iónica de electrolitos cerámicos de B/B  $\text{Al}_2\text{O}_3$ . Otras fuentes conocidas se basan en sales de Litio.

Como soporte de catalizadores se utilizan materiales cerámicos de cordierita y vidrio, fabricados en forma alveolar con una gran superficie específica de absorción especialmente de gases utilizados ya en la industria automotriz. Finalmente son conocidos los detectores cerámicos para supervisar la eficacia del proceso de combustión y la emanación de gases de escape mediante la medición del índice de oxígeno.

#### **CERAMICAS ESTRUCTURALES**

Según Escardino y Amoros (1987), las nuevas cerámicas estructurales presentan las siguientes ventajas frente a los metales a los que pretenden sustituir:

- Mayor refractariedad, es decir, mayor resistencia a la temperatura.
- Superior resistencia mecánica, especialmente a temperaturas elevadas.
- Mayor dureza superficial y por tanto mejor resistencia al desgaste por razonamiento.
- Menor conductividad térmica y por ello mejores características como aislante térmico.
- Menor densidad por lo que permiten elaborar componentes y piezas muy ligeras.
- Mayor resistencia a la corrosión y al ataque químico.

Las desventajas frente a los mismos materiales son:

- Fragilidad y escasa resistencia al choque mecánico.
- Menor resistencia al choque térmico.
- Mayor dificultad para obtener determinadas geometrías complejas con la precisión necesaria.

Además en esta familia y por las aplicaciones que tienen, podemos incluir los materiales compuestos, definidos por Juillard (1988) como "sólidos hechos por dos o más constituyentes, los cuales, cuando se reúnen adquieren propiedades que separadamente no poseen".

Para la producción de estos materiales cerámicos se ha abandonado la arcilla como materia prima de origen, reemplazándola por diversos compuestos inorgánicos de alta pureza como óxidos metálicos, carburos, nitruros, titanatos, circonatos etc., los cuales se someten a procesos de elaboración más sofisticados como prensado isostático en frío o en caliente, deposición de vapores etc., que permiten manipular físicamente la microestructura del producto para obtener las características que se desean en él.

Estos tipos de material cerámico llamados termocerámica, poseen alta resistencia a choques mecánicos y térmicos, muy buena resistencia a altas temperaturas y a la corrosión bajo severas condiciones climáticas. Además son menos densos que los modernos aceros de tal forma que su uso en motores de automóviles o de aviones reduce considerablemente el peso del motor lo cual se refleja en economía de combustible.

En sistemas enfriadores pueden utilizarse partes cerámicas gracias a que algunas presentan excelentes conductividades térmicas que se aprovechan para eliminar calor rápidamente. Esta propiedad se está usando por ejemplo en las cubiertas de óxido de aluminio o nitruro que conducen rápidamente el calor fuera de los circuitos.

Los miembros más antiguos de esta familia son las cerámicas metálicas que se desarrollaron con el objetivo de obtener un material que combinara la buena resistencia mecánica y a la corrosión que presentan los óxidos metálicos, con la excelente ductibilidad y resistencia al choque térmico de los metales.

El desarrollo de estos productos se inició en Alemania durante la Segunda Guerra Mundial donde se investigaban nuevos materiales que sustituyeran las aleaciones metálicas que escaseaban como las de níquel, cobalto y cromo para aplicarlas a las turbinas de gas, donde el material debe presentar gran resistencia mecánica y alta resistencia a la corrosión a altas temperaturas.

La investigación posterior se ha encaminado hacia el desarrollo de nuevos materiales refractarios con propiedades mecánicas y químicas a altas temperaturas.

Los carburos, nitruros, boruros y siliciuros de algunos metales de transición presentan conductividades térmicas y eléctricas del mismo orden de magnitud que los metales pero son frágiles y su resistencia al choque térmico, aunque superior a la de

otros óxidos, es baja en comparación con los metales. Muchos de estos materiales duros y de alto punto de fusión resisten a la corrosión y pueden sintetizarse en presencia de metales para producir materiales de resistencia muy alta a temperaturas elevadas.

De ahí nació la idea de producir refractarios cerámicos cementados con metal los cuales recibieron el nombre de "CERMETS".

La investigación sobre los materiales obtenidos que se orientó hacia la consecución de otros materiales con mayor ductilidad y resistencia al choque mecánico por modificación de su estructura, desembocó en la producción de diferentes materiales que están contribuyendo a la revolución tecnológica actual; la industria aeroespacial y los motores de combustión en automóviles y aviones son ejemplos de aparatos que han sido beneficiados por los avances de la nueva cerámica en los últimos 30 años y es de prever que la cerámica se tendrá en gran estima en las tecnologías del siglo XXI y que prácticamente se está iniciando una nueva era, la era de los materiales cerámicos por pedido y de los compuestos.

Wood (1988) afirma que los avances en la investigación tecnológica para producir nuevos materiales por diseño han invertido la forma de actuar de los ingenieros. Antes se diseñaba y producía con los materiales con que se contaba, ajustando el producto al material y fijando las especificaciones de garantía para su uso, con lo cual muchos inventos quedaron sólo en el papel, ya que no se contaba con los materiales apropiados para realizarlos. En la actualidad la investigación se dirige a diseñar el material que debe cumplir las especificaciones y ya se han logrado materiales que poco a poco se están introduciendo en diferentes tecnologías, de los cuales se mencionan los más conocidos:

#### Cerámicas con fragilidad reducida

El mayor problema de la cerámica es su fragilidad y por eso la investigación ha desarrollado materiales en los cuales se añaden fibrillas a la matriz, que esencialmente tienen por objeto evitar que los poros, que difícilmente se pueden remover en el proceso de cocción, se propaguen por un impacto y causen la fractura del objeto. Las mezclas de fibras y matriz cerámica son numerosas y por eso se tratan algunas de ellas.

Carburo de silicio reforzado con alúmina: contiene alrededor del 40% de fibras, tiene una resistencia a la fractura de 616 MPa a 1.200°C y una dureza de 8.7 MPa m<sup>-3/2</sup>. Este último valor no es muy alto pero es cerca del doble del de la alúmina pura a temperatura ambiente (Wood 1988).

Otro ejemplo conocido es el compuesto de carbón-carbón que tiene una densidad de sólo 1.38 y se ha probado hasta una temperatura de 3.000°C.

Las fibras de carbón se recubren con una cerámica para proteger el compuesto C—C de la oxidación en servicio. La temperatura de operación está limitada por la cubierta cerámica, por ejemplo: una cubierta de nitruro de silicio puede ser empleada hasta 1.200°C. y una de carburo de silicio hasta 1.760°C.

### Materiales para motores

Según Colin Leach (1987) las cerámicas refractarias de gran rendimiento, capaces de soportar las duras condiciones del medio, brindan a los proyectistas de motores la posibilidad de aumentar el rendimiento al permitir temperaturas de funcionamiento más elevadas y reducen las pérdidas térmicas, mecánicas e inerciales.

También es posible incrementar la eficacia de la combustión mediante la utilización de mecanismos de sobrealimentación acoplados a sensores cerámicos en contacto con los gases de escape. Los convertidores catalíticos empleados para la regulación de estos gases consisten, por lo general, en un sustrato cerámico alveolar de gran superficie sobre el cual se aplica el catalizador.

Los elementos de cerámica de un motor de automóvil tendrán que funcionar en un ambiente hostil, sometidos a la acción de fluidos corrosivos. En el curso de su vida habrán de ser capaces de tolerar, sin falta, gradientes y fluctuaciones cíclicas de temperaturas extremas junto con los termoesfuerzos que eso conlleva. Además, las propiedades de resistencia al desgaste del material cerámico deberán ser aceptables para la aplicación propuesta y en esto son muy importantes los desarrollos que permiten disminuir su fragilidad.

El uso de estos materiales se justifica cuando representan reducciones del costo con mayor rendimiento frente al combustible. Se está logrando este propósito al poderse utilizar temperaturas más elevadas, gracias al revestimiento refractario de la cámara de combustión y a la menor fricción que ocurre por emplearse superficies de contacto cerámico. Además, estas piezas presentan las siguientes ventajas: resistencia al desgaste, termoaislamiento, buenas propiedades eléctricas e inercia química.

Colin Leach (1987) propone clasificar los materiales para esta aplicación en tres grupos: Monolíticos, Compuestos y de Revestimiento.

**Monolíticos:** Se agrupan aquí materiales cerámicos de Si<sub>3</sub> N<sub>4</sub>, SiC, Al<sub>2</sub> O<sub>3</sub> y Si Al O N y Circonia, suavizados con magnesia, calcia o ceria. El sistema ceria-circona es de especial interés porque el material cerámico producido posee una tenacidad a la fractura de más de 25 MPa m, mientras que en otros sistemas de circona se ha observado que esta tenacidad es de aproximadamente 10 MPa m.

La cerámica de Si<sub>3</sub> N<sub>4</sub> se usa en componentes sometidos a esfuerzos a temperaturas por encima

de 1.200°C. con muy pequeños coeficientes de termodilatación presentando mejores propiedades que algunas aleaciones metálicas convencionales usadas en rotores de turbo-compresores.

Los materiales de circona son más apropiados para uso a temperaturas inferiores a 800°C. Su coeficiente de termodilatación es similar al del hierro fundido.

**Compuestos:** Como ya se indicó, debido a la naturaleza quebradiza de los materiales cerámicos de gran resistencia, se han desarrollado tecnologías de producción de compuestos que utilizan fibras de alúmina, sílice o carbón para refuerzo de los materiales donde ésta propiedad deba controlarse.

**De Revestimiento:** Se está estudiando la posibilidad de emplear revestimientos cerámicos, a manera de barreras térmicas sobre piezas metálicas que trabajen en ambientes de alta temperatura como cámaras de combustión y ductos de escape. Con ello se podrá aumentar la temperatura de funcionamiento y la eficiencia del combustible. Para ello se está utilizando circona en polvo, suavizada con itria o calcia con un revestimiento ligante que se aplica directamente al sustrato. En este proceso es necesario conseguir un revestimiento uniforme y evitar la fractura debida a esfuerzos de compresión superficiales y mala ligazón.

Por qué surgieron estos materiales y ¿cuál es su estado actual de desarrollo en el mundo? Inicialmente fueron los Estados Unidos y el Japón las potencias que emprendieron investigaciones tendientes a obtener materiales que pudieran responder a las exigencias del mundo tecnológico e impulsados por varias circunstancias históricas: por ejemplo la crisis energética de la década de los setenta puso a pensar en materiales que en una u otra forma contribuyeran en el ahorro de energía en los procesos donde se pudieran aplicar. Con este fin se logró en primera instancia mejorar las propiedades de muchos metales tradicionales produciendo las llamadas super aleaciones; luego se lograron crear nuevos materiales combinando la teoría sobre las relaciones entre la estructura, propiedades y comportamiento y la manera en que estas interacciones mutuas se ven afectadas por el proceso de elaboración.

En los Estados Unidos la investigación y desarrollo de las cerámicas técnicas actualmente está soportada por empresas multinacionales que pretenden sustituir productos tradicionales por otros construidos en cerámica. Esta motivación surgió inicialmente en los programas estatales para la defensa y para la tecnología espacial quienes orientaron la investigación hacia la obtención de materiales que sustituyeran con éxito a los metales permitiendo resolver los problemas que estos presentan frente al choque térmico, abrasión por altas velocidades, calentamiento por rozamiento y exceso de peso, entre otros. Las nuevas cerámicas y los compuestos se multiplican año tras año pues sus aplica-

ciones se orientan ahora hacia la sustitución de materiales para la construcción de motores, turbinas, partes de frenos para aeroplanos etc.

En cuanto a materiales de cerámica funcional existen grupos interdisciplinarios de investigación en universidades estatales como las de Carolina del Norte, California y Pensilvania quienes están tras la creación de nuevos materiales semiconductores electrónicos de alta eficiencia o para aplicaciones ópticas para usos diversos, así como nuevos y revolucionarios piezoeléctricos, algunos de los cuales están en vías de utilizarse por ejemplo en sistemas de computación. Se sabe que la firma IBM emplea actualmente alrededor de 400 especialistas en cerámica y que recluta más cada año.

En cuanto a desarrollo de nuevos métodos se están estudiando los referentes a formas de preparación de polvos y fibras, así como nuevos procesos de moldeo; estos estudios se están llevando a cabo principalmente en el Laboratorio de Investigaciones Navales del Departamento de Defensa, el centro para el proceso de evaluación de metales, matrices cerámicas y compuestos del Instituto de Tecnología de Masachussetts (MIT), el centro de producción de compuestos en Ciencias e Ingeniería de la Universidad de Delaware y el laboratorio de altas temperaturas del Laboratorio Nacional Oak Ridge.

El Japón es en la actualidad el mayor productor y consumidor de cerámica técnica, lo cual se explica por el amplio mercado de los productos japoneses tanto electrónicos como automotores. La investigación llevada a cabo en diferentes centros tanto en el Japón como en los Estados Unidos agrupa especialistas químicos, físicos e ingenieros de las más diversas disciplinas para desarrollar conjuntamente las nuevas tecnologías.

Como ejemplos de desarrollo en el Japón se pueden citar los productos para motores de combustión cerámicos, bujías de encendido, turbinas, cámaras de precombustión, turbocompresores y colectores de escape, producidos por las compañías Kiocera y NGK, algunos de los cuales han sido incorporados en la producción de automotores por las compañías Izuzu, Toyota, Nissan y Mazda. La industria electrónica ha conducido la revolución de la miniauturización en el mundo, gracias en buena parte al desarrollo de la gran familia de las cerámicas funcionales; el conjunto de componentes como preamplificadores, ecualizadores, sintonizadores, materiales de conexión de chips etc., brindan la posibilidad de múltiples aparatos portátiles que en muchos casos llevan incorporada su propia fuente de energía, también cerámica.

En años recientes, la Comunidad Económica Europea (CEE), decidió unir sus esfuerzos para desarrollar sus propios materiales en un intento de independizar su desarrollo de las otras potencias, y basándose en la independencia técnica y científica, promover la defensa económica del continente eu-

ropeo. Con este fin se creó el Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas, organismo que fomenta la participación de la industria en la financiación de la labor investigativa en las universidades, mediante la concesión de becas y subvenciones para investigación. Además se crearon dos programas directrices llamados Euram y Eureka.

El programa Euram pretende estimular a los países europeos para que investiguen y produzcan piezas cerámicas para motores de combustión interna de altas temperaturas y compuestos con diferentes tipos de matriz para usos en aviación y biomédicos. El presupuesto inicial fue de 30 millones de eurodólares pero ha crecido en los últimos años.

El programa Eureka lanzado por el presidente Mitterand en 1985, comprende 165 proyectos adelantados conjuntamente por 19 países, algunos de los cuales se refieren al desarrollo de nuevos materiales cerámicos; los fondos de este proyecto en 1987 se acercaban a 4.3 mil millones de eurodólares. Algunos de los proyectos involucrados en este programa se refieren a la obtención de nuevos precursores cerámicos, al diseño y nuevos procesos de producción de partes para motores diesel, producción de turbinas de bajo rendimiento, motores para aeroplanos de mediano poder y estudio para seleccionar los nuevos materiales que aseguren la mejor carrocería y funcionalidad con la mayor economía energética en el automóvil del futuro. Además de estos programas, numerosas industrias han iniciado sus propios desarrollos en el Reino Unido, Alemania y Suiza.

En el Reino Unido las actividades de investigación y desarrollo son muy extensas y están coordinadas en colaboración con el Ministerio de Industria y Comercio y realizadas principalmente por tres consorcios: el Club de Cerámica del Reino Unido, Cerámica avanzada para turbinas, que inició labores desde 1984 y Aplicaciones cerámicas en motores alternativos, establecido en 1986 para resolver problemas relativos al desarrollo de repuestos para motores ya existentes, proyección de turbocompresores y aislamiento de cámaras de combustión.

El Consejo de Investigaciones Científicas y Técnicas (SERC) patrocina en el Imperial College de Londres estudios sobre preparación de polvos, caracterización de procesos y microestructuras de materiales cerámicos industriales de circonita, alúmina y vidrio, junto con el desarrollo de electrolitos sólidos para aplicaciones electroquímicas. Todos estos estudios reciben también apoyo de las industrias.

Desde 1988 la industria Carborundum Resistant Materials de Inglaterra produce una diversa gama de tejidos bajo la marca Fibersil, los cuales han encontrado aplicación en vehículos, barcos, hornos industriales, maquinaria agrícola y en fin, donde quiera se necesiten materiales no combustibles de estas características.

La Subsidiaria alemana de Carborundum está produciendo cuerpos de bombas para agua para la industria automotriz, construidas en carburo de silicio y diversos productos refractarios y de fibra cerámica bajo la marca Hexoloy. En Alemania se facturaron 700 millones de francos en 1987 en sólo cerámicas técnicas cuya industria empleaba en ese año 8.000 personas.

En Suiza la Escuela Politécnica Federal de Lausana está desarrollando el programa denominado "Materiales para las necesidades del mañana", financiado por la Fundación Nacional Suiza para la Investigación Científica dentro del cual se están diseñando novedosos compuestos como el recientemente informado con base en el sistema Al-Ti (Zr) O-N. También en este país se están desarrollando sistemas y materiales aplicados a la industria de motores.

Finalmente se puede hacer referencia a la investigación en el área soviética de la cual se conocen desarrollos desde hace más de 20 años en la preparación de materias primas como polvos cerámicos y productos tales como óxidos complejos para electrónica, aisladores de alta temperatura, soportes catalíticos y catalizadores. Han desarrollado alta productividad y calidad utilizando el proceso llamado "Síntesis autopropagada a alta temperatura", el cual sólo se conoció recientemente en los Estados Unidos.

En la tabla 3 se resumen algunos de los logros obtenidos en la Industria Automotriz.

#### Aplicaciones Aeroespaciales (Wood 1988)

La investigación en este campo se ha dirigido a obtener compuestos que puedan operar a temperaturas superiores a 1.200°C. Por algunos años se emplearon compuestos con base en resinas que contenían fibras inorgánicas, ahora se están empleando matrices metálicas, cerámicas de vidrio y aún de carbón.

Para envolturas se está desarrollando un compuesto de aluminio y carburo de silicio con el cual se puede mediante aspersión crear una capa líquida sobre el sustrato dando lugar a una película protectora.

Para discos de turbina y materiales para aletas donde los requerimientos son más exigentes se están investigando cerámicas de titanio, de carbón y algunas de TiAl y Ti<sub>3</sub>. (Proceso Osprey). También para componentes de turbinas se están produciendo compuestos de carburo de silicio reforzado con alúmina conteniendo un 40% de fibras, las cuales muestran como ya se dijo, resistencia a la fractura de 610 M Pa a 1.200°C. y dureza de 8.7 M Pa. M -3/2.

En la industria aeroespacial los compuestos carbón-carbón a los que ya se había hecho referen-

Tabla 3

Programa Automóvil del Futuro		
País	Fábrica/Modelo	Innovación
Japón	Isuzu/Aska	Bujías de encendido en la parte inferior de la cámara de precombustión diesel.
	Toyota/Crown (1984)	Idem.
	Nissan/Fairlady (1985)	Motor diesel con brazo rotor turbocompresor. Turbina de Ni Si. Menos peso, resistencia a la temperatura hasta 900°C. aceleración más rápida y ahorro de aceite.
Francia	Mazda/Galant (1986)	Cámara ceramizada de precombustión, Pistones, coronas de pistones y cabezas de cilindros.
	Mitsubishi	Motor con partes cerámicas.
	Renault	Idem.
Reino Unido	Peugeot Spa.	Idem.
	Rolls Royce	Turbinas
	Leyland Ford	Motores Diesel Motores Diesel
Estados Unidos	Ford/Scort	Cámaras de precombustión (Mazda). Linx Idem
	Alemania	Porsche/Turbo 944S (1984)

cia muestran una baja densidad y alta refractariedad.

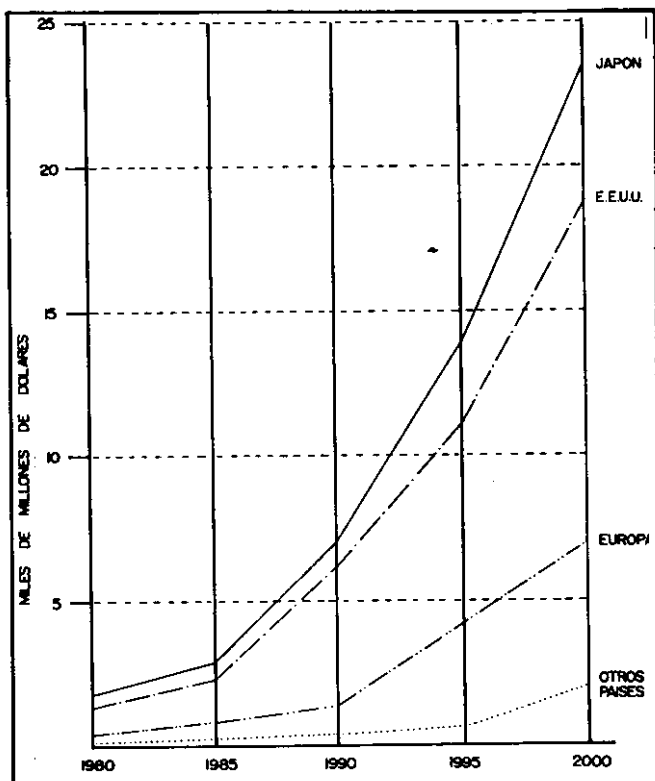
Es difícil presentar logros palpables en esta industria por el carácter restringido de la información en esta área. Sin embargo, se conoce la existencia de aviones de guerra con corazas cerámicas que impiden la acción del radar.

El cuadro 1 tomado de Escardino y Amoros (1987), refleja la situación actual y las previsiones en el mercado mundial de cerámicas técnicas hasta el año 2000. El crecimiento de los mercados japonés y estadounidense muestra tendencias casi paralelas, ocupando de todas maneras el Japón el primer puesto. En Europa la producción comienza a ser importante pero su nivel es aún inferior al de los dos países citados. Para el año 2000 el mercado superará los 50.000 millones de dólares a escala mundial.

El estudio citado anota también que en la actualidad la mayor producción mundial es la de cerámicas funcionales (10.390 millones de dólares) en relación con las estructurales (2.110 millones de

Cuadro 1

Evolución del mercado de nuevas cerámicas  
(Escardino y Amoros - T. Cerámica No. 154)



dólares). Aproximadamente el 62% pertenece a las primeras y el 24% a las segundas y se estima que esta tendencia continuará en la presente década.

¿Qué perspectivas se presentan para los próximos años?

La cerámica funcional está prácticamente incorporada a numerosos sistemas desde principios de la década de los 80 por lo que su mercado ya asegurado se expande constantemente. El conocimiento profundo de los materiales ayudado en la actualidad con poderosas herramientas analíticas que permiten poner en relación las propiedades del material con su estructura interna, es el motor que impulsa la obtención de materiales cada vez más específicos en sus funciones hasta tal punto que no pasará mucho tiempo para que el diseño de materiales por pedido y a la medida sea práctica común de los ingenieros de materiales. Los procesos de obtención de polvos cerámicos de alta pureza y pequeño tamaño así como la obtención de películas con características precisas de funcionalidad son otros tópicos que están acaparando la atención de los investigadores en todo el mundo.

La investigación en cerámica estructural y compuestos está dirigida a obtener materiales menos frágiles, más livianos, más económicos y que puedan reemplazar con éxito los metales y los plásticos. Por ejemplo, numerosos productos de consumo son candidatos para estos materiales como todo el menaje de cocina, cuerpos de máquinas de fotografía y cortadoras de césped. En los Estados Unidos se espera que el mercado total de compuestos,

crecerá a 10 billones de dólares en la mitad de la década de los noventa.

En el área de compuestos se están estudiando los procesos de obtención de fibras de diferente naturaleza para reforzar matrices cerámicas; uno de los mayores problemas es el presentado por las interfaces fibra-matriz, así como los procesos de moldeo y obtención del producto final. Como hemos visto, el trabajo se está realizando y permite prever que la nueva era de la cerámica apenas comienza y en el futuro prestará grandes servicios a la humanidad.

Es bueno terminar con una reflexión sobre la situación y perspectivas en Colombia para estos materiales.

En la Universidad Industrial de Santander se desarrolló el año pasado un proyecto para la producción de carburo de silicio a partir de cascarilla de arroz. Este trabajo mereció el premio de Ciencias de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales por su innegable importancia para el aprovechamiento de este abundante subproducto agrícola colombiano. En la Facultad de Ciencias de la Universidad Nacional, un grupo interdisciplinario de físicos y químicos está desarrollando películas cerámicas que puedan ser utilizadas en el programa de calefacción solar. En el Departamento de Química de la misma facultad se estudió un proceso de síntesis de silicato de tetraetilo y se están iniciando trabajos de obtención de óxidos puros a partir de minerales nativos.

Es el momento de reflexionar seriamente sobre las posibilidades de investigación y desarrollo que tiene nuestro país en este campo y fijar prioridades para que los esfuerzos no se pierdan por dispersión. Tal vez, el ejemplo de la Comunidad Económica Europea nos sirva para volver los ojos hacia el resto de Latinoamérica y proponer planes conjuntos para conocer nuestros recursos y necesidades. El conocimiento de nuestra naturaleza minera y la importancia que tienen nuevos elementos como el titanio, el bario, el berilio, el magnesio y el aluminio, para no nombrar sino algunos, nos permitirá una mayor capacidad de negociación con los países que carecen de recursos pero que por su adelantada tecnología ya los está requiriendo en gran escala.

Siguiendo los lineamientos planteados por Wood (1988), del análisis de los nuevos materiales se puede concluir que en la actualidad los diseñadores disponen de gran número de nuevos elementos que satisfacen sus necesidades y las del mercado. El mundo está lleno de ideas brillantes en relación con materiales aún exóticos susceptibles de ser aplicados en procesos hoy día muy costosos. Por lo anterior, muchos gobiernos se ven forzados a seleccionar prioridades. Esta selección se hace dando preferencia a aquellos proyectos que satisfacen de inmediato la infraestructura de la ingeniería y de la in-

dustria de cada país. Esto no quiere decir que no deban emprenderse trabajos básicos generales, pero la necesidad de obtener resultados inmediatos, por ejemplo en un lapso de cinco años, si se maneja apropiadamente, puede generar excelentes resultados. De otra parte, los materiales y procesos no pueden separarse; por ejemplo, las propiedades y funcionamiento de los plásticos moldeados por inyección pueden variar ampliamente de acuerdo con los parámetros del proceso y del diseño del molde. Este hecho y las ideas expuestas sobre los nuevos materiales, ponen de presente que el desarrollo de los mismos es multidisciplinario y sólo se puede alcanzar mediante el trabajo en equipo. Dependiendo del tamaño del problema, en este equipo deberán intervenir expertos en varias disciplinas tales como: físicos, químicos, ingenieros, científicos de materiales, ingenieros de diseño de producción, vendedores y financistas.

Finalmente nuestro recurso humano, aunque escaso, está muy bien capacitado y sólo espera que se le brinde la oportunidad de especializarse en el área de la cerámica para afrontar la investigación en un futuro próximo; es de esperarse que los resultados de este evento movilicen la voluntad de los organismos que tienen el poder, para que soporten efectivamente la investigación y el desarrollo de la cerámica en nuestro país.

## Bibliografía

- Bowen Kent**, 1986: "Nuevas Cerámicas". *Investigación y Ciencia*, 123: 135-144.
- Ceramitec 88**: Ed. "Tecnologías para la producción de cerámica fina". *Técnica cerámica*, 170: 41-45.
- Colin Leach**: 1987. "Materiales Cerámicos para el automóvil Futuro". *Técnica Cerámica* 157: 460-464 (Octubre).
- Escardino Benloch A. & J.L. Amoros Albaro**: 1987. "Los nuevos Materiales Cerámicos". *Técnica Cerámica* 154: 266-276.
- Freemantle Michael**, 1989. "Superconductors". *Impact of Science on Society* 39 (154): 133-142.
- Juillard Jacqueline**, 1988. "Advanced Ceramics" *Impact of Science on Society* 38 (149): 25-37.
- Kirk R.E. & D.F. Othmer**, 1966. "Enciclopedia de Tecnología Química". Ed. Unión Tipográfica Editorial Hispanoamericana Urthea México 4: 246, 247, 251, 274, 276; 6: 484, 486, 490.
- Whatmore R.H.** 1988: I Curso internacional sobre materiales cerámicos. Centro Internacional de Física (CIF). Bogotá, octubre 10-15 de 1988.
- Wood J.V.**, 1988. "Materials by Design" *Impact of Science on Society* 38-1 (149): 5-13.
- World Report on Advanced Ceramics**. Technical Insights, Inc. December 1988 - January 1989.

# EL GENERO MONTIA (PORTULACACEAE) EN EL HEMISFERIO AUSTRAL

por

Alicia Lourteig\*

## Resumen

Lourteig, A.: El género *Montia* (Portulacaceae) en el Hemisferio Austral. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 41-48, 1991. ISSN 0370-3908.

Se presenta una revisión histórica del género *Montia* L., se proporciona una clave para las tres especies registradas en Sur América, dos de ellas endémicas de los páramos de Colombia y Venezuela, *M. meridensis* Friedrich y *M. biapiculata*, especie nueva que se describe e ilustra y *M. fontana* L., especie cosmopolita (considerada como europea), de la cual se discuten tanto los aspectos sistemáticos como los relativos a su distribución geográfica. Se complementa la información con datos relativos a *M. australasica*, cuarta especie del Hemisferio Sur.

## Abstract

A historic revision, somehow shortened, of the genus *Montia* L. concerning the species living in the Southern Hemisphere has been made. Several aspects of *M. fontana* L., considered an european species, are exposed; its geographical distribution is discussed. Three species occur in South America, *M. fontana* cosmopolitan, while *M. meridensis* and *M. biapiculata* n. sp., herein described, are endemic of the "páramos" of Venezuela and Colombia. They are described and illustrated; a key for determination is given. However, the citations of bibliography, synonyms and exsiccata for *M. fontana* are not exhaustive.

El género *Montia* fue descrito por Linné adoptándolo del polinomio *Montia aquatica minor* Micheli, Nova Plantarum Genera, 1729, dedicado a Guiseppe Monti, botánico italiano de Bologna (1682-1760). Más tarde, otros autores describieron numerosos binomios (algunos sinónimos, bajo *Claytonia*).

Cuando J.D. Hooker herborizó en las regiones antárticas hizo observaciones interesantes. En Flora Auckland and Campbell p. 13, nos dice (traducción)

que los especímenes "varían en su talla, forma de las hojas, número de estambres, número y superficie de las semillas, que en Auckland y Campbell son semejantes a lo que Chamisso llama *M. lamprosperma*, pero no mayores que los europeos. En las Islas Malvinas las semillas son grandes con testa brillante, tuberosa, semejante a las de Kerguelen las cuales son de menor talla. En Perú son muy pequeñas pero casi "echinata", tubérculos apretados, lineares, de medida no constante; en Inglaterra la testa es más opaca y no notablemente tuberculada. Difícil hallar una fanerógama más vastamente distribuida especialmente en el Hemisferio Sur, en el

\* Muséum National d'Histoire Naturelle, Paris.

cual acompaña a *Callitriche verna*<sup>1</sup>. En Nueva Zelandia y Perú habita en las más elevadas regiones. Según Boissier en España entre 5000 — 7000 pies. En Scotland Highlands 3000 pies . . . ”.

En Flora Fuegia, Falklands (p. 278), recuerda lo anterior en lo referente a la semilla (Malvinas y Kerquélén) y expresa su opinión de que el género contiene una sola especie (sinonimizando *M. lamprosperma* Chamisso y *M. linerifolia* Dumont D'Urville), cuyas semillas varían en medida y en la superficie de su testa.

Almquist, 1855, estudia la organización floral de *Montia*, originada de cimas, presentando variaciones por reducción de hojas bracteiformes (las Hochblätter) o de flores o ciclos; establece comparaciones con la familia de las Poligonáceas, con las Ciperáceas, *Luzula*, cuya forma fundamental es pentacíclica, sufriendo reducciones.

Pax, 1889, y Pax y Hoffmann en 1934, establecen los géneros en la familia de Portulacáceas como los conocemos.

Las observaciones biológicas más detalladas las debemos a Werth in Drygalski, 1913, quien estudió *M. fontana* (como muchas otras plantas) observando minuciosamente muchos individuos (p. 300—302, lám. de 25 fig.), estudiando la polinización y la cleistogamia, fenómeno frecuente en las altas latitudes antárticas. Establece que las flores son zigomorfas y de ahí su relación con los insectos (fig. 30, 31 y 32). La zigomorfia es bilateral: un lóbulo del cáliz arriba y uno abajo (fig. 29 — 34), hay varios tipos de corolas, siendo los lóbulos desde más o menos iguales a muy desiguales y variando en número de 3 a 5. El período de floración va desde noviembre a marzo en Kerguelén. Son plantas autógamas o alógamas. La regla es que haya 5 pétalos, pero halló flores con 3 y con 4; estambres desiguales y a veces filamentos sin anteras; el número de anteras varía (por aborto). Entre los ejemplos dados: 3 estambres y 1 filamento sin antera; dos flores con 5 estambres de los cuales 2 están soldados en la parte inferior separados en la superior: una de esas flores tenía sólo 4 lóbulos corolinos; otro caso con 5 filamentos de los cuales 1 corto con una antera inserto arriba en un lóbulo estrecho de la corola, 2 anteras normales sobre filamentos largos, 2 sobre filamentos anormales, esos dobles estambres en lóbulo corolinos normales. Se hallan 5 estambres con 5 filamentos, 1 flor con 5 lóbulos y 5 estambres, de los cuales 1 pequeño completamente atrofiado, y otra, con 3 filamentos normales y 1 reducido; 1 flor con lóbulos corolinos deformados, con 1 antera.

Ulbrich en 1928, estudia la biocarpología e ilustra, (p. 53) un fruto abierto por su interior visto desde arriba, mostrando los puntos de sostén en el plano ecuatorial.

La taxonomía de este género varía al correr de los años. Pax y Hoffmann conservan varios binomios que son sinónimos. Coste, 1903, para Francia, no nombra *M. fontana* y da dos especies basadas en el brillo de las semillas. Walters, 1953, sostiene 4 subespecies basadas en la superficie de la testa seminal. Moore, 1963, conserva esas subespecies haciendo sólo una modificación nomenclatural, y en 1965, considera que la especie de Tierra del Fuego es la subespecie *montana* por sus semillas lisas. En 1964 Walters in Tutin, sostiene el contenido de su trabajo y del de Moore. En 1906, Nilsson, basado en la Palinología, hace de *Montia* varios géneros. Jovet et Vilmorin, en el Supplement à Flore de Coste, 1974, conservan 2 especies y las subespecies de Walters. Pedersen, 1968, también mantiene el mismo espíritu para Dinamarca.

Un cambio fundamental se produce en 1975 con el interesante trabajo de McNeill quien haciendo investigaciones por varios métodos, usando cladística y observaciones personales, separa *Claytonia*, género exclusivo de Norte América, de *Montia* y establece las sinonimias. Considera 9 secciones (reduciendo los géneros de Nilsson) en las cuales ubica las 13 especies que considera válidas. De ellas 8 son endémicas de Norte América, dos árticas, una de Australia y Nueva Zelandia, 1 endémica de Sudamérica y 1 cosmopolita (*M. fontana* L.).

El número de secciones me parece excesivo para el número de especies, varias de ellas son monoespecíficas y otras reúnen sólo 2 especies. Al hallar una nueva especie en Colombia, por paradójico que parezca, resulta difícil ubicarla con precisión en una sección. La primera premisa no se puede mantener: “Inflorescens . . . umbellata or subcapitata” en oposición a “racemosa or cymona” . . . Son sólo cimas que pueden tener más o menos flores y ser más densas o más laxas según la ecología y la talla de la planta. La premisa es tan larga y tan complicada que dificulta el comienzo de la determinación. No es fácil establecer si las plantas son anuales o perennes, cuando hallo *M. fontana* viviendo en los páramos de Colombia y de Venezuela junto con *M. meridensis* y mi nueva especie. Forman cojines, a veces mezcladas, y pienso que aunque en la estación desfavorable las plantas aparentemente desaparezcan, “renacen” en la estación favorable a partir de las mismas partes subterráneas de la estación anterior. Las especies norteamericanas difieren de la sudamericanas y también de la australiana, pero la clave podría ser más simple y conducir al nivel específico.

Tal como Hooker lo expresó en 1847, pienso que *Montia fontana* es una especie cosmopolita, elemento pantemplado como lo indica Hedberg, (p. 255-256), refiriendo a Hultén quien publicó en 1958 la distribución en el Hemisferio Norte de 4 especies correspondientes a lo que hoy consideramos *M. fontana*. Hultén muestra en su mapa 239 una distribución litoral en Groenlandia, Canada, Alaska, Islas Aleutianas, continuándose insularmen-

1. En realidad *C. antarctica* Englemann ex Hegelmaier.

te en Asia y en Europa (Escandinavia, Gran Bretaña, Rusia ártica) y otra amplia, continental que asciende las montañas, en Europa Occidental hasta el Cáucaso. Además vive en Africa (Congo, Uganda, Kenya, Tanzania, Etiopía), Líbano, Siria en altitudes de 3.000 y hasta 4.000 m. En los Alpes a más de 2.300 m, en Escandinavia a unos 1.200 m.

En la zona antártica se la halla en Patagonia chileno-argentina, pasando por las islas subantárticas hasta Australia, Nueva Guinea y Nueva Zelanda, presentando una distribución geográfica clásica comparable a la de especies de *Juncus* y otras. Si bien en algunos casos la distribución geográfica litoral sugiere una planta introducida, su presencia en los páramos de Sudamérica y en las altitudes de Ecuador, Perú y Bolivia, alejada de Patagonia, sumada a la existencia de otras dos especies endémicas de Colombia y Venezuela en altitudes desde 3.300 m hasta 4.450 m, rechaza esta idea. Los páramos, que contienen las tres especies sudamericanas (Sumapáz) podrían considerarse como un centro de especiación. Aunque en modesta escala, podemos recordar la biogeografía de los géneros de *Espeletiinae* (*Compositae*) magistralmente expuesta en 1986 por J. Cuatrecasas. Similarmente, *Montia* vive en Sumapáz, Sierra Nevada de Santa Marta, Sierra Nevada del Cocuy y páramos de Mérida. *M. fontana* es la única especie que se distribuye a partir de este centro, hacia el S, en altitud sobre la Cordillera de los Andes hasta el NW de Argentina. La independencia de la distribución litoral y continental en el Hemisferio Norte (cf. Hultén) sugeriría, además migraciones intercontinentales anfiatlánticas.

**Taxonomía**

*Montia* L. Linnaeus, Sp. Pl. ed. 1. 1: 87. 1753; Gen. Pl. ed. 5. 38. 1754. Bentham et Hooker, Gen. Pl. 1: 159. 1862. Pax in Engler, Pflanzenfamilien ed. 1. 1 (3, 1b): 56. 1889. Pax u. Hoffmann in Engler, Ibid., ed. 2. 16c: 258-260. 1934. Eckardt in Melchior, Syllabus 2: 79, 90-92. 1964. Nilsson, Bot. Notiser 119: 265-266. 1966; Grana Palynologica 7: 279-363. 1967. McNeill, Can. J. Bot. 53: 803-804. 1975.

Sépalos dos (rarísimo 3), ovados, membranáceos, persistentes. Pétalos 5, hipóginos, soldados en la parte inferior. Estambres 3-5, insertos en la parte superior del tubo corolino. Ovario libre, súpero, 3-carpelar, 3-ovulado. Estilo incluso. Estigmas 3, papilosos. Cápsula 3-valvada, dehiscente longitudinalmente. Semillas suborbiculares, lateralmente comprimidas. Embrión periférico.

Hierbas nanas o pequeñas, glabras. Hojas comúnmente opuestas, subcarnosas. Flores pequeñas, nutantes, solitarias o en cimas. Viven en fuentes, lugares muy húmedos de regiones frías y templadas.

En las tres especies sudamericanas se observan **cleistogamia y variaciones en los ciclos corolinos y estaminales.**

**Clave de las especies**

- A. Lóbulos corolinos ovados o triangulares soldados por la base formando una corola subrotácea. Estambres generalmente 3 ..... 1  
*M. fontana*
- A. Lóbulos corolinos oblongo-espatulados, obtusos, angostados hacia la base, luego soldados en un tubo,  $\frac{1}{3}$  o algo más, de su longitud.
  - a. Borde foliar netamente cartilágineo, ápice obtuso o emarginado ..... 2.  
*M. meridensis*
  - a. Borde foliar angostamente cartilágineo, a veces inconspicuo, ápice truncado o anchamente obtuso con dos espículas ..... 3.  
*M. biapiculata*

**1. *Montia fontana*\* L.**

Fig. 1-A

Linnaeus, Sp. Pl. ed. 1. 87-88. 1753. Hooker f., Fl. Antarct. 1: 27. 1847; Fl. N. Zeal. Handb. 1: 27. 1864. Moseley, J. Linn. Soc. London 14: 387. 1875. Oliver, Ibid. 389. Hooker fl., Phil. Trans. Roy. Soc. London 168: 20. 1879. Urban, Jahrb. Konig. Bot. Gart. 4: 256-259, lám. 2, fig. 15-22. 1886. Kirk, Student's Fl. 65. 1899. Cheeseman, Fl. New Zeal. 72. 1906. Werth in Drygalski, Deutsch. Süd-Polar Exped. 8 (3): 228, fig. 3; 300-302. 1911. Schenk in Ibid., 101, 104, 111. 1928. Pax u. Hoffmann in Engler, Pflanzenfamilien ed. 2. 16c: 259, fig. 115. 1934. Walters, Watsonia 3: 1-6, lam. 1. 1953. Taylor, A.N.A.R.E. Rep. Ser. B2: 26. 1955. Hedberg, Symb. Bot. Upps. 15 (1): 268-269. 1957. Hultén, Kon. Sw. Vetensk. Ak. Handlig. ser. 4, 7 (1): 279, mapa 239. 1958. Cour, Bull. T.A. A.F. 4, 5: 13, 22, fig. 18. 1958. Allan, Fl. New Zealand 1: 220. 1961. Moore, Bot. Notiser 116: 16-20, Fig. 1,7. 1963 (incl. var.). Lourteig et Cour, C.N.F.R.A. (Publ.) 3: 65-70, mapa 63. 1963. Walters in Tutin, Fl. Europeae 1: 114-115. 1964. Nilsson, Bot. Notiser 119: 464-468. 1966. Pedersen, Bot. Tidskrift (Danmark) 63: 369-371. 1968 (incl. var.) McNeill, l.c. 806. 1975. Moore, Fl. Tierra del Fuego 95, fig. 61. mapa 8a. 1983. Anón Suárez in Correa (edit.), Fl. Patag. 4a: 188, 190, fig. 150. 1984.

**Tipo:** Europa LINN 106.1

*M. verna* Necker, Deliciae Gallo-Belgicae 1: 78. 1768.

*M. alsine-facie* Gilibert, Fl. Lithuanica 1: 122. 1782.

*M. minor* Gmelin, Fl. Badense 1: 301-302. 1805.  
**Tipo:** Karlsruhe V-VII.

*M. rivularis* Gmelin, l. c. 302-304. **Tipo:** Baden.

*M. erecta* Steudel, Nom. ed. 1. 538. 1821.

*M. linearifolia* D'Urville, Mém. Soc. Linn. Paris 4: 53-54. 1825. **Tipo:** Malvinas, Ile Soledad, Dumont D'Urville 110. P.

\* El epíteto alude a la ecología de la planta.

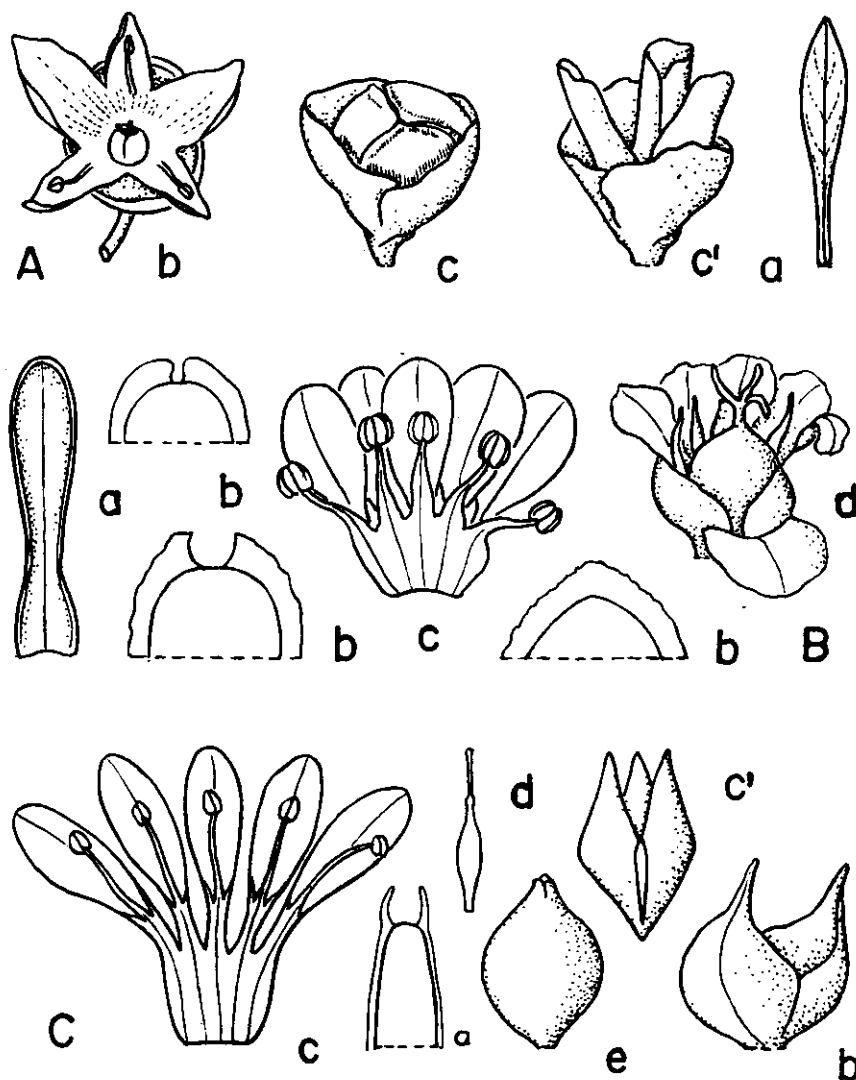


Figura 1. A, *M. fontana*: a, hoja x 5; b, flor x 10; c, fruto con cáliz x 10; c', fruto en dehiscencia x 10 (Lourteig et Cour P). B, *M. meridensis*: a, hoja x 5; b, ápices foliares x 10; c, flor abierta sin cáliz x 10; d, fruto inmaduro x 10. a, c, d copiadas de Friedrich; b, orig. (Cleef 7626 P.). C, *M. biapiculata*: a, ápice foliar x 10; b, cáliz x 10; c, corola y estambres x 10; d, pistilo x 10; e, fruto, c', fruto en dehiscencia x 10 (Cleef 5274 P).

*M. terrestris* Dumortier, Prodr. Florula Belgica 86. 1827. Tipo: Bélgica.

*M. lamprosperma* Chamisso, Linnaea 6: 564-565. 1831.

*M. pentandra* Willd. ex Chamisso, l. c. Tipo: Islandia, Thienemann.

*M. arvensis* Wallroth, Beitr. Fl. Hercyn. 177 et Linnaea 14: 547. 1840.

Tipo: Alemania, Harz.

*M. major* Steudel, l. c. ed. 2. 2: 159. 1841.

*M. tenella* Steudel, l. c.

*M. fontana* L. ssp. *chondrosperma* Fenzl in Ledebour, Fl. Rossica 2: 152. 1843. Tipo: Rusia.

*M. Chaberti* Gandoger, Fl. Lyon. 96. 1875.

*M. decumbens* St. Lager, Ann. Soc. Bot. Lyon 7: 130. 1880.

*Claytonia Hallii* A. Gray, Proc. Amer. Ac. 8: 378. 1887 = *M. Hallii* (Gray) Greene, Fl. Francisca-na 180. 1891.

*M. fontana* L. ssp. *lamprosperma* (Cham.) Lindberg, Medd. Soc. Fl. & Fau. Fenica 27: 18. 1901.

*M. fontana* L. ssp. *lamprosperma* (Cham.) Lindb. var. *boreo-rivularis* Lindberg, l. c.

*M. fontana* L. var. *intermedia* Beeby, Ann. Scot. Nat. Hist. 70: 104. 1909.

*M. fontana* L. ssp. *amporitana* Sennen, Bull. Géogr. Bot. 21: 110. 1911.

Tipo: España, Palau, Sennen 354.

*M. lusitanica* Sampaio, Ann. Sci. Ac. Polyt. Porto 7: 52. 1912; Herb. Portug. 85. 1913.

*M. rivularis* Gmelin f. *aquatica* Glück, Beihefte Bot. Centralbl. 39 (2): 326. 1923.

*M. rivularis* Gmelin f. *terrestris* Glück, Ibid., 327.

*M. limosa* Decker, Verh. Bot. Ver. Branderburg 69: 59. 1927.

*M. fontana* L. ssp. *chondrosperma* (Fenz) Walters, l. c. 4, lám. 1, fig. 1. 1953.

*M. fontana* L. ssp. *intermedia* (Beeby) Walters, l. c. fig. 2.

*M. fontana* L. ssp. *variabilis* Walters, l. c. fig. 3, 4. Tipo: Inglaterra, Pembroshire, N. of Tedion Mt., Martletwy, E. Milne-Redhead 22 VI 1952 CGE.

Hierba pequeña. Hojas opuestas decusadas, elípticas o linear-espatuladas, decurrentes en vaina hialina (5-15 x 1-1,5 mm), margen a veces hialino, obtusas o agudas con un hidátodo en el ápice, Nervadura central, secundarias 4-6, laterales curvo-ascendentes, anastomosadas cerca del margen. Cimas 1-4-(5)- flores terminales o axilares no mayores que el follaje. Pedicelos rectos ( $\pm$  3 mm) ensanchados hacia el ápice, acrescidos en el fruto h. 1,5 mm. Brácteas hialinas blanquecino-verdosas (1,5 - 3 x 1, 5-2,5 mm), ovadas, agudas o apiculadas, borde ondulado. Sépalos dos, bracteiformes, hialinos, verdosos (1-2,5 x 1-2,5 mm), anchamente obovado-truncados o suborbiculares. Pétalos blancos, 3-4, lineares a oblongo-espatulados (3,5 x 0,75 mm) soldados en la base, obtusos a subtruncados. Estambres 3-4 (2-2,5 mm), anteras lineares. Ovario globoso u oboideo ( $\pm$  0,75-1,25 mm), 3-ovulado. Estilo (h. 0,5 mm) 3-fido, ramas estigmáticas (0, 3-0,75 mm) papilosas. Cápsula globoso-aplanada (1,5-3 mm), 3-valvada, cubierta en parte por los sépalos; valvas suborbiculares, mucronadas, fuertemente estriadas longitudinalmente. Semillas negras, reniforme-suborbiculadas aplanadas (1-1,5 mm), brillantes, lisas o muricadas, prominencias redondeadas o agudas, mostrando el diseño característico en bandas concéntricas.

Urban estudió la dehiscencia del fruto: "La cápsula está dentro del cáliz, menos largo que él, un carpelo frente a un sépalo, los otros dos frente al otro sépalo. Las 3 semillas, fijadas por la base convexa, se tocan entre sí, separándose hacia el ápice. La línea de soldadura por la cual va a producirse la dehiscencia loculicida es visible. La dehiscencia comienza por el ápice yendo hacia la base; unos instantes después la valva se enrolla de arriba abajo, por sus bordes, ejerciendo una fuerte presión sobre las semillas, a la cual también participan los sépalos que llegan a extenderse hacia el exterior empujados por las valvas que quedan unidas abajo por una membrana que no participa a la dehiscencia. La presión vence incluso la resistencia de las protuberancias de la testa seminal y la semilla es "catapultada" 10 minutos después de la dehiscencia. Las semillas alcanzan una altura de 60 cm y se proyectan en radios de 50 a 80 cm y aún 150 a 200 cm (por la noche menos que durante el día). La humedad cierra la cápsula; el primer día después de la lluvia se proyectan en gran número".

"Los pedicelos se encorvan hacia abajo cuando los pétalos salen del botón floral, se yerguen durante la antesis para recurvarse después hacia el agua, creciendo de 2 a 3 mm hasta 12 mm a la madurez del fruto. Los pétalos soldados en la parte inferior son tempranamente caducos, se enroscan después de la antesis y a menudo simultáneamente se desprenden, golpean contra los sépalos, marchitan y caen (arrastrando los estambres soldados) muy fácilmente si el pedicelo ya está incurvado hacia abajo.

Los movimientos de los pétalos, contrariamente a los de las semillas se producen igualmente bajo el agua". (Traducción).

He observado movimientos de los pedicelos, similares, en *Mayaca* y en *Limosella*.

Con el fin de evaluar el carácter de la testa seminal, que justificaría los taxa infraespecíficos, hice observaciones sobre semillas basándome en el trabajo de Walters que ilustra 5 semillas. De ningún modo mis observaciones tienen valor estadístico porque el número examinado es pequeño y tampoco representa la totalidad de una región. Observé:

1) semillas de regiones muy alejadas; 2) colecciones de una misma localidad (Kerguélen). Para el entendimiento, uso los números de las figuras del del trabajo de Walters: 1 = ssp. *chondrosperma*; 2 = ssp. *intermedia*; 3 = ssp. *variabilis* (con tubérculos notables en el dorso); 4 = ssp. *variabilis* (tubérculos planos en el dorso de la semilla); 5 = ssp. *fontana*.

Procedencia	No. colec.	Subsp.
Argentina	1	1
	1	2
Bolivia	3	5
	2	1
Colombia	1	1 ó 2
	1	1
	8	5
Perú	2	1
	4	5
Uruguay	2	2
	2	1
Nueva Zelandia	6	5
Tasmania	1	5
Islas Subantárticas: Possession	2	1
	1	5
" "	Ile de l'Est	1
" "	Kerguélen, Port	2
	Christmas	1
" "	Kerguélen. Port	2
" "	Jeanne d'Arc	2

En conclusión: no hay relación entre la distribución geográfica y/o la altitud y el brillo o la superficie de la testa seminal, únicos caracteres sostenidos para separar las subespecies.

Material estudiado. VENEZUELA. Táchira. Páramo Batallón (Laguna Larga), *Stergios* 875 29 XII 1976 P. PORT.

COLOMBIA. Boyacá. Sierra Nevada del Cocuy, Alto Valle Lagunillas, NNE de Laguna Pintada, 4005 m, *Cleef & Florschütz* 5730 2 X 1972 COL, P. Pisva, de Socha a La Punta, Alto de Granados, 3650 m, *Cleef* 4535 14 VI 1972 COL, P. min. parte, U. Sierra Nevada del Cocuy, 4025 m, *Cleef & Florschütz* 5963 7 X 1972 COL, P. Páramo Pisva, 3580 m, *Cleef* 4410 11 VI 1972 COL, P. Ib., 3535 m, ipse 4279 9 VI 1972 COL, P. Caldas. Ne-

vado del Ruiz y de Santa Isabel, 4140—4300 m, *Rangel et al.* 1815 10 X 1970 COL, Nevado del Ruiz, 4 KM NNE cono Volcán de la Olleta, 4150 m, *Cleef & Florschütz* 6015 X 15 X 1972 COL, P. Nevado del Ruiz, 3630 m, *Cleef & Hart* 2490 19 III 1972 COL. Cauca. Volcán Puracé, Cabecera Río Vinagre, El Alfombrado, 3800 m, *Cleef & Fernández Pérez* 619 7 I 1972 P. Cundinamarca. Páramo de Sumapaz, Alto Caicedo, Entre Andabobos y Media Naranja, *Cleef & Hart* 2603 23 III 1972 COL, p. min. parte, U. Páramo Andabobos, 3800 m, *Cleef* 1706 p.p. 12 II 1972 P, U. Quebrada Chuza, 3750 m, *Cleef* 5364 30 VIII 1972 COL, P. Páramo de Palacio, 3670 m, *Cleef* 5410 9 IX 1972 COL, P. Meta. Páramo Sumapaz, 3405 m, *Cleef* 8286 24 I 1973 COL, P. Ib., Hoya Sitiales, Laguna Primavera, 3540 m, *Cleef* 1029 25 I 1972 COL, P, U. Santander. Edge of Páramo de las Vegas, 3300—3700 m, *Killip & Smith* 15728 20—21 XII 1926 COL, F, US. Tolima. Limite inférieure nivis, *Goudot* 1 IX 1844 P.

ECUADOR. Pichincha, 4000 m, *Ed. André* 3 VII 1896 F. Quito, Couthouy BM.

PERU. Sachapata, *Lechler* 2688 IX 1854 P. Puno. San Antonio de Esquilache, 15500 ft., *Staford* 713 11 V 1937 F. Cuzco. Paso Tres Cruces, Cerro Cusilluyoc, 3600—3800 m, *Pennell* 13908 3 V 1925 F, US. La Raya, 4300—4500 m, *Pennell* 13499 22 IV 1925 F. Tambo de Vaca, 13000 ft., *Macbride & Featherstone* 1831 1—5 VIII 1922 F.

BOLIVIA. La Paz. Murillo, 12 Km bajando a Unduavi, 4100 m, *Beck* 8440 12 VI 1983 LPB, P. Larecaja, Vic. Sorata, etc. *Mandon* 1004 VIII 1859—IV 1860 P. B. Saavedra, Estancia Jorobo, 4600 m, *Menhofer* 2045 26 II 1983 LPB, P. Arriba de Amarate, 4150 m, ipse 25 IV 1983 LPB, P. La Paz, N Yungas near Unduavi, 2900 m, *Eyerdam* 25399 15 IV 1939 F.

ARGENTINA. Jujuy, Rinconada, Mina Pirquitas, 4300 m, *Schwabe et al.* 825 1 III 1964 LP. Neuquén. Zapala, 1000 m, *Ammann* 92 IX—XI 1927 F. Tierra del Fuego. Isla de los Estados, Bahía Valentín, *Dudley et al.* 374 16 X 1971 NY, P. Malvinas. *J.D. Hoocker* a. 1839—1843 BM, GH, K, P. *Lesson P. Jacquinet et Hombron*, P. Ile Soledad, *D'Urville* 110 P. Seal Rocky, *Ulibarri* 1100 17 II 1979 SI. *Nichol s.d.* BM.

URUGUAY. San José. Barra de Santa Lucía, *Herter* 647 18 IX 1927 F. *Durazno*. Blanquillo, ipse 647a IX 1947 F.

CHILE. Valparaíso, *Bertero* 1792 VIII 1830 P. Cordillera de los Patos, 1300 m, *Gay* 574 I 1837 P. Santiago, Odessa, *Gay* 557 XI 1829 P. Hermite Island, Cape Horn, *Hooker* a. 1839—1843 P. Concón, *Poeppig* 135 VIII P. Antuco, ipse 728 IX . . . P. Pr. Concepción, *Philippi* 250 IX . . . P.

TASMANIA. *Gunn*, P.

NUEVA ZELANDIA. Wellington, *Filhol* a. 1875 P. Mont Hector Amuri 3000 ft. *Filhol* a. 1875 P. Presqu'île Banks, *Raoul* a. 1843 P. South Island, Mount Forlesse, 4000 ft., *Travers* IV 1909 P. Aucklands. Sandy Bay, *McCormick* 1 XII 1840 BM. Deer Head, *McCormick* 30 XI 1840 BM. Enderley Island, *McCormick* 3 XII 1840 BM. *Hooker*

a. 1839—1841 BM, G, S, UPS. *Campbell. Hooker* a. 1839—1841 BM, E, G, GH, K, *Macquaris. Taylor* 10 III 1951 K. *Laird* 48 2 II 1949 K. *Ib.*, ipse 49 11 XII 1949 K.

SOUTH GEORGIA. Cumberland Bay, Bove Valley, 400', *Bonner* 46 15 III 1960 BM.

MARION. *Moseley* XII 1873 K, P. (p. p. *Crasula moschata*).

CROZET. Possession. *Procter* 1 I 1960 BM. American Bay, *A.R.E.* B42 3 XI 1929 BM. Station Pompage, *Segonzac* 49 8 III 1969 P. Au-dessus Pointe Liotard, *Lourteig* 2422 22 II 1969 P. Baie Américaine, Vallée des Branloire, 2445 2 III 1969 P. Ile de l'Est. Vallée du Naufrage, *Segonzac* 88 10 II 1971 P. Baie de l'Aventure, *Hébrard* II 1969 P.

KERGUELEN. *Procter* 6, I 1960 BM. Christmas Harbour, *McCormick* a. 1840 BM, E, MO. *Ib.*, *Hooker* 772 V 1840 K. *Hooker*, a. 1839—1843 BM, G, GH, K, P. Transit Exp. *Eaton* a. 1874—1875 BM, E. *Moseley* I 1874 BM, E, K, P. *Kidder*, Venus Exp. GH. *Boissière* a. 1908—1909 P. Port Christmas, Pen. Loranchet, *Jolinon et Bélépine* 674 10 I 1984 P. *Ib.*, ipsi 678, 679 12 I 1984 P. Presqu'île Jeanne d'Arc, *Lourteig et Cour* 221 4 I 1964 P. Jeanne d'Arc, *A. R. E.*, B162 9 II 1930 BM. Région du Port Jeanne d'Arc, *Aubert de la Rüe* III 1931 P. *Ib.*, ipse III 1931 P. Port aux Français *Jolinon* 21 II 1959 *Ib.*, Penins. Courbert, *Aubert de la Rüe* 5 I 1950 P. Gravelly slopes, 300 ft., *Kirk* 256 17 XII 1874 P. *Rallier du Baty*, Exp. La Curieuse 23 I 1915 P. Ile Forch, *Lourteig* 2400 13 II 1969 P. *Val Studder*, ipse 2405 14 II 1969 P.

## 2. *Montia meridensis*\* Friedrich Fig. 1-B

Friedrich, Mitt. Bot. Staatssm. München 1 (9—10): 457—458, fig. 1954. Mc. Neill, Can. J. Bot. 53: 804. 1975. Tipo: Venezuela, Mérida Laguna Mucubají, 3750 m, *Vareschi* 2096 10 XI 1952 M.

*Mona meridensis* (Fried.) Nilsson, Bot. Notiser 119: 267—274, fig. 1—2. 1966.

Hierba cespitosa formando pequeños cojines (2—3 mm alto), subacaule o con tallos delgados, procumbentes (h. más de 20 cm), radicantes. Hojas, raro alternas en la base, opuestas; lámina linear — o elíptico—espatulada (3—20 x 0,75—2,5 mm), decurrente en vaina hialina, a menudo ensanchada hacia la base (h. 1,5 mm); margen hialino o escariñoso, angosto (h. 0,25 mm), liso o irregular, a veces interrumpido en el ápice, dando a la hoja aspecto de retusa o emarginada, los ángulos del margen redondeados o agudos; un hidátodo en el ápice obtuso o subtruncado; narviación semejante a la de *M. fontana*, 4—5 venas laterales, finas, alternas anastomosándose en una marginal. Cimas 1—3—floras, reunidas en cimas umbeliformes compactas, hasta 15—20—floras. Brácteas primarias y secundarias ovadas, acuminadas, membranosas, hialinas, agudas, borde en parte irregular (5—7 x 2—2,75 mm). Pedúnculos 7—10 mm. Pedicelos (2—5 mm) acresci-

\* El epíteto recuerda la localidad del tipo.

dos en la fructificación. Sépalos 2, obovados o suborbiculares, hialinos, cóncavos (1,5–3 x 2–3 mm). Pétalos blancos, oblongo— u obovado—espatulados (2,5–3,5 x 1–1,2 mm en la parte más ancha) soldados en la base en un tubo, poco menos de 1/3. Estambres 5, insertos en la parte superior del tubo, poco más corto que los pétalos (1–1,5 mm); filamentos ensanchados hacia la base. Ovario elipsoide u oblongo-elipsoide (1,5–1,75 mm), 3—ovulado. Estilo erguido (1 mm). Estigmas 3, papilosos ( $\pm$  0,3 mm). Cápsula 3—carpelar, 1—locular, 3—seminada, elipsoidea (2,5–3,5 mm de alto), longitudinalmente estriada, 3—valvada, valvas agudās. Dehiscencia completa desde el ápice hasta la base. Semillas 3, negras, brillantes, orbicular-asimétricas o reniformes (2 mm), diseño alveolado uniforme, finísimo.

**Distribución geográfica.** Hasta ahora conocida para Venezuela, la especie es frecuente en los páramos colombianos dentro de una latitud considerable, entre 3300 y 4500 m de altitud.

**Material estudiado.** COLOMBIA. Arauca. Sierra Nevada Cocuy, Boquerón del Cursí, Cleef y Florschütz 5744 1 X 972 COL, P, U. Cabeceras de la Quebrada El Playón, 4350 m, Cleef 9063 10 III 1973 COL, P. Ib., Patio Bolos, 4360 m, ipse 9000 9 III 1973 COL, P. Ib., 4250 m, ipse 8885 7 III 1973 COL, P, U. Boyacá. Sierra Nevada del Cocuy. Ab. Quebrada de las Playas, 4100 m, Grubb, Curry & Fernández-Pérez 285 6 VIII 1957 K. Boquerón del Curisí, 4315 m, Cleef 8088 5 III 1973 P, U. Ib., 4315 m, ipse 8812 5 III 1973 COL, P, U. Alto Valle de Lagunillas, Cuchilla Puentepiedra, 4430 m, ipse 5716 30 IX 1972 COL, P. Entre Páramo El Cóncavo y Hoya de la Bocatoma, 4450 m, ipse 8719 2 III 1973 COL, P. Mun. Güicán, arriba Hacienda Ritacuba, 4300 m, O, Vargas 14 13 VIII 1979 COL. Caldas. Cordillera Central, entre Finca Buenos Aires y Laguna Verde, 4020–4350 m, Rangel et al. 1779 9 x 1978 COL. Alrededores del Nevado del Ruíz y de Santa Isabel, 4140–4300 m, ipsi 1815 10 X 1978 COL. Caldas—Tolima. Cordillera Central, Nevado Ruíz, 4400 m, Barclay y Juanjiboy 6329 7–21 XII 1958 COL, US. Cundinamarca. Mun. Fomeque, Páramo Chingaza, 3300 m, Huertas y Camargo 6059 13 I 1965 COL. Magdalena. Sierra Nevada de Santa Marta. Lagunas Naboba, Mamitos y Mamo, 4200–4300 m, Cuatrecasas y Romero-Castañeda 24576 3, 4, 5 X 1957 COL, US. Hoya del Río Donachuí, Laguna de Calocribe, 3600–3700 m, ipsi 24545 30 IX 1957 COL. Meta. Páramo de Sumapaz, Cerro Nevado de Sumapaz, 4050 m, Cleef 1533 31 I 1972 COL, U. Ib., 4300 m, ipse 1307 30 I 1972 COL, P. Ib., 3470 m, ipse 7726 12 I 1973 COL. Ib. Hoya Sitiales, 3540 m, ipse 1030 25 I 1972 COL. Ib., 4250 m, ipse 7626 11 I 1973 P. Tolima. Cordillera Central, Mun. Santa Isabel, Paso El Otún a la Quebrada Africa, afl. Río Totarito, 4400 m, R. Jaramillo et al. 6215 7 II 1980 COL.

VENEZUELA. Mérida. Ca. Laguna de Mucubají,  $\pm$  3750 m, Aristeguieta 921 XI 1952 F, US. Páramo de Mucubají, ca. Laguna Negra, 3500 m,

Poelt & B. y F. Oberwinkler 14997 16 III 1969 M. Apartaderos-Timotes, ca. El Aguila, 3900 m, B. y F. Oberwinkler 12959 3 x 1958 M. Laguna Mucubají, 3750 m, Vareschi 2096a 10 XI 1952 M. Ib., ipse 2096 10 XI 1952 M, S. d., ipse 1238 M. Mucubají, ca. manatiales, ipse 2086b 10 XI 1952 US.

**OBSERVACIONES:**

1. El espécimen Barclay et al. 6329 es probablemente cleistógamo. No ví flores abiertas; los estambres (nunca 5), son más cortos, 3 en un caso, uno corto y con antera gruesa. Las cápsulas aparecen normales y algunas en primera faz de dehiscencia.
2. No he podido examinar el espécimen citado por Nilson, l. c., e ilustrado: Colombia, Sierra Nevada, 2500 m, M.T. Dawe 718, 1917 K, por no haber sido localizado en el herbario de Kew.
3. *Montia biapiculata\** Lourt. sp. nov. Fig. 1-C

Herba exigua. Caule repente (usque 10 cm) pulvinos hemisphaericos formans ( $\pm$  3 mm alto). Folia linearia vel lineari-elliptica (8 x ca. 1 mm) plerumque asymetrica in vagina versus basim dilatata (usque 2,5 mm); margine angustissima scariosa; apex truncatus cum spiculam in eadem angulum; spiculae scariosae, acutae (usque 0,5 mm); raro bifidae. Cymae 3–5—floreae duabus bracteis hyalinis, ovatis ( $\pm$  4 x 4 mm) munitae. Pedunculi recti (3–5 mm). Sepala 2, bracteiformis, ovata, hyalina, concava, obtusa vel acuta, ad basim connata. Petalo 5, spathulata (3–3,5 x 0,7–1 mm) ad basim connata in tubo minus 1/3 longo, obtusa. Stamina 5, inclusa, longitudine 3/4 corollae acquantia ad tubum connata; filamenta complanata, versus basim dilatata; antherae subcordatae. Ovarium in gynophoro insertum (1,5–2,5 mm); stylo filiformi (0,5–1 mm), 3—fido, rami ( $\pm$  0,2 mm) papilloso. Capsula in formam duorum conorum basibus junctorum (2–2,5 mm) sepalis abscondita, 3—valvata; valvae rigidae, ellipticae, striatae. Semina 3, nigra, nitida, reniformi-orbicularia ( $\pm$  1 mm).

Typus: COLOMBIA, Sumapaz, Hoya Sitiales, 3540 m, Cleef 1022 25 I 1972. Holótipo P. Isótipos, COL, U.

Planta pequeña. Tallo rastrero (h. 10 cm) que forma cojines bajos ( $\pm$  3 mm alto). Raíces finas, fibrosas. Hojas lineares o linear-elípticas (8 x ca. 1 mm) generalmente asimétricas, ensanchadas hacia la base en vaina hialina (h. 2,5 mm); bordes angostísimos escariosos; ápice truncado con un hidátodo y una espícula en cada ángulo; espículas escariosas (h. 0,5 mm, excepcionalmente una 1,5 mm, capiliforme), a veces bifidas, agudas curvas. Cimas 3–5—floras en brácteas hialinas, ovadas ( $\pm$  4 x 4 mm), obtusas o agudas, borde irregular, Pedúnculos rec-

\* El epíteto alude al carácter foliar.

tos (3–5 mm). Flores blanquecinas, rosadas o anaranjadas (fide coll.). Sépalos 2, grandes, bracteiformes, ovados (2,5–4 x 2 mm), verdosos, hialinos, cóncavos, soldados en la base, obtusos o agudos, borde irregular. Pétalos 5, espetulados (3–3,5 x 0,7–1 mm en la parte superior) soldados en un tubo hasta algo menos de 1/3, obtusos. Estambres 5, inclusos (largos como 3/4 de la corola) soldados al tubo corolino; filamentos aplanados, ensanchados hacia la base; anteras subcordadas, pequeñas. Gineceo 3—carpelar, 3—locular, 3—ovulado, inserto sobre un ginóforo; el conjunto fusiforme (1,5–2,5 mm); estilo articulado en la prolongación del ovario, filiforme (0,5–1 mm); 3—fido, ramas ( $\pm$  0,2 mm) con papilas estigmáticas. Cápsula en forma de trompo (2 conos unidos por su base) 2–2,5 mm), cubierta por los sépalos; 3 valvas rígidas anchamente elípticas, cortamente apiculadas, longitudinalmente estriadas. Semillas 3, negras, brillantes ( $\pm$  1 mm), reniformes u orbiculares; son las más lisas de todas las especies sudamericanas.

**Distribución geográfica.** En lugares mojados, pantanosos, turberas, vegetación flotante de los páramos. Hasta ahora sólo conocida en Colombia.

**Material estudiado, COLOMBIA.** Cundinamarca. Sumapaz, Chisacá, 3625 m, *Cleef 5274* 25 VIII 1972 COL, P. Ib., Alto Caicedo, 3845 m, *Cleef y Huber 4823* 6 VII 1972 COL, P. Páramo Palacio, 3580 m, *Cleef 275* 16 XII 1971 COL, P. Páramo Sumapaz, Andabobos, 3800 m ipse *1706* p.p. *M. fontana* 12 II 1972 P, U. Meta. Sumapaz, 4130 m, *Cleef 7944* 16 I 1973 COL, P. Ib., Hoya Sitiales, 3540 m, *Cleef 1030* 25 I 1972 COL, P. Ib., ipse *1022* 25 I 1972 COL, P.

#### *Montia australasica* (Hook. f.) Pax et Hoffmann

Pax et Hoffmann in Engler u. Harms, Pflanzenfamilien 16c: 259. 1934. Mc Neill, Can. J. Bot. 53: 805. 1975.

*Claytonia australasica* Hooker F., in Hooker, Icon. Plant. lám. 293. 1840.

Esta especie se distingue bien de las sudamericanas especialmente por sus flores mucho más grandes. Es endémica de Australasia.

#### Bibliografía

- Almqvist, S., 1885. Ueber des Blütendiagram von *Montia*. Bot. Centralbl. 21: 91-95, fig. 1-8.
- Añón Suárez, D., 1984. *Portulacaceae* in Correa, M. (Edit.), Flora Patagónica 4a: 188-194, fig. 132-158. Buenos Aires.
- Coste, H., *Portulacaceae* 1903. in Flora descriptive et illustrée de la France de la Corse et des contrées limitrophes 2: 95-96, 3 fig. París.
- Cuatrecasas, J., 1986. Speciation and Radiation of the *Espeletiinae* in the Andes in High Altitude. Tropical Biogeography 287-303, fig. 1-22, Oxford.
- Friedrich, H.C., 1954. Neufunde aus Venezuela. Mitt. Bot. Staats. München 1: 457-458, fig.
- Hedberg, O., 1965. Afroalpine Flora Elements. Webbia 19: 519-529.
- Hooker, J.D., 1847. The Botany of the Antarctic Voyage of H.M. Discovery ship Erebus and Terror, on the years 1839-43, . . . . Part 2: Botany of Fuegia, the Falklands, Kerguelen's Land, etc. 278. London.
- 1847. *Ibid.*, Lord Auckland's and Campbell's Islands p. 13.
- Hulten, E., 1958. *Montia rivularis* Gmel., in The Amphiatlantic Plants and their phytogeographical connections. Kung. Sv. Vetensk. Ak. Handligar ser. 4. 7 (1): 279, mapa 239. Stockholm.
- Jovet, P. et R. de Vilmorin, 1974. Second Supplément à la Flore de COSTE 121. París.
- Lourteig, A. et P. Cour, 1963. Essai de distribución géographique des plantes vasculaires de l'Archipel de Kerguelen. C.N.F.R. A. (Publ.) 3: 65-70, mapas 1-11.
- McNeill, J., 1974. Synopsis of a revised classification of the *Portulacaceae*. Taxon 23: 725-728.
- 1975. A generic revision of *Portulacaceae* tribe *Montieae* using techniques of numerical taxonomy. Can. J. Bot. 53: 789-809, fig. 1-8.
- Moore, D.M., 1963. The subspecies of *Montia fontana* L. Bot. Notiser 116: 16-30, fig. 1-2.
- 1965. *Portulacaceae* in flora of Tierra del Fuego 95, fig. 61, mapa 7. Oswestry, England.
- Nilsson, O., 1966. Studies in *Montia* L. and *Claytonia* L. and allied genera. I. Two new genera, *Mona* and *Paxia*. Bot. Notiser 119: 265-285, fig. 1-6.
- 1966. *Ibid.* I. Correction and additions. Bot. Notiser 119: 469.
- Pax, F., 1889. *Portulacaceae* in ENGLER, A. & K. PRANTL, (Edit.), Die Natürlichen Pflanzenfamilien ed. 1. 3 (1 b): 51-60, fig. 20-22. Leipzig.
- Pax, F. & K. Hoffmann, 1934. *Portulacaceae* in ENGLER, A. u. HARMS, H. (Edit.) Die Natürlichen Pflanzenfamilien ed. 2. 16c: 234-262, fig. 104-116. Leipzig.
- Pedersen, A., 1968. Tre underarter af *Montia fontana* i Danmark. Bot. Tidsskr. 63: 369-371.
- Skottsberg, C., 1916. *Portulacaceae* in Botanische Ergebnisse der Schwedischen Expedition nach Patagonien und dem Feuerlande 1907-1909. V. Die Vegetationsverhältnisse Längs der Cordillera de los Andes S. von 41° S. Br. 211-212. Stockholm.
- Urban, I., 1886. Ueber die Schleudereinrichtung bei *Montia minor* in kleinere Mittheilungen über Pflanzen . . . . Jahrb. Königl. bot. Hart. u. bot. Museums Berlin 4: 256-259, lám. 2, fig. 15-22.
- Walters, S.M., 1953. *Montia fontana* L. Watsonia 3: 1-6, fig. 1-5.
- 1964. *Montia* in TUTIN, T.G., Flora Europaea 1: 114-115. London.
- Werth, E., 1911. Die Vegetation der Subantarktischen Inseln, Kerguelen, Possession- und Heard-Eilend. II. in DRYGALSKI, E. v., Deutsche Südpolar-Expedition 1901-1903 . . . . B. Botanik 221-371, fig. 1-18, lám. 21-25 (1 col.). Berlin u. Leipzig.

# BIS-1, 3-BENZOAXINAS: Retrospectiva y perspectivas\*

por

Augusto Rivera Umaña\*\*

## Resumen

Rivera, A.: Bis-1, 3- Benzoaxinas: retrospectiva y perspectivas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 49-52, 1991. ISSN 0370-3908.

Se proporciona información acerca de la síntesis de 1-3 Bis- benzoaxinas y sobre los ensayos biológicos realizados en ratones y en larvas de insectos con estas sustancias y con sus respectivos clorhidratos para establecer una posible actividad antimicrobiana.

## Abstract

Information on the synthesis and biological activity of 1-3 Bis-benzoaxines is given. The latter was studied on mice and insect larvae in search for a possible antibiotic activity.

Considerada por muchos como un proceso creativo casi artístico, la síntesis orgánica ha venido desarrollándose muy rápidamente desde mediados del siglo XIX, propiciando la obtención de varios cientos de miles de sustancias y contribuyendo al mejor entendimiento de la Química Orgánica.

Por lo general, cuando el químico plantea el diseño y aborda la ejecución de una reacción sintética, lo hace (entre otras razones) con el propósito de obtener nuevas sustancias que ofrezcan con su empleo, algún beneficio a la humanidad.

Dentro de una amplia variedad de sustancias de las que llamamos orgánicas, cuya síntesis ha sido

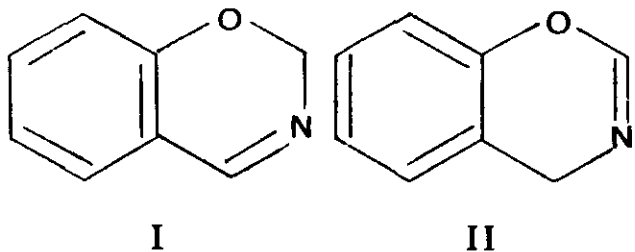
efectuada con miras a contribuir en la solución de problemas inherentes a la salud, están las 1, 3-benzoxazinas (BOAs) que se han perfilado en los ensayos farmacológicos como: antiinflamatorias, vasodilatadoras, anticonvulsivantes, antipiréticas, analgésicas, espasmolíticas, hipoglicemiantes, antihelminéticas (1-17) entre otras muchas actividades informadas en la literatura.

Estructuralmente hablando, las 1, 3-benzoxazinas pueden presentar dos formas isómeras las cuales, según la IUPAC (18), se pueden nombrar como: 2H-1, 3-benzoxazina (I) o como 4H- 1, 3-benzoxazina (II).

De éstas se derivan por saturación del doble enlace, las 2, 3-dihidro-4H- 1, 3-benzoxazinas y las 3, 4-dihidro-2H- 1, 3-benzoxazinas que en realidad son indistinguibles y, puesto que en la literatura sobre el tema, quizá arbitrariamente, se encuentran casi siempre nombradas de la última for-

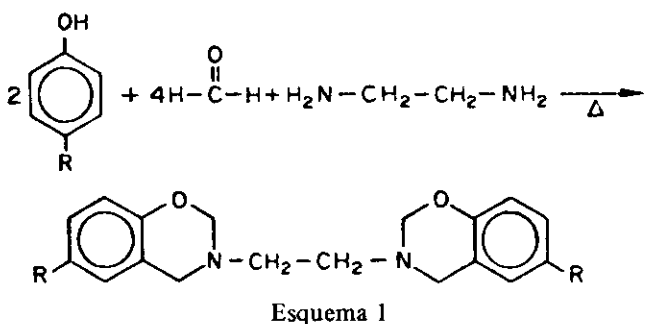
\* Estudio científico pronunciado en el recinto de la Academia el 13 de junio de 1990 con ocasión de su posesión como académico correspondiente.

\*\* Departamento de Química, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.E.

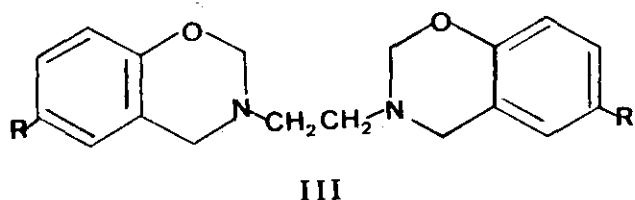


ma, para los propósitos de este escrito se usará esta manera cuando a ellas haga alusión.

En cuanto a la obtención de las 3, 4-dihidro-2H-1, 3-benzoxazinas aunque no puede generalizarse sobre las condiciones bajo las cuales debe efectuarse la síntesis, pues varían según diversos factores, el método más ampliamente utilizado es el que implica una reacción de condensación tipo Mannich, entre un fenol p-sustituido, formaldehído y una amina primaria; descrito inicialmente por Burke (19, 20) (esquema No. 1).



Cuando la amina primaria es difuncional, la reacción de condensación se efectúa a través de ambos grupos amino y los productos obtenidos son bis-1, 3-benzoxazinas (BISBOAs) del tipo 3, 3-etilenbis (3, 4-dihidro -6-R-2H-1, 3-benzoxazina) (III).

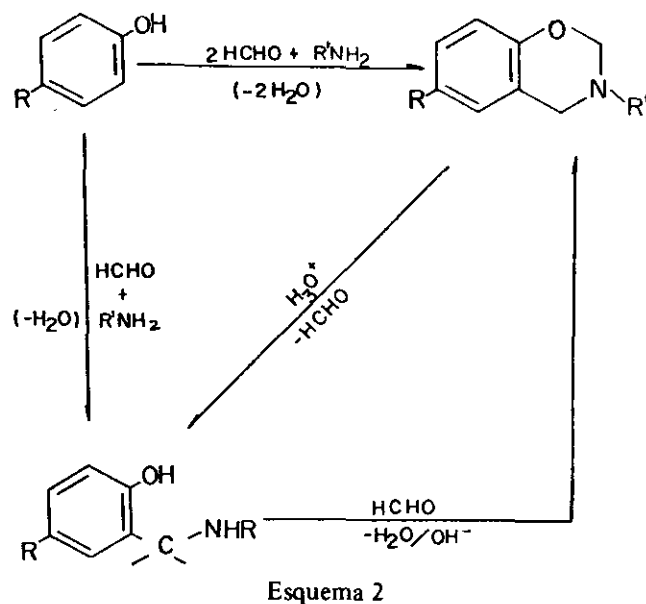


Como se deduce al comparar las respectivas fórmulas, las BOAs y las BISBOAs son muy similares estructuralmente y por ende, podría suponerse que estas últimas presentan la misma gama de acciones farmacológicas que las primeras.

Con base en los criterios expuesto y dado que Arteaga y colaboradores (1) informaron que el clorhidrato del compuesto III (R = Cl) había presentado actividad antimicrobiana satisfactoria contra los gérmenes de control elegidos, encontrando inclusive que es mayor que la de antibióticos tales como tetraciclina o ampicilina empleados como patrón de comparación, es que, desde hace varios años hemos venido trabajando en la síntesis de BISBOAs pudiendo coronar con éxito la de 30 nuevas

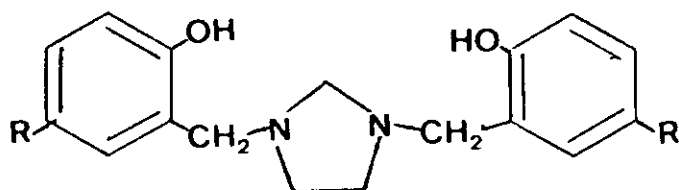
sustancias de este tipo. De esta manera, hemos logrado contribuir no sólo a mejorar el conocimiento de la química de estos compuestos, sino también a establecer los fundamentos de una línea interdisciplinaria que teniendo su punto alfa en la química sintética y pasando a través de las diferentes áreas de la química farmacéutica, alcance su omega en la medicina clínica.

Sin embargo, desde el comienzo de la investigación en este campo de la síntesis, se nos planteó la inquietud de si los resultados obtenidos por Arteaga y colaboradores eran debidos en realidad a la BISBOA *per se* ó a artefactos producto de hidrólisis, pues se conocían (21) informes que indicaban que las BOAs sufren hidrólisis al ser tratadas con ácido clorhídrico en las condiciones en que normalmente se preparan los clorhidratos, produciendo bases de Mannich, a la vez que se libera un mol de formaldehído por apertura del anillo heterocíclico (esquema No. 2).



Para aclarar este cuestionamiento, se sintetizaron (22) algunas BISBOAs con la intención de obtener los respectivos clorhidratos de diversas maneras, incluida la tradicional. Bajo ninguna circunstancia se pudieron preparar y en todos los casos se comprobó la formación de compuestos con grupos hidróxilo fenólico libres. Una vez verificada la similitud del comportamiento químico que frente a los ácidos tienen entre sí las BISBOAs con las BOAs, se procedió a esclarecer lo pertinente a la actividad antimicrobiana, que como es lógico, estaba en entredicho. Para ello, se sintetizó (23) (24) (25) una serie de BISBOAs derivadas de p-hidroxibenzoatos de alquilo (III; R = -COOR'; R' = alquilo) de la serie homóloga C<sub>1</sub> - C<sub>8</sub> y tres de sus isómeros (C<sub>3</sub> - C<sub>5</sub>) de cadena ramificada. Los ensayos biológicos (25) realizados tanto con estas 11 sustancias como con la BISBOA (R = -Cl) inicial, demostraron, cosa decepcionante, que como bases libres, ninguna de ellas tiene actividad antimicrobiana.

Entre tanto, desde las fases preliminares de la investigación concerniente a la síntesis de BISBOAs se fueron reuniendo observaciones, efectuando experimentos y correlacionando resultados que condujeron a concebir la hipótesis acerca de que los factores que según Burke (20) gobiernan esta reacción, como son: el pH, la relación estequiométrica, el tipo de sustitución en el fenol de partida y la temperatura, no son tan influyentes cuando de sintetizar BISBOAs se trata y que el mecanismo de reacción debería ser diferente del inicialmente planteado (22). En la elaboración de esta hipótesis jugó un papel primordial el hecho de que en el seno de la reacción se producen bis-1, 3-imidazolidinas (IV) (23), sistema heterocíclico completamente diferente del de las BISBOAs.



IV

El descubrimiento de la formación de estas sustancias, aunque casual en su origen, fue vital pues impulsó el trabajo por nuevos derroteros.

Así pues, gracias a un diseño cuidadoso de experimentos en el cual se enmarcaron en los parámetros adecuados las variables dependientes o independientes, se pudo comprobar (23) que las variaciones de pH o el empleo de altas temperaturas no afectan notoriamente el curso de la reacción, pero sí favorecen la formación de productos de carácter resinoso; que la relación estequiométrica fenol: formaldehído: amina 2: 4: 1 estipulada por Burke (22) y adoptada en estos trabajos no es la óptima ni la necesaria para sintetizar BISBOAs; que existe un compuesto intermediario en cuya reactividad está muy comprometido el curso de la reacción y que, el grado de sustitución del fenol no tiene ninguna incidencia (26). El análisis minucioso de datos y observaciones permitió establecer la independencia de la reacción de al menos los factores estudiados y postular un nuevo mecanismo que aportó en primera instancia una explicación aceptable de los hechos experimentales, pero quedaron algunos puntos no resueltos, que pronto fueron objeto de controversia y de experimentación para comprobar su falibilidad. Así, en estudios posteriores (27) se hizo claridad en la mayoría de los interrogantes pendientes, se estableció la verdadera estructura del compuesto intermediario, se estipularon las condiciones experimentales para obtener a discreción y sin contaminación mutua BISBOAs o BISBIAs y se definió el mecanismo de reacción.

Ahora, si bien es cierto que todos los logros alcanzados en lo que respecta a la química de estas sustancias son altamente satisfactorios pues han permitido hacer un aporte nada despreciable al conocimiento de este sistema heterocíclico; no lo

es el que hayan resultado inocuas como antimicrobianas. Sin embargo, ésto lejos de desmotivarnos, nos ha servido de aliciente para plantear nuevos ensayos biológicos tendientes a buscar otras posibles aplicaciones de utilidad pragmática benéfica para el hombre.

Así, se iniciaron los estudios farmacológicos, eligiendo para comenzarlos la BISBOA (III, R = H) sin sustituyentes en el anillo carbocíclico; ya que, como se sabe, la actividad que presente un compuesto dado está en función con la estructura y por tanto, los cambios que se hagan en la molécula pueden introducir modificaciones sustanciales en la actividad farmacológica. Los resultados de las pruebas en este campo han sido bastante halagüeños ya que la selección farmacológica sobre ratones albinos suizo machos, exogénicos, puso en evidencia (26) que esta sustancia tiene marcada acción sobre el sistema nervioso central siendo convulsionante en dosis letales, mientras que en dosis efectivas produce estimulación, excitación y, cosa curiosa, orquitis temporal seguida de una exaltación de la libido unos días después de la aplicación. Además tiene un margen de seguridad aparentemente bastante favorable para su uso terapéutico.

De igual manera se observó que progenies de ratones sobrevivientes al tratamiento mostraron disturbios en el crecimiento alcanzado en promedio, tamaños de sólo la mitad o un poco menos que el de sus progenitores.

Por otro lado, estos hechos hacen suponer que la BISBOA está, de alguna manera afectando los cromosomas que regulan la expresión sexual y el crecimiento, así como también podría ser cierto que incide sobre la segregación de hormonas. Estos argumentos encuentran asidero en otros fenómenos observados al realizar ensayos encaminados a establecer una probable actividad insecticida. Lo que se observó fue que el compuesto no es tóxico por contacto para larvas de último estado de *Musca domestica* pero sí origina mutaciones y alteraciones en la conducta alimentaria y sexual de los adultos provenientes del empupamiento de dichas larvas.

En concomitancia con estos resultados están los arrojados por las pruebas de ingestión efectuadas con larvas de 3er., 4o. y 5o. estadio de *Cynthia carye*, un lepidóptero polífago, ya que las larvas sobrevivieron y empuparon, pero, los individuos adultos, aunque normales en su apariencia externa, no lo eran internamente, ya que, como se puso en evidencia con las correspondientes disecciones, todos los especímenes presentaban dañado en menor o mayor grado el aparato reproductor.

De acuerdo con lo expuesto, se puede pensar que el sistema heterocíclico bis-1, 3-benzoxazina ofrece aún un amplio campo para la investigación química y farmacológica y que, aunque ya se han dado los primeros pasos en este sendero, queda aún mucho camino por cubrir.

## Agradecimientos

Quiero agradecer a mis discípulos: Olga Lucy Becerra, Aide Perea, Edgar Ospina, Armando Sánchez, Zahira Aguiar, Doris Leguizamón, Emiliano Barreto, Danilo Clavijo, Juan Guillermo Palacio, Josué Amézquita, Martha Raquel Fontanilla, Claudia Patricia Orjuela, Olga Lucía Rojas, Fabio Aristizábal, Mario Zamudio, Alejandro Aguirre, María Elena Gayón y Gloria Inés Gallo, quienes con su interés y esfuerzo han propiciado muchos de los éxitos alcanzados en este quehacer investigativo.

## Bibliografía

1. Arteaga, M., J. Rincón, M. Maldonado, & E. Robayo, 1980. *Revista Colombiana de Ciencias Químicas Farmacéuticas*. 3 (4): 63.
2. Esteve, A. 1981. *Chem. Abst.* 94, 121560, *Brit. U.K. Pat. Appl.* 2, 1980, 031; 410.
3. Institute of Pharmacology, 1974. *Academy of Medical Sciences. Chem. Abst.* 85, 1976, 21388. *Japan, Kokai*, 135: 979.
4. Fontanini, F., & R. Tammissio, 1973. *Chem. Abst.* 78, 154740 *Riv. Farmacol. Ter.* 3. 273.
5. Zagorevskii, V.A., S.M. Klyuev, E.A., Bendikov & K.I. Lopatina. 1975. *Chem. Abst.* 83, 28241. *Ger. Offen.* 2, 1974, 321: 496.
6. ———— 1975. 83, 43347. *Brit.* 1, 1975, 383, 624.
7. Bernardi, L. & S. Coda. 1976. *Chem. Abst.* 84, 59497, *S. African.* 74 02, 1975: 436.
8. Fontanini, L., R. Tammissio & W. Ferrari. 1972. *Chem. Abst.* 77, 160180. *Riv. Farmacol. Ter.* 3, 1972: 155.
9. Santen Pharmaceutical Co. 1981. *Chem. Abst.* 94, 208879. *Kokai Tokyo Koho.* 1980, 801136: 269.
10. Zagoresvski, V.A. et al. 1976. *Chem. Abst.* 84, 4970. *U.S.* 3, 1975, 901: 884.
11. Weyer, R., H. Weber, W. Aumüller, K. Muth & R., Heerdt, 1972. *Chem. Abst.* 77, 140159. *Ger. Offen.* 2, 1972, 103, 118.
12. Chylinaka, J. & T. Urbanski, 1964. *Chem. Abst.* 60, 5484. *J. Med. Chem.* 6, 1963: 484.
13. Lespagnol, A., Ch. Lespagnol, J.L., Bernier, J.C. Cazzin & M. Cazzin. 1973. *Chem. Abst.* 79, 126418. *Bull. Soc. Pharm. Lille.* 4, 1972: 179.
14. Singh, H., S. Sharma & R.N. Iyer. 1977. *Chem. Abst.* 87, 67949. *Indian J. Chem.* 15, 1977: 73.
15. Arct, J., E. Jakubska & G. Olszewska, 1981. *Chem. Abst.* 94, 15749. *Pol.* 106, 1979, 541.
16. Lorenz, W., & I. Hammann, 1971. *Chem. Abst.* 75, 360066. *Ger. Offen.* 1, 1971, 950, 492.
17. Yasuda, Y., S. Kosaka, K. Miyazaki, & M. Yakushiji, 1976. *Chem. Abst.* 85, 21390. *Japan. Kokai.* 04, 1976, 186.
18. International Union of Pure and Applied Chemistry. 1971. *Nomenclature of Organic Chemistry*. 2ed. Issued by the Commission on the Nomenclature of Organic Chemistry, London, Butterworths.
19. Burke, W.J., K. Murdock & E.C. Grace, 1954. *J. Am. Chem. Soc.* 76, 1677.
20. Burke, W.J. 1949. *J. Am. Chem. Soc.* 71: 609.
21. Burke, W.J., R.P. Smith, & C. Weatherbee, 1952. *J. Am. Chem. Soc.* 74: 602.
22. Ospina, E., & A. Sánchez 1985. Síntesis de nuevas bis-benzoxazinas, determinación de sus estructuras y simulación de sus espectros RMN<sub>1</sub>H asistida por computador. Tesis. Química. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
23. Rivera, A., M. Fontanilla & J. Sánchez, (en prensa). Estudios en la síntesis de la serie heterocíclica 1, 3-Bis-Benzoxazina; Probable mecanismo de reacción. Bogotá.
24. Fontanilla, M. 1989. Síntesis y caracterización de tres nuevas Bis-benzoxazinas derivadas de p-hidroxibenzoatos de alquilo. Tesis. Farmacia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.
25. Orjuela, C.P. & O.L. Rojas 1989. Bis-1, 3-Benzoxazinas-6-alcoxicarbonil sustituidas: Síntesis y estudio de su actividad antimicrobiana. Tesis. Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
26. Aristizábal, F. & M. Zamudio 1990. Núcleo fundamental heterocíclico 3, 3'-Etilen-Bis (3, 4-dihidro-2H-1, 3-benzoxazina): Síntesis y selección farmacológica primaria. Tesis. Farmacia. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
27. Gallo, G.I. & M.E. Gayón 1991. Nuevos aportes del mecanismo de reacción en la obtención de Bis-1, 3-Benzoxazinas. Tesis. Farmacia. Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

# SOCIEDADES DE NATURALISTAS LA CIENCIA DECIMONONICA EN COLOMBIA \*

por

Olga Restrepo Forero\*\*

## Resumen

Sociedades de naturalistas – La ciencia decimonónica en Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 53-64. 1991. ISSN 0370-3908.

Se presenta una relación de las sociedades científicas existentes durante el siglo XIX y comienzos del XX, se hacen comentarios acerca de las características de cada comunidad, de sus realizaciones, del comportamiento de los científicos y del papel social por ellos desempeñado.

## Abstract

A review of the tasks carried out by the scientific societies of Colombia during the XIX Century is made. The role of their members is also discussed.

## Introducción

El presente artículo busca ofrecer con algún detalle, una imagen de las diferentes sociedades que agruparon a los naturalistas y de los proyectos que no llegaron a realizarse, a lo largo del siglo diecinueve y las primeras décadas del veinte. El estudio de las sociedades científicas reviste enorme interés para la historia y la sociología de las ciencias; permite conocer las características de las comunidades científicas: sus criterios de admisión y sus sistemas de evaluación y recompensas; el grado en que se

perfila el papel social de los científicos y los contenidos de esa definición; los valores y normas que rigen el comportamiento de los científicos y las imágenes de ciencia que proyectan como expresión de tales valores y de su intento por legitimar su actividad; el tamaño de la comunidad y su cohesión; su autonomía o dependencia de otras instituciones y, por último, su poder para realizar sus fines.

Las asociaciones que aquí se presentan revelan, una y otra vez, los límites de la actividad científica en Colombia durante el período considerado: escaso control y regulación normativa de la actividad de los miembros; tamaño reducido; evaluaciones generalmente particularistas del desempeño y el logro; mínima diferenciación de los patrones de sociabilidad de otras esferas institucionales; imagen de la ciencia que se ajusta difícilmente a una ideología científicista, como se percibe en la historia tan poco distanciada y acrítica que escriben; y, como una característica demasiado protuberante,

\* ——— El presente escrito es una versión ligeramente revisada de los apartes sobre las asociaciones científicas del siglo diecinueve y comienzos del veinte, del trabajo "La Historia Natural en Colombia, 1783-1986", Bogotá, 1990, desarrollado dentro del Proyecto de Historia de las Ciencias en Colombia, con el auspicio de COLCIENCIAS.

\*\* Socióloga, Profesora Departamento de Biología, Universidad Pedagógica Nacional, Bogotá.

baja autonomía y reducido poder para alcanzar sus fines. Conocer la pequeña dimensión de la actividad científica en el pasado y establecer las barreras internas y externas que frenaban su acción, acaso sirva para identificar el origen de ciertos patrones de evaluación, comportamiento y organización que aún hoy abundan en el medio científico colombiano.

#### Primeras asociaciones: letrados, políticos y sabios

El primer ensayo, posterior a la Independencia, de aglutinar a las élites colombianas en torno a unos ideales comunes, fue la Academia Nacional de Colombia, creada con el fin de "establecer, fomentar y propugnar en toda Colombia el conocimiento y perfección de las artes, de las letras, de las ciencias naturales y exactas, de la moral y de la política"<sup>1</sup>. De conformidad con lo inespecífico de sus fines, la Academia fue conformada, como los calificaba José Manuel Restrepo, "por los hombres de letras que más brillaban a la sazón en Bogotá y en sus alrededores"<sup>2</sup>. Y, efectivamente, repasar la lista de los 21 miembros que nombró el vicepresidente Santander, es conocer parte de los más altos funcionarios de su administración: secretarios de estado, ministros plenipotenciarios, ministros de la alta corte, senadores y catedráticos. Notables que circularon, a lo largo de varios años, por los altos cargos públicos, y que no se distinguieron, acaso sólo con la excepción del historiador José Manuel Restrepo por parte de los miembros colombianos, por sus realizaciones intelectuales. Figuras como Vicente Azuero, Estanislao Vergara, Jerónimo Torres, Santiago Arroyo, Pedro Fernández Madrid, Francisco Soto, abogados, publicistas y literatos que llenaron la escena política de segunda plana al menos hasta los años sesenta, fueron elegidos en primera instancia para completar el número de los delegados por Colombia en esa academia de la Gran Colombia. Otros de sus miembros, representaban la generación de los forjadores de la independencia, como José Félix Restrepo, Pedro Gual y José María del Castillo que participaron en la elaboración de las primeras constituciones políticas y detentaron altos cargos, durante los primeros años de la Independencia.

La publicación, en la *Gaceta de Colombia*, del nombramiento realizado por Santander, revela un

orden que sigue las jerarquías burocráticas, de los cargos que desempeñaban los delegados, y los rangos eclesiásticos y civiles de una sociedad clerical; así, los dos últimos de la lista eran, en su orden, Andrés Bello, que se desempeñaba como secretario de la legación en Londres, y Francisco Soto, catedrático de economía política en el colegio de San Bartolomé<sup>3</sup>.

La constitución de la Academia Nacional y sus fines manifiestos servían a las élites colombianas en un doble propósito: como programa de reformas y distanciamiento del "oscurantismo" que asociaban con el régimen colonial y como legitimación de su posición social preeminente: en los primeros años de la Independencia, la élite justificaba su acceso al poder como una consecuencia natural que derivaba precisamente de su saber. Su carácter de letrados, en una sociedad predominantemente analfabeta, sus títulos de doctor y sus aires de eruditos les daban las credenciales que confirmaban su derecho al poder. Este sentido simbólico de la Academia, explica que en una asociación cuyos fines manifiestos perseguían el desarrollo de las artes y las ciencias, sus principales integrantes fueran en su mayoría personalidades políticas de escasa contribución a esos fines. Así, la segunda opción en los nombramientos para la Academia correspondió a figuras más vinculadas con actividades científicas y docentes, que sin reconocer las peculiares características de esta asociación, se hubiera esperado ocuparan el primer lugar. Después del retiro del sacerdote Padilla fue nombrado Benedicto Domínguez y, en 1832, cuando se escogieron los sustitutos de los miembros ecuatorianos y venezolanos, ingresaron Joaquín Acosta, Lino de Pombo, Juan María Céspedes, y José María Triana; se incluyeron entonces los pocos hombres de ciencia de la Colombia de la década de 1830.

La Academia Nacional sólo tuvo el sentido simbólico ya anotado; fue ciertamente el primer esfuerzo republicano por aglutinar a la élite en torno a unos ideales relacionados con el saber. No obstante, de ella sólo quedó el recuerdo de su constitución formal, puesto que las prioridades de los tiempos que corrían, y las múltiples ocupaciones tan alejadas de esos asuntos de la mayoría de sus miembros, no permitían dedicar atención a las tareas de la Academia.

#### El Instituto de Ciencias Naturales, Físicas y Matemáticas

La Academia Nacional fue parte del Plan trazado por Santander para la organización de la educación pública. Los alcances de esta reforma fueron limitados por las resistencias de diferentes grupos sociales y de las provincias, excluidas de la posibilidad de otorgar títulos académicos, y por el carácter poco realista de sus programas. Dentro de la tradición borbónica, se siguieron produciendo nuevos planes generales de educación pública: el famoso Plan de Ospina, de 1842, que sufrió una serie de re-

1. Soriano Lleras, 1971: 14.

2. Restrepo, J.M., 1974: V. 5. p. 299; Restrepo, O., 1983: 17.

3. Los demás nominados fueron: José R. Revenga, secretario de relaciones exteriores; José María Salazar, ministro de la alta corte y ministro plenipotenciario en los Estados Unidos; Francisco Xavier Yanes, ministro de la corte de justicia de Venezuela; Cristóbal Mendoza, intendente de Venezuela; Joaquín Olmedo, ministro del Perú en Londres; Diego Francisco Padilla, agustino calzado; el canónigo magistral, Marino de Talavera; el arcediano de Cartagena, Manuel Benito Rebollo; Santiago Arroyo, ministro de justicia del Cauca. *Gaceta de Colombia (Bogotá)*, Nov., 19, 1826.

formas y también generó resistencias y oposición. El 14 de septiembre de 1847, se dictó un nuevo decreto que modificó el régimen académico de las universidades. Entre otras cosas, ordenaba la creación de un Instituto de Ciencias Naturales, Físicas y Matemáticas que velara por la "enseñanza, la propagación y la aplicación" de las ciencias en La Nueva Granada. Sus miembros deberían ser los catedráticos de estas áreas en cada una de las tres secciones que compondrían el Instituto: Bogotá, como sede principal y Cartagena y Popayán, como satélites. El director sería el punto de contacto y centro de intercambio de informaciones, con el fin de que "la enseñanza de éstas sea uniforme en sus principios y adecuada en su aplicación a las necesidades y circunstancias de los lugares".

El intento de crear un órgano de racionalización de las políticas de enseñanza de materias de ciencia y técnica, armonizaba con el giro que imprimió Mosquera a todos los asuntos de su administración: como el fomento de las obras públicas que colocó el énfasis sobre la aplicación de los saberes y generó una demanda, todavía modesta, de ingenieros.

El mundo de ficción que brotaba de tantos decretos y leyes, estipulaba que al cuidado del Instituto de Ciencias Naturales quedarían "el observatorio astronómico, el gabinete de historia natural, el jardín de plantas, el laboratorio químico y el Museo existentes en Bogotá"; por otra parte, el decreto disponía: "los directores del Instituto en Cartagena y Popayán cuidan de los establecimientos de este género que haya en aquellas ciudades". Conviene precisar que en Bogotá no había algo que mereciera llamarse jardín botánico y ni qué decir de las otras ciudades que, salvo por el laboratorio químico de Popayán, no tenían una sola de las instalaciones mencionadas<sup>4</sup>.

El químico danés Bernard Lewy, que trabajaba en Bogotá en el análisis y clasificación de muestras mineralógicas del Museo de Ciencias Naturales creado por Santander, fue nombrado director del Instituto, pero no llegó a ejercer sus funciones. De acuerdo con Frank Safford, la antipatía que había despertado el danés entre los círculos académicos

de Bogotá contribuyó a frustrar este proyecto de modernización de la enseñanza de las ciencias; a esto se añadían, de acuerdo con este autor, las dificultades que surgían, cuando se contrataban extranjeros, para armonizar sus demandas por mejores condiciones de funcionamiento, a las que estaban acostumbrados, con las limitaciones y las posibilidades de la Nueva Granada<sup>5</sup>. No obstante y ser ciertas las anteriores razones, conocemos tantos ejemplos de reformas apenas consignadas en el papel, como para dar valor explicativo, en este caso, a la ineficacia de Lewy como director. La parálisis del Instituto se debe principalmente a que éste no reunía las condiciones mínimas para su funcionamiento.

#### Los múltiples proyectos del medio siglo

Cada nueva administración, y más si implicaba un cambio de sector político en el gobierno, tenía sus propios proyectos y definía sus prioridades en la educación pública y también en relación con las sociedades de sabios y literatos. La oposición al Colegio Militar, fundado por Mosquera, y la negación del apoyo a los proyectos que venían del "antiguo régimen" obligó a los liberales a definir otra opción; esta fue la del Conservatorio Nacional de Ciencias y Artes, sobre la base de un proyecto<sup>6</sup> presentado por Pastor Ospina en 1855. En este Conservatorio, que era, como el Colegio Militar, un centro de formación técnica superior, se formarían "ingenieros i arquitectos civiles, ingenieros jeógrafos, ingenieros de minas, y naturalistas, cuyos conocimientos se apliquen a las artes industriales". La idea del Conservatorio, que venía a suplantar al Colegio Militar, pretendía ser más orgánica que éste; incluía, como la Academia de Ciencias, la idea de conformar a su alrededor una comunidad de sabios y técnicos. El Conservatorio buscaba centralizar en un mismo cuerpo "las bibliotecas, el Museo, los Gabinetes de historia natural i de los instrumentos, aparatos i máquinas pertenecientes al Estado, i los que en adelante se adquieran por cuenta de él. Le pertenecen igualmente los edificios de esta ciudad conocidos con los nombres de Aulas, Salón de grados, Colegio Militar y Observatorio Astronómico con el solar en que este se halla"<sup>7</sup>. Un mal cambio, en verdad, sustituir un centro como el Colegio Militar que ya había dado sus primeros frutos, por un proyecto, por más completo que éste fuera.

Uno tras otro se fueron acumulando diferentes planes que subrayaban la importancia de fomentar las ciencias y de orientar a las nuevas generaciones hacia los estudios técnicos, entre los que la ingeniería ocupaba el primer lugar<sup>8</sup>. En este clima de buenas intenciones hay aún espacio para dos: El Liceo Granadino y la Academia Nacional. El primero se creó en 1856, con secciones de literatura, ciencias morales y políticas, ciencias físicas y naturales, estudios industriales, música, pintura, grabado, escultura y arquitectura, y declamación. El Liceo publicó una colección de sus trabajos, fundamentalmente literarios e históricos, y promovió la realización de actos públicos en fechas patrias<sup>9</sup>. La

4. Codificación Nacional, V. 12, 415.

5. Safford, 1926: 127-129.

6. Restrepo, O. 1983: 43-46.

7. Ospina, P., 1855: 55.

8. El Secretario de Gobierno de 1856, Cerbeleón Pinzón, solicitó el estudio del proyecto de Ospina; otro tanto hizo su sucesor, José María Ortega, en 1857; y también M. A. Sanclemente, en 1858. La fiebre alcanzaba a los jóvenes: Luis Segundo de Silvestre publicó el suyo en 1858.

9. Liceo Granadino. Colección de los trabajos de este instituto. Tomo I. Bogotá. Imp. de Ortíz y Cía., 1856; Reglamento del Liceo Granadino, 1856. Planfleto del Fondo Pineda, Biblioteca Nacional de Colombia. (A. bibliografía).

Academia Nacional se superpuso al proyecto del Liceo un año más tarde; sus objetivos establecían que la Academia “consagrará sus esfuerzos a la propagación i desarrollo de las ciencias, bellas artes, literatura, trabajos industriales, i muy especialmente a la creación de nuestra Historia i estudio de la lengua nacional”. De hecho la Academia se dedicó al cumplimiento de estos dos últimos objetivos. Sus doce miembros, escogidos entre los del Liceo, con sentido honorífico, incluían a Agustín Codazzi, Manuel Ancízar, Lino de Pombo, José Manuel Restrepo y Antonio Vargas Reyes<sup>10</sup>.

#### Sociedad de Naturalistas: el pequeño salón neogranadino

La Sociedad de Naturalistas Neogranadinos surgió como producto del ambiente de investigación y el fermento cultural, que implantó la Comisión Corográfica (1850—1859). En sentido formal la SNN fue la primera sociedad de carácter científico que se creó en el país. En relación con las asociaciones que la precedieron —salvo el caso del Instituto de Ciencias Naturales Físicas y Matemáticas que de todas formas no llegó a funcionar—, como la Academia Nacional y el Liceo Granadino, la organización de la SNN fue novedosa en dos aspectos fundamentales:

En primer lugar, los objetivos de la SNN estaban claramente delimitados: “la propagación el adelanto de las ciencias naturales en jeneral, i particularmente de la Confederación Granadina”. Las sociedades antecesoras mencionaban entre sus fines el estudio y difusión de las ciencias, pero éstas no constituían su preocupación única ni central.

En segundo, de acuerdo con sus metas, la SNN fue más selectiva en cuanto a sus miembros, que ya no se escogían por sus cualidades literarias o posición política sino con criterios más cercanos a la vocación naturalística de la Sociedad: para ser miembro honorario se requería “que la persona postulada haya publicado algún trabajo notable sobre cualesquiera de los ramos de la Historia Natural”. Los socios de número deberían, a su turno, “presentar a la sociedad una colección de cien especies de cualesquiera de los tres reinos de la naturaleza, colectados por el candidato i acompañados de una memoria conteniendo su descripción i clasificación”. Finalmente, la posición de socio correspondiente se alcanzaría con “cien especies de cualesquiera de los tres reinos de la naturaleza, colectados por el candidato”<sup>11</sup>.

Los fundadores de la SNN nombraron más de 30 socios honorarios extranjeros, entre quienes se incluían algunos que habían estado en la Nueva Granada, como Boussingault, H. Karsten, J. Linden, al lado de otros científicos menos conocidos en el país, como los químicos F. Wöhler y A.W. von Hofmann o el físico Luigi Palmieri.

Los socios de número eran en su mayoría profesores y estudiantes de ciencias naturales; el único político miembro de la sociedad era Tomás Cipriano de Mosquera, aunque la excusa para su inclusión debió ser su *Memoria geográfica*<sup>12</sup> y no directamente su cercanía con Ezequiel Uricochea ni aún la gestión positiva que había desarrollado en favor de la enseñanza de las ciencias, como Presidente de la República (1845—1849).

La SNN quedó constituía, en junio de 1859, sobre lo que había sido la Sociedad Caldas, fundada desde 1855 por un grupo de alumnos de Francisco Bayón y Liborio Zerda<sup>13</sup>. La presidió el mismo Uricochea; Liborio Zerda fue su Tesorero y Juan Manuel Aguilar, el secretario. Se crearon diferentes comisiones, que sugerían un intento de especialización de sus miembros:

Geología y Aracnología: Ezequiel Uricochea.  
 Mineralogía: Ezequiel Uricochea y Liborio Zerda.  
 Fanerogamia: Francisco Bayón y Margario Quintero.  
 Paleontología: Alejandro Lindig.  
 Espeleología: Juan Manuel Aguilar.  
 Criptogamia: Juan Manuel Aguilar y Alejandro Lindig.  
 Labiadas: Daniel Rodríguez.  
 Solanáceas: Florentino Vezga.  
 Ornitología: Genaro Valderrama.  
 Conchiliología: Daniel Carrol.  
 Coleopterología: Agustín M. Hinestroza.  
 Dipterología e Himenopterología: Timoteo Ricaurte.

El número y la variedad de las comisiones no debe llevar a engaños: en el país no había aún suficientes naturalistas para secciones tan diferenciadas como éstas, que en Europa eran comunes en los Museos. La división en tantas secciones parece encaminada a distribuir cargos entre los socios activos más entusiastas, más que a cubrir necesidades surgidas del conocimiento acumulado en esas especialidades. Entre los socios que figuran en estos cargos, solamente Francisco Bayón, Genaro Valderrama y, tangencialmente, Florentino Vezga, dejaron alguna obra relacionada con nuestro objeto. Ezequiel Uricochea y Liborio Zerda se dedicaron a la mineralogía y la química, aunque el interés primordial del primero fue la lingüística.

Tomando en cuenta que no había el número de naturalistas para animar reuniones y secciones, y asegurar vida estable y comunicaciones productivas a una sociedad de carácter científico, se puede

10. Liceo Granadino. *El Porvenir* (Bogotá), Feb., 24, 1857.

11. Sociedad de Naturalistas Neogranadinos, 1859.

12. Mosquera, 1852.

13. La anécdota cuenta que la idea de la SNN surgió después de una excursión a Monserrate en compañía de Ezequiel Uricochea y sus alumnos de geología y mineralogía.

decir que la SNN expresaba, más bien, la necesidad de sociabilidad de Salón y la tendencia, de una pequeña élite, a crear círculos cerrados, cuyos mayores símbolos de estatus eran sus pretensiones de controlar determinados contactos con el mundo de los sabios europeos. La SNN, como sus predecesoras, fue producto de la reunión de amigos con aficiones comunes y de tertulias que reportaban beneficios sociales, en términos de estatus. De igual modo y con similar sentido, las élites fundaron incontables periódicos, que gracias a la capacidad de influencia sobre el escaso público lector que se les atribuía, la visibilidad que daba a sus editores y la tradición retórica del país, validaban la posición social del dueño y director, aunque no llegaran el segundo o tercer número. Como "el mayor flagelo" calificó Rafael Uribe Uribe esta manía nacional: "es una viciosa floración de publicaciones literarias por todas partes, como una maleza nacional. Y a eso llaman 'renacimiento de la prensa'. Mal sabe leer y escribir la bulliciosa turba estudiantil, y ya piensa que el noble arte no tiene mejor empleo que fabricar cuartetas. ¡Y a fundar periódicos!"<sup>14</sup>.

Característica de estas sociedades del siglo diecinueve y de tantas otras del veinte, es su tendencia a la prematura formalización, cuando aún no se han consolidado vínculos estables que resulten de su funcionamiento previo como grupos informales: estatutos, división de funciones, cargos de presidente, vicepresidente, secretario y tesorero, eran el primer objetivo y la meta de los socios; las posiciones generalmente no exigían convalidación en la calidad del desempeño y el logro. El título que confería la pertenencia al grupo era suficiente: acreditaba que su portador era experto naturalista, una nueva cualidad que se sumaba a las características adscritas del individuo, exactamente como sus antecedentes familiares y su posición social como miembro de la élite.

Pertenecer a las academias y figurar en cargos directivos, eran principalmente mecanismos para alcanzar visibilidad social, medios de ajuste al estilo de vida de los altos círculos sociales bogotanos, y no caminos de acceso a una comunidad con normas de excelencia y desempeño, cuyo cumplimiento puede llegar a conferir prestigio. Por el contrario, buen número de los miembros de la SNN exhibieron este estatus como un adorno, sin llegar a presentar un desempeño correspondiente, precisamente porque la actividad misma de la ciencia no era valorada socialmente.

#### El boletín de los naturalistas y la imagen del científico

La SNN publicó dos números de su boletín llamado. *Contribuciones de Colombia a las ciencias*

14. Uribe Uribe, 1974: 59.

15. *Contribuciones*. 1860. p. IV.

16. Ver Vezga, 1860: 243-263.

17. Vezga. 1860: 206.

y a las artes. Con éste pretendían "unir a la Europa científica a la América, por medio de esos vínculos estrechos del pensamiento comunicado". Se proclamaban continuadores de una tradición que pretendían enriquecer: "Trataremos de ver si después de medio siglo podemos continuar ese brillante "Semnario" con el cual eternizó Caldas su memoria"<sup>15</sup>. Pero el esfuerzo daría escasos frutos: sólo dos números, medio siglo después del *Semnario*, hacen pensar que la vida intelectual de la República, en sus primeros cincuenta años, era más estrecha que la colonial, cuando Caldas había sostenido con éxito su famosa publicación. En los años de 1860 parecía que se hubieran contraído, lectores y suscriptores, el auditorio para este tipo de publicaciones y la capacidad para financiarlas.

Pero el *Semnario* cumplió unas funciones políticas, de vinculación entre el saber y el poder, que su heredero del siglo diecinueve, el *Boletín de la Sociedad de Naturalistas* no estaba en condiciones de igualar.

En el primer año se publicó la *Memoria sobre la historia del estudio de la botánica en la Nueva Granada*, de Florentino Vezga. Con esta obra, el médico y abogado santafereño se convirtió en el primer historiador de las ciencias en Colombia. La primera parte de la *Memoria*, estaba dedicada a la botánica indígena, se proponía atraer la atención de naturalistas hacia los conocimientos terapéuticos de los indígenas; discutía en detalle las propiedades antiofídicas del guaco, las diferentes concepciones y experimentos realizado por Matis, Vargas y Mutis, en tiempos de la Expedición Botánica, y las características del veneno conocido como curare. Aplicaba Vezga a las prácticas médicas tradicionales, el criterio que había orientado la indagación de la Comisión Corográfica: búsqueda del saber y creencias y costumbres del pueblo.

La segunda parte, examinaba la historia de la Expedición Botánica. En ediciones posteriores se incluyó, como tercera parte, un artículo periodístico sobre el progreso del estudio de la botánica desde 1816 hasta 1859<sup>16</sup>.

La obra de Vezga cumplía la función de contribuir a la difusión de valores y normas de la ciencia y, probablemente, buscaba generar sentimientos de comunidad en un grupo todavía pequeño y disperso de hombres de saber. Ante sus contemporáneos la obra de Vezga cumplía la función de definir y justificar el papel del científico. En este esfuerzo por legitimar el papel del saber, Vezga se sintió obligado a mostrar que la ciencia tenía tradición de logros en el país. En su obra cobraron forma los temas, posteriormente reiterados, que sacralizaban la Expedición Botánica; en particular aquel de su relación con la Independencia: "Los hombres iluminados por Mutis y la Expedición no pudieron soportar por más tiempo el pesado yugo de la monarquía española"<sup>17</sup>.

La intención de legitimar las actividades de su grupo, el que se congregó en la SNN, explica la actitud crítica y poco distanciada en la obra de Vezga. Esta primera historia de las ciencias en Colombia ilumina los valores y las imágenes de ciencia que compartían las élites ilustradas colombianas promediando el siglo diecinueve. Estos problemas fueron examinados en una conferencia dictada en el Departamento de Sociología de la Universidad Nacional en 1989. Véamos algunos ejemplares:

Los sabios de la Expedición eran discípulos aventajados y, más tarde, catedráticos titulares, como sólo podían serlo quienes gozaban del privilegio de asistir a las universidades conventuales probando su limpieza de sangre y su total desvinculación con los oficios indignos, es decir, manuales: los miembros de la élite criolla; sus herederos debían ser igualmente, profesores de las universidades republicanas. Francisco Javier Matiz, el "mejor pintor de plantas del mundo", al decir de Humboldt, sólo fue eso: un pintor, un artesano, un mestizo, que no obstante y ser "el débil hilo de la tradición", jamás fue titular de la cátedra de botánica; sólo llegó a ser el suplente de otro botánico aficionado como él, Juan María Céspedes, que tenía lo que a él le faltaba: era doctor en teología y otras ciencias. Vezga no ve esto, sencillamente porque es "natural", no lo nota por ser tan cotidiano: el estatus de profesor continúa simbolizando el mismo alejamiento de lo manual. Una traba, ciertamente, para el desarrollo de la ciencia.

Otras imágenes eran la erudición y el carácter reservado y esotérico de los saberes, características que insistentemente se señalan como cualidades de Mutis y de sus discípulos. La mirada de Vezga no busca los límites del saber, sino que registra complaciente un conocimiento general y escasamente definido. La ideología de Vezga no se parece a la que asociamos con la ciencia del siglo XIX. La ciencia avanza sobre la "especificación de la ignorancia", es decir sobre la delimitación, gracias a lo recorrido, de los acertijos y los vacíos; no se petrifica en el pasado, crea nuevos caminos. Y, por supuesto, la ideología de la ciencia rehúye los misterios, censura el ocultamiento y elogia la capacidad de comunicar los hallazgos.

La ideología de Vezga es otra; la de un miembro de la élite literaria y política, como se ve por la mayor virtud que encuentra en los hombres de la Expedición Botánica: su renuncia a la actividad científica en "aras de la patria". Así, a posteriori la ciencia parece legitimizar el orden político, cuando en realidad es el orden político (la participación final en la revolución de Independencia, vista teleológicamente), lo importante y legítimo: la ciencia

se justifica en tanto sirve a ese fin. Del mismo modo que interpretaba Vezga la actividad de los científicos-patriotas juzgaría la suya propia: la afición a la ciencia era un buen camino para ingresar a la política, un excelente medio de distinción y ascenso social, una de las virtudes que debían engalanar a los "hombres cultos y bien nacidos": la otra era, según Rufino José Cuervo, el manejo del idioma, el buen hablar.

Florentino Vezga fue el primer Rector de la Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional y profesor sustituto de las asignaturas de zoología elemental, cristalografía y mineralogía; en la Facultad de Medicina dictó cátedras de fisiología y patología general; igualmente, impartió clases de derecho en la Escuela de Jurisprudencia. Vezga había realizado estudios de literatura, filosofía y derecho en los Colegios de San Bartolomé y el Rosario; era, pues, un abogado con aficiones de naturalista. Su carrera posterior se desarrolló alrededor de la actividad política, que lo llevó a ocupar altos cargos públicos, y en el periodismo, en la redacción del *Diario de Cundinamarca*. No interesa destacar los detalles de la vida de este personaje, sino presentarlo como típico de su grupo social. El de Vezga era un patrón de carrera frecuente durante el siglo XIX, en Colombia: profesión de abogado, médico o ingeniero; aficiones de naturalista, matemático o astrónomo durante la juventud y, en la madurez, el tránsito a las altas cimas de la política, el periodismo o las letras.

La ciencia diletante de profesores y sabios de la Nueva Granada ciertamente se convirtió en poder, como decía Francis Bacon, pero en el poder de los políticos literatos. De otro modo, ¿cómo explicar el hecho de que después de unos cuantos logros estos naturalistas y sabios se "fugaran" hacia la política? Después de tantas luchas y sufrimientos padecidos al servicio de la ciencia su justo premio era el reconocimiento y la visibilidad que les representaba la vida pública. Se sacrificaban al comienzo de sus carreras, y también al final, dejando a un lado el "placer" del conocimiento por el "deber" de servir a sus conciudadanos. Eso es cierto aún del naturalista más productivo del siglo, José J. Triana, quien a los 46 años, prácticamente abandona la investigación botánica para ocupar el cargo de Cónsul General de Colombia en París desde 1874 hasta 1890\*.

Regresemos a la SNN y a las vicisitudes de su boletín. En 1861, se publicó el segundo número de las *Contribuciones*. Incluía un artículo escrito en francés por M. L. de Geofroy, que clasificaba y describía diferentes especies de aves de la Nueva Granada. Del mismo tenor seguía uno de A. Lindig, sobre los helechos. De Liborio Zerda, sobre las mordeduras de culebra y sus contra-venenos; otra mirada al problema tratado por Vezga en la Botánica Indígena. Por último, Uricoechea presentaba su plan para un futuro trabajo sobre las minas de los Andes<sup>18</sup>.

\* Santiago Díaz llamaba justamente la atención sobre este hecho en una conferencia dictada en el Departamento de Sociología de la Universidad Nacional en 1989.

18. *Contribuciones de Colombia de las ciencias y a las artes*. Bogotá, Imprenta del Mosaico, 1861.

La SNN no contó con apoyo oficial, y como en tantas ocasiones, la carencia de recursos económicos y la inestabilidad política —en este caso la guerra de 1860—1861—, pero primordialmente, las débiles vocaciones y orientaciones hacia las ciencias naturales, terminaron con los propósitos de continuar una sociedad para la cual aún no había espacio. La corta vida de este grupo selecto, puede servir como indicador de las dificultades y tropiezos para integrar comunidades del saber en Colombia. La precaria diferenciación de la élite que ocupaba, como en el caso de Vezga, las diferentes posiciones concebibles en los mundos de la política, la cultura, la economía y la comunidad social, implicaba muy escasa autonomía: cualquier acontecimiento, dentro del medio social y político, afectaba y podía acabar con un grupo como la SNN.

Nuevos esfuerzos se realizaron años más tarde, cuando se fundó la Sociedad de Naturalistas Colombianos, adscrita a la Universidad Nacional, que posteriormente se convirtió en la Academia de Ciencias Naturales. Sobre ésta comentaba, desde Bruselas, Ezequiel Uricoechea: “Unos siembran y otros recogen, pues los *Naturalistas* de hoy tienen el apoyo del Gobierno y son más afortunados que yo que gasté tiempo, vida y dinero para no crearme sino odio y envidias bajo la maldita administración Ospina”<sup>19</sup>. El “apoyo del gobierno” exigía la pertenencia a los círculos del poder y eventualmente obligaba a servir los intereses de tales grupos. Se garantizaba éxito transitorio a empresas cuya meta fuera constituir círculos sociales políticamente visibles y prestigiosos, que sirvieran de legitimación de las obras de gobierno, con el argumento de que eran las más conformes con el saber y la razón.

#### Nuevas asociaciones de naturalistas

Entre 1871 y 1873 funcionó la Academia de Ciencias Naturales, con idénticos objetivos y estructura organizativa similar a la que había tenido la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos. En 1873 se creó la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales, integrada en su mayor parte por profesores de la recién creada Universidad Nacional. Años más tarde se convertiría en la Academia Nacional de Medicina.

Esta Sociedad tuvo una existencia más productiva. La *Revista Médica*, que editó de manera continua, fue órgano de comunicación para médicos y naturalistas. Al igual que Florentino Vezga, años atrás, Pedro María Ibáñez publicó, en 1882, las *Memorias para la historia de la Medicina en Santafé de Bogotá*. Una vez más se acudió a la tradición, se escribió historia para estimular sentimien-

tos de comunidad y legitimar el papel del saber en la sociedad. En la *Revista* se difundieron trabajos originales sobre diferentes cuestiones médicas, control de epidemias, campañas de vacunación, tratamiento de enfermedades, botánica terapéutica, veterinaria y agronomía. La Sociedad reunió colecciones mineralógicas y botánicas y formó un Museo Anatómico, primero de su clase en el país, que sirvió de apoyo para las cátedras universitarias.

La cobertura nacional de la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales y el prestigio social de sus miembros, que por el hecho de ser médicos superaba al que pudieran tener los “naturalistas” de la SNN, permitieron que la SMCN adquiriera carácter consultivo en asuntos de salud e higiene públicas, reformas educativas, reglamentación de centros hospitalarios y supervisión de comisiones científicas. Los conceptos de la sociedad fueron tomados en cuenta en diversas oportunidades, como fue el caso, por ejemplo, de la Comisión Científica Permanente de 1881.

La Ley 59 del 11 de junio de 1881 ordenó que se creara esta Comisión con el objetivo de estudiar en todo el territorio de la República “lo concerniente a la botánica, a la geología, a la mineralogía, a la zoología, a la geografía y a la arqueología”. Se esperaba que esta Comisión coleccionara y clasificara dos grupos de muestras: una para enviar a la Exposición que debía celebrarse en 1883, en la ciudad de Nueva York, y otra para enriquecer las colecciones del Museo y la Universidad<sup>20</sup>.

En el mismo año se firmó contrato con Jorge Isaacs, para desempeñar las funciones de Secretario de la Comisión, con el encargo de atender de manera especial la sección antropológica. Isaacs cumplió esmeradamente con su misión: durante un año recorrió los actuales departamentos de la Guajira, Magdalena y parte del Cesar; y como producto de sus viajes publicó un *Estudio sobre las tribus indígenas del Estado del Magdalena*<sup>21</sup>. La obra apareció en los *Anales de Instrucción Pública*, en 1884. Contenía una extensa recopilación de relatos metodológicos, el registro cuidadoso de formas lingüísticas y la meticulosa recolección de datos enográficos y arqueológicos.

Este escrito mereció ataques enconados de Miguel Antonio Caro, debido a las alusiones que el autor hacía del *Origen del hombre* de Darwin, cuando discutía las diferentes mitologías de los aborígenes. Isaacs se declaraba partidario de la teoría de la evolución, pero no parecía comprenderla bien. Era demasiado especulativo y se cuidaba poco de lanzar afirmaciones aventuradas. Para la muestra podemos transcribir una de éstas: “Tolerándolo mis lectores muy susceptibles, los partidarios de la teoría darwiniana, podríamos suponer que la figura número 12, mitad simia y de rostro muy raro, es representación de la forma que tuvo el animal, temible como se ve, que precedió al hombre en la escala de perfeccionamiento”<sup>22</sup>.

19. Robledo, comp., 1976: 48.

20. Codificación Nacional; V. 31, 83-83.

21. *Ibid.*, V. 31, 363-364.

22. *Revista Médica (Bogotá)*, 7 (79): 289-314, Dic., 1882.

Manó, que había llevado a cabo sus trabajos en la misma zona, presentó al Gobierno un informe que fue directamente remitido a la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales para su evaluación. El *Informe sobre los trabajos del señor Manó presentado por la Comisión a la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales*, demostraba que ya habían pasado los tiempos de aceptar, sin discusión ni réplica, los trabajos realizados por investigadores extranjeros. El *Informe* no descartaba que en el futuro se organizaran comisiones similares, pero recomendaba que éstas fueran sometidas a la vigilancia de los científicos nacionales.

El *Informe* señalaba que la Comisión Científica Permanente tenía incontables errores de clasificación botánica; los apuntes mineralógicos eran demasiado elementales y en ocasiones completamente equívocos; y por último, mostraba los defectos de las remisiones que se habían hecho sin orden, ni método, como que no iban acompañadas de las descripciones correspondientes.

El *Informe* surtió el efecto deseado: el Gobierno suspendió a Manó de su encargo, pero también puso fin a la Comisión Científica Permanente. A pesar de su nombre tan prometedor, esta empresa, llamada desde su creación a ser la sucesora de la Expedición Botánica y de la Comisión Corográfica, dejó de existir con la misma facilidad con que se creó.

#### La Sociedad de Ciencias Naturales del Instituto de La Salle

El Concordato suscrito con el Vaticano dejó a la Iglesia la vigilancia de la educación, sin otro control que el eclesiástico, y abrió el camino para que las congregaciones religiosas adquirieran papel aún más predominante en la educación media y superior. Por lo demás, los gobiernos de la Regeneración continuaron la política tradicional del partido conservador que daba prioridad a la educación media y superior y no se ocupaba en igual medida por extender la cobertura de la educación primaria.

Esta no fue orientación exclusiva del gobierno; algunas órdenes religiosas actuaron en idéntica dirección. Así, por ejemplo, la Congregación de los Hermanos de las Escuelas Cristianas, fundada en 1684 por Juan Bautista de La Salle, adelantó, en diferentes ciudades de Colombia, labor de formación secundaria de las élites, alejándose de la tarea primordial de educación de las clases populares que desarrollaba en Francia.

Los Hermanos Cristianos que llegaron al país en 1890, adquirieron notable influencia gracias a su capacidad de realizar los planes de "reforma escolar católica" del gobierno de Reyes. A comienzos de siglo, gran número de hermanos que salieron de Francia, a consecuencia de las leyes de laicización

de la enseñanza, se radicaron en Colombia. Sus novedosos métodos pedagógicos les abrieron espacio y les ganaron el prestigio que, un siglo atrás, habían tenido los Colegios de la Compañía de Jesús: los Colegios de la Salle de Bogotá y Cartagena, el de San José de Medellín y el Colegio Biffi de Barranquilla, "educaban la 'crema' de la sociedad colombiana. Además, la congregación orientaba estudiantes hacia los tres noviciados que había abierto . . . aseguraban así el reemplazo progresivo de sus miembros franceses por colombianos, convirtiéndose en la principal comunidad religiosa masculina del país"<sup>23</sup>.

Como apoyo en su tarea de formación normalista y técnica, como encargados que fueron por el Gobierno de la Escuela Normal Central de Instituciones y del Instituto Técnico Central de Bogotá, y como sostén de su pedagogía, los Hermanos cristianos organizaron institutos de vanguardia para el adelanto de las ciencias naturales en el país.

Los naturalistas colombianos eran médicos de profesión, pero unos cuantos habían buscado el estatus superior de la medicina, sin ejercerla como actividad principal: su interés se había desplazado hacia el estudio y un tipo de investigación aficionada en áreas como botánica, zoología, entomología, bacteriología o química. Estos médicos convenientemente pertenecían a la Academia de Medicina, que defendía sus derechos gremiales y ganaba cada vez mayor prestigio en el país. Pero carecían de una asociación de carácter más estrictamente científico que los diferenciara como una élite aún más pequeña dentro del grupo de los titulados en la educación superior. Como ya se expuso, la Academia de Ciencias Naturales (1871-1873) se había convertido en la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales (1873-1890) y ésta, a su vez, en la Academia Nacional de Medicina.

El Hermano Apolinar María (Nicolás Seiller), que había llegado a Colombia en 1904, mostró capacidad de liderazgo para aglutinar en torno suyo a los dispersos naturalistas residentes en Colombia. Su iniciativa de organizar una nueva Sociedad fue bien recibida. La Sociedad de Ciencias Naturales que se fundó en 1912, dos años después tenía ya cuarenta socios de número: estudiantes del Instituto y de las carreras de medicina e ingeniería; médicos de la Academia Nacional de Medicina; ingenieros de la Sociedad de Ingenieros y clérigos naturalistas.

La Sociedad, de acuerdo con los objetivos pedagógicos de la congregación, cumplió papel de difusión de conocimientos entre los alumnos del Instituto de La Salle: jóvenes que no contaban con otro auxilio que el de su maestro y director (. . .) nos dictaba conferencias, ya sobre botánica, mineralogía o sobre cualquiera otra rama de las Ciencias Naturales, para que los socios pudiéramos ir adquiriendo, poco a poco, sin fatiga, y casi sin darnos cuenta, los principios elementales de esas cien-

23. Helg, 1987: 78-79.

cias<sup>24</sup>. Esta Sociedad surgió alrededor de la docencia, igual que la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos fundada gracias al entusiasmo de los alumnos de Francisco Bayón en el Colegio de San Bartolomé y los de Ezequiel Uricoechea en el del Rosario. Estas dos asociaciones tuvieron principalmente, como las proyectadas a mediados de siglo, carácter de apoyo para la docencia. Su principal función era iniciar a un grupo de jóvenes en los métodos de las ciencias naturales y también difundir una imagen de la ciencia que la proyectaba como una actividad importante para la sociedad.

Gracias a la protección que recibió la Sociedad de parte de los conservadores José Vicente Concha y Miguel Abadía Méndez,<sup>25</sup> pudo iniciar la publicación de su órgano de difusión: *Boletín de la Sociedad de Ciencias Naturales o Boletín Científico*, en el cual, a partir de 1913, aparecieron artículos diversificados en áreas de las ciencias naturales. El *Boletín* se editó regularmente y alcanzó 110 números<sup>26</sup>. Como en ocasiones anteriores la nueva Sociedad buscó su puesto en la historia con la publicación, desde el segundo número, de una breve *Reseña histórica de los estudios botánicos en Colombia*, escrita por el redactor del *Boletín*, Uldarico Téllez<sup>27</sup>. La revista contó con las secciones de entomología, botánica, zoología, mineralogía y geología, paleontología y ciencias aplicadas.

Los Hermanos de las Escuelas Cristianas organizaron, con la colaboración de los miembros de la Sociedad, una red de herborizadores y recolectores de toda clase de especímenes; gracias a este esfuerzo conjunto se surtió el Museo de Historia Natural del Instituto de La Salle<sup>28</sup>. El sueño de los criollos que trabajaron en la Expedición Botánica y que colaboraron en el *Semanario*; los esfuerzos emprendidos durante la primera administración de T.C. de Mosquera, cuando se ordenó a alcaldes y gobernadores enviar muestras mineralógicas para el Museo; las recolecciones que se hicieron durante los penosos viajes de la Comisión Corográfica; el ambicioso proyecto de la Comisión Científica Permanente, en fin, todos los planes de constituir una red que per-

mitiera, reunir la información y canalizar los trabajos dispersos de los naturalistas colombianos fue posible, gracias a la estructura organizativa de una congregación que —a diferencia de las débiles y cambiantes entidades estatales— brindó propósitos y escenarios institucionales que trascendían los compromisos, motivaciones y logros individuales.

Para 1919 el Museo ya contaba con 55.000 ejemplares de Flora y Fauna colombiana: por primera vez se tuvieron en el país colecciones que superaban el plano individual y privado; esfuerzos colectivos que permiten una acumulación institucional.<sup>29</sup>

En 1929 la Sociedad cambió su nombre por el de Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales; sus secciones congregaban a los naturalistas más sobresalientes del momento:

Presidente, A.J. Peña Chavarría;

Vicepresidente, L.M. Murillo;

Secretario, Julio de Mier Restrepo;

Tesorero, A.M. Barriga Villalba.

Secciones:

*Zoología y Botánica*, H. Apolinar María.

Comisiones: Vertebrados, comisionado, H. Nicéforo María.

Invertebrados, comisionado, L.M. Murillo

Parasitología animal, comisionado,

César Uribe Piedrahíta;

Botánica, Comisionado, Enrique Pérez Arbeláez.

*Geología y Mineralogía*, Ricardo Lleras Codazzi.

Comisiones: Geología de petróleos, comisionado, Enrique Hubach; Paleontología, comisionado, Luis Uribe.

*Química y Física*, Jefe, Antonio M. Barriga Villalba.

Comisiones: Química biológica, comisionado, Eduardo Lleras;

Química industrial, comisionado, P. Carulla.

Comisiones Especiales: Fisiología general, comisionado, Ernesto Osorno Mesa; Biología general, comisionado Enrique Pérez Arbeláez; Medicina regional, comisionado, H. Justo Ramón; Geografía especial, comisionado, Luis Uribe.

Estas secciones se apartaban del criterio taxonómico que había articulado las de la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos, y su estructuración siguió líneas de trabajo e intereses más consolidados en los titulares.

En 1928, los socios Milcíades Quintero, Luis María Murillo y Eduardo Aparicio se encargaron de elaborar una propuesta para crear sociedades corresponsales en el país, que integraran una más amplia red de recolectores y observadores. Impulsar el estudio de las ciencias naturales significaba, para los autores del proyecto, favorecer el desarrollo de las industrias, preocupación que debería ser central, dado el carácter monoexportador del país; la diver-

24. *Boletín*, 2 (5): 130-131, 1914.

25. Ellos gestionaron ante el Congreso la expedición de la ley 76 de 1912, por la cual se le concedió un auxilio anual de trescientos pesos, y la Ley 39 de 1913, que le asignó una subvención de cien pesos mensuales. *Boletín*, 4 (199): 68-69.

26. Dejó de salir cuando apareció el primer número de la *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, correspondiente a los meses de octubre a diciembre de 1936.

27. Téllez, 1913-1914.

28. Los Hermanos más activos fueron: Apolinar María, Enrique y Gaetán Estebán, en Bogotá; Nicéforo María, en Medellín, y Ariste José, en Caldas.

29. Con la excepción del herbario recolectado por Triana, que se guardó en la Biblioteca Nacional; pero éste aún era la obra de un individuo, "el herbario de Triana".

sificación de productos exportables, según los autores, surgiría del mayor conocimiento de los recursos. Al año siguiente la Sociedad envió una circular a los Gobernadores, Intendentes, Comisarios, Secretarios de Instrucción Pública, escrita en términos sencillos que ilustraban sobre las utilidades de la ciencia, con el fin de propiciar las actividades que debería realizar la Comisión Científica Nacional, reorganizada mediante la ley 123 de 1928<sup>30</sup>.

Ese fermento de regionalización permitió la instalación, en 1929, de la Sociedad de Ciencias Naturales de Antioquia, correspondiente de la de Bogotá. En la Junta Directiva figuraban: Director, Joaquín Antonio Uribe; Presidente, Emilio Robledo; Vicepresidente, Clemente López Lozano; Secretaria, Fita Uribe; Tesorero, Francisco Luis Gallego<sup>31</sup>.

La Sociedad Colombiana brindó oportunidades de intercambio entre los científicos. Puso a su disposición un órgano de comunicación como el *Boletín* donde, sin los característicos debates pseudofilosóficos e ideológicos, se escribieron artículos que mostraban opciones de trabajo en Historia Natural y aproximaciones teóricas distintas, dentro de las perspectivas que guiaban la labor investigativa de las diferentes secciones.

La SCN tuvo una vida más estable y productiva que sus predecesoras por las siguientes razones:

En primer lugar, la SCN se vinculó a una institución que contaba con estabilidad en su políticas, no sometidas a las cambiantes adhesiones partidistas de sus miembros (como sucedió en los casos de los Colegios del Rosario y San Bartolomé: radicales durante los años del radicalismo, regeneracionistas, cuando la regeneración). Continuidad en las políticas y en los hombres que las desarrollaban, los hermanos lasallistas, para quienes su primera lealtad, y

casi la única, era hacia la institución, como es la norma en las órdenes regliosas<sup>32</sup>.

En segundo lugar, la SCN cobró vida alrededor de la docencia, una labor que se renovaba con el ciclo de la enseñanza; así, la sociedad se integró perfectamente a las políticas educativas del Instituto de la Salle: una orientación más activa hacia los asuntos de este mundo, sin dejar a un lado los principios católicos. Precisamente el tipo de formación que demandaban las élites moderadas de comienzos del siglo: una que conciliara la ética del trabajo, la búsqueda de la comprensión científica y la fé en los sabios designios del Señor. Los Hermanos encontraron entre sus fines religiosos morales y políticos, y la enseñanza de las ciencias naturales, el mismo vínculo que hallaron los naturalistas del siglo XVIII: la Sociedad era “una reunión de jóvenes deseosos de estudiar y dar a conocer para bien de su patria las admirables obras del Señor de la naturaleza”<sup>33</sup>. El lema que presidía su revista manifestaba este espíritu: *Magna et mirabilia sunt opera tua, Domine Deus Omnipotens*.

Razón final, aunque no menos importante, de la permanencia de la Sociedad fue la estabilidad en el ambiente político nacional, que era favorable a las Escuelas Cristianas y a las tareas de la Sociedad<sup>34</sup>, que con este apoyo desarrolló más de cuatrocientas sesiones. El beneplácito del gobierno central resultó favorable a la Sociedad y fue decisivo para su continuidad: Las labores de La Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales siguieron sin interrupción hasta el año en que se “refundió” dentro de la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.<sup>35</sup> Un eufemismo acuñado en la época para referirse a la supresión de la sociedad. Por supuesto, el apoyo que tanto le había servido para sobrevivir en un medio relativamente hostil a este tipo de empresas, le faltó cuando cambiaron las circunstancias políticas. La razón de su estabilidad fue también, la de su fin: sus cercanos nexos y falta de autonomía frente a los poderes políticos. La Sociedad Colombiana de Ciencias Naturales se asociaba con los gobiernos conservadores —era la obra de algunas de sus figuras más conspicuas— y con el clero, como que su fundación se debía a los hermanos lasallistas. La nueva asociación, la Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, era la obra liberal de la Revolución en Marcha, pero esto forma parte de otra historia.

Una vez más: ¿la ciencia para qué?

Los miembros de la Sociedad Colombiana de Ciencias comenzaban a percibir que el desarrollo de las ciencias biológicas se lograría en tanto “se conectara la labor con las necesidades nacionales”,<sup>36</sup> proceso que se inició desde la creación del Ministerio de Industrias (1924), al cual se le adjuntó, como Departamento, el antiguo Ministerio de Agricultura, creado en 1913. Este tomó por su cuenta, el fomento de la investigación y desarrollo agropecuario en el país;<sup>37</sup> en el servicio científico del Mi-

30. *Boletín*, 4 (102): 140-146, 1929.

31. *Boletín*, 4 (105): 39-40, 1930.

32. Sólo tres hermanos han dirigido las actividades del Museo a lo largo de los años, así: Apolinar María (Nicolás Seiler), entre 1904 y 1949; Nicéforo María (Antoine Rouhaire Siazuede), entre 1950 y 1980 y Daniel (Julián González Patiño), entre 1980 y 1988.

33. *Boletín*, 2 (5): 130, 1914.

34. En 1914 tenía dos “socios bienhechores”, el Presidente de la República, José Vicente Concha, y Miguel Abadía Méndez, que sería el último presidente de la hegemonía conservadora; contaba, además, con cuatro “socios honorarios”; entre ellos, el titular del Ministerio de Instrucción Pública, Carlos Cuervo Márquez, y el anterior ministro, Liborio Zerda.

35. La Academia fue creada por la ley 34 de 1933 y reglamentada de manera definitiva mediante el decreto 1218 de 1936. Después de tres años de funcionamiento “a prueba” fue instalada por Jorge Alvarez Lleras, el 12 de junio de 1937.

36. Las palabras son de quien tuvo papel protagónico en los desarrollos institucionales posteriores: Enrique Pérez Arbeláez.

37. Sobre éste ver el trabajo de Jesus A. Bejarano, 1985a.

nisterio de Industrias se crearon las secciones de botánica, fitopatología y entomología, que proporcionaron la base para futuros desarrollos de las Ciencias Naturales.

Durante los últimos años del siglo diecinueve y primeros del veinte, una y otra vez se abrieron sin éxito las carreras técnicas de agronomía y veterinaria. La Escuela de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional (1867—1884) se orientó principalmente hacia el estudio de aquellas materias consideradas útiles en un país agrícola y exportador de materias primas. No obstante, la Escuela sólo tituló 11 profesores de ciencias en todos esos años y se sostuvo gracias al servicio que prestaba para los estudiantes de medicina, que debían aprobar los cuatro cursos del primer año de la Escuela: clase elemental de botánica, clase elemental de zoología, química general y física matemática y médica; sin este nexo no hubiera sobrevivido, por la falta de interés que despertaban las materias científicas en el país. Las Escuelas de Agronomía y Veterinaria que se abrieron posteriormente tampoco encontraron campo abonado para echar raíces. Tantos ensayos se habían estrellado, como afirmaba lúcidamente Alejandro López, contra la inexistencia de una necesidad objetiva de ese tipo de especialistas, debido al atraso y la pobreza del sector agropecuario nacional: “Habría que producir primero el empresario que *demandara* los servicios del Agrónomo”<sup>38</sup>.

Alejandro López se oponía al consenso general, establecido desde el siglo pasado, de que el camino hacia el progreso se despejaría con sólo impulsar los estudios técnicos correspondientes; en contra de tales expectativas, estos profesionales llegarían a convertirse en factor dinámico en tanto encajaran en un proceso de ascenso económico. Según este autor, la sociedad colombiana había demandado, en su orden, los servicios del sacerdote, del abogado, del médico y, más recientemente, del ingeniero civil, “sensibilizado en el manejo de los negocios” como se preparaba en la Escuela Nacional de Minas<sup>39</sup>. En otras profesiones cabría generalizar lo que López afirmaba con respecto al veterinario: “con animales de precio tan reducido como los que tenemos en Colombia, todo el mundo tiende a ser su propio asegurador, dando por sentado que el valor del ganado muerto es menor que la cuenta del veterinario”<sup>40</sup>.

Las reflexiones de Alejandro López dibujan nítidamente aspectos cruciales del panorama social colombiano que comenzaba a cambiar en 1927:

“Salvo opinión mejor fundada, creemos que el camino de nuestro progreso es el de ir llenando en todo campo la inmensa distancia entre los de arriba y los de abajo. Entre el hombre de ciencias y el trabajador; entre la clase ilustrada y la masa; entre el electorado y el elegido, media casi un abismo. Carecemos de esas gradaciones que hagan sólida nuestra organización y mantengan, por decirlo así, el contacto mental y moral, de manera que las savias espirituales circulen por capilaridad continuamente de arriba abajo, y de abajo hacia arriba. Nuestro medio manifiesta una tendencia evidente a subir demasiado a quien puede subir algo, y a bajar demasiado a quienes no triunfan en la lucha. El medio no soporta densidades medias”<sup>41</sup>.

Dentro del contexto general del desarrollo económico y social del país, en pleno siglo veinte, se reformulaban en el ámbito nacional planteamientos que habían sido definitivos para la consolidación de las revoluciones científica y técnica y democrática. Al criticar, como “índice de error nacional”, la tendencia a “aumentar la distancia entre el trabajador y la ciencia que éste ha menester, en lugar de disminuirla”, López recordaba el llamado que hiciera Francis Bacon en la Inglaterra del siglo XVII. Pero las consecuencias económicas de la ciencia, por vía de la tecnología ya no eran ilusión, como en los tiempos de Bacon, sino una realidad que parecía marginar al país de la “carrera hacia el progreso”.

Bacon había buscado que el científico se acercara al inventor para que se produjera retroalimentación entre sus saberes. En Colombia no existían aún estos papeles: ciencia y técnica venían del exterior, ambas igualmente ajenas e inadecuadas. Como objetos de importación, ciencia y técnicas continuarían extrañas a nuestra sociedad, mientras no se dieran procesos de adaptación social. López comprendía esto cuando afirmaba: “Cada vez me convenzo más de que el progreso que nos llega de fuera para ser digerido por nosotros debe sufrir un proceso de adecuación, que casi equivale a una creación”<sup>42</sup>.

En la tercera década del siglo veinte, las necesidades más fundamentales eran precisamente de capas medias, de “expertos en la técnica” y de investigadores que aplicaran sus conocimientos a problemas específicos de la realidad colombiana. Estas orientaciones lentamente empezaron a abrirse paso ya en los años treinta. Conectar la labor de los científicos con las necesidades nacionales fue un objetivo que empezó a abrirse camino. Como decía Alejandro López, adecuaciones técnicas e investigación científica ofrecerían estímulos y perspectivas para la originalidad, abrirían caminos para la ciencia en

38. López, 1976: 191.

39. Sobre la Escuela Nacional de Minas y su papel orientador del proceso de industrialización antioqueña, se debe consultar el libro de Alberto Mayor Mora: *Ética, trabajo y productividad en Antioquia*, 1985.

40. López, 1976: 196.

41. López, 1976: 205.

42. Citado por Mayor Mora, 1985: 83.

Colombia: constituirían alternativas para que ese saber se transformara en poder.

El Ideal de la ciencia de aquellos hombres expresaba una valoración instrumental, pero una con más contenido social que permitía abrigar mayores esperanzas de institucionalizar la actividad científica, que el proyecto individual de convertir el saber en un instrumento para el ascenso personal. Las nuevas asociaciones integrarán en mayor medida el discurso de una ciencia fuertemente arraigada en el contexto nacional, un ideal que aún se muestra esquivo en Colombia.

## Bibliografía

- Codificación Nacional de todas las leyes de Colombia desde el año de 1821; hecha conforme a la ley 14 de 1912, por la Sala de Negocios Generales del Consejo de Estado. 1824-1955.* Bogotá, Imprenta Nacional. 34. V.
- Contribuciones de Colombia a las ciencias y a las artes. Publicadas con la cooperación de la Sociedad de Naturalistas Neogranadinos. 1860-1861.* Bogotá, Imprenta de "El Mosaico", Londres, Trubner.
- Helg, Aline. 1987. *La educación en Colombia 1918-1957 Una historia social, económica y política.* Bogotá, Fondo Editorial, CEREC.
- Liceo Granadino, 1856. Colección de los trabajos de este instituto. Tomo I. Bogotá. Imp. de Ortíz y Cía.
- Reglamento del Liceo Granadino, 1856a. Panfleto del Fondo Pineda, Biblioteca Nacional de Colombia.
- López, Alejandro. 1976. *Problemas colombianos.* Bogotá, La Carreta.
- Mayor Mora, Alberto. 1985. *Ética, trabajo y productividad en Antioquia.* 2a. ed. Bogotá, Ediciones Tercer Mundo.
- Mosquera, Tomás Cipriano de, 1852. *Memoria sobre la geografía física y política de la Nueva Granada.* New York, S.W. Benedict.
- Ospina, Pastor. 1855. *Exposición del Secretario de Estado de Despacho de Gobierno de la Nueva Granada al Congreso Constitucional de 1855.* Bogotá, Imprenta del Neo-Granadino.
- Restrepo, Gabriel. 1983. Mutis, el oráculo de este reino. In: Pinto Escobar, Polidoro y Díaz Piedrahíta, Santiago., eds. *José Celestino Mutis 1732-1982.* Bogotá, Universidad Nacional de Colombia (Biblioteca José Jerónimo Triana, No. 1).
- 1983a. La Expedición Botánica como hilo conductor de la actividad científica en Colombia. *Rev. de Planeac. y Des.* (Bogotá), 15 (1): 97-117, Enero, abril.
- 1985. La formación del espíritu científico en Colombia. *Rev. Col. Educ.* (Bogotá) (16): 33-48. II semestre.
- Restrepo, José Manuel. 1974. *Historia de la revolución de Colombia.* Medellín, Bedout. 6V.
- Restrepo Forero, Olga. 1983. *La Comisión Corográfica: avatares en la configuración del saber.* Bogotá, Tesis Sociología. Universidad Nacional de Colombia.
- 1986. El tránsito de la historia natural a la biología en Colombia, 1784-1936. *Ciencia, Tecnología y Desarrollo.* (Bogotá) 10 (3/4): 181-275. Jul./Dic.
- 1989. *La historia natural en Colombia, 1784-1986.* Bogotá, COLCIENCIAS, Instituto Caro y Cuervo. En prensa.
- Robledo, Mario Germán. ed. 1976. *Epistolario de Ezequiel Uricoechea con Rufino José Cuervo y Miguel Antonio Caro.* Bogotá, Instituto Caro y Cuervo. (Archivo Epistolar Colombiano, No. 10).
- Safford, Frank. 1976. *The ideal of the practical: Colombia's struggle to form a technical elite.* Austin, University of Texas Press. (Latin American Monographs, No. 39).
- Silvestre, Luis Segundo de, 1858. Proyecto sobre un instituto nacional de ciencias i Bellas artes, presentado al presidente de la Nueva Granada. Bogotá, Imp. de F. Torres Amaya.
- Sociedad de Naturalistas Neogranadinos. 1859. *Estatutos.* Bogotá.
- Soriano Lleras, Andrés. 1971. *Don José María y Don José Gerónimo Triana.* Bogotá, Editorial Kelly. (Academia Colombiana de Historia, Col. Bolsilibros No. 12).
- Téllez M., Uldarico. 1913-1914. Reseña histórica de los estudios botánicos en Colombia. *Bol. de la Soc. de Cienc. Nat. del Inst. de la Selle.* (Bogotá), 1 (1): 43-47, May., 1913; 1 (4): 106-109, Sep., 1913; 2 (7): 220, Ag., 1914.
- Uribe Uribe, Rafael. 1974. *Su pensamientos político,* (antología). Selección y prólogo de Eduardo Santa. Bogotá, Instituto Colombiano de Cultura.
- Vezga, Florentino. 1860. *La Expedición Botánica.* Cali, Carvajal, 1971.

# VARIACION TEMPORAL DE LA TEMPERATURA DEL AIRE EN BOGOTA

por

Jesús A. Eslava R.\*

## Resumen

Eslava, J.: Variación temporal de la temperatura del aire en Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 65-74. 1991. ISSN 0370-3908.

Con base en las observaciones horarias efectuadas en el Observatorio Meteorológico Nacional-Bogotá, se determinan las variaciones anual y diurna de la temperatura del aire para cada mes y año. Se establecen los valores extremos y sus amplitudes determinando, entre otras cosas, que el valor más alto registrado ha sido de  $25.2^{\circ}\text{C}$  (en enero) y el más bajo de  $-5.2^{\circ}\text{C}$  (en febrero). Al obtener los valores medios diarios, aplicando varias de las fórmulas que se han usado, se detecta que difieren de los que se obtienen al establecer promedios con 24 datos por día, que, a nivel anual, es de  $13.3^{\circ}\text{C}$ .

## Abstracts

Hourly observations made at the Observatorio Meteorológico de Bogotá indicate that the yearly mean temperature there is  $13.3^{\circ}\text{C}$ . Extreme values were observed in January ( $25.2^{\circ}\text{C}$ ) and February ( $-5.2^{\circ}\text{C}$ ).

## Introducción

La necesidad de información y análisis climático varía en función del amplio y disperso número y tipo de posibles usuarios; no toda la información disponible es útil para cada uno de los diversos asuntos humanos en los que se aplican los conocimientos meteorológicos. Sin embargo, la temperatura se considera como el elemento más útil e importante en todas las áreas puesto que, como ningún otro, ella ejerce una marcada influencia sobre el desarrollo de los seres vivos y la distribución humana, animal y vegetal sobre la Tierra.

Al contrario de lo que sucede con el agua, por ejemplo, cuyo exceso o falta puede corregirse con

drenaje o irrigación, la necesidad de calor de las plantas no puede ser satisfecha adecuadamente en forma artificial, como tampoco puede ser disminuido satisfactoriamente el sobrante de calor.

Desde cualquier punto de vista (científico, agrícola, ganadero, higiénico, ambiental, legal, hídrico, etc.) se exige, entre otras cosas, el conocimiento exacto de las variaciones diurnas de la temperatura del aire. Por ejemplo, la respiración nocturna de los cultivos utiliza parte de la materia orgánica, principalmente carbohidratos, que la planta elabora por fotosíntesis durante el día, por lo cual su fisiología está sometida a la variación de la temperatura que se produce entre el día y la noche y, el desarrollo de los vegetales superiores está condicionado a las variaciones anuales, diarias y aperiódicas de la temperatura del aire.

\* Profesor Titular – Universidad Nacional de Colombia.

En trabajos anteriores Eslava (1990) menciona como, en Colombia, los análisis de las variaciones temporales, especialmente las diurnas, de los diferentes elementos meteorológicos son, como casi todos los estudios referentes a la meteorología, muy escasos, inéditos o inexistentes. En el caso de las variaciones temporales de la temperatura del aire, sólo se conocen los comentarios que, para Colombia, hicieron Stanescu & Díaz (1971), Montealegre (1979) y Eslava (1990b), para Bogotá.

En este trabajo se recopila la información horaria publicada, sobre temperatura del aire en Bogotá; una vez, verificada, procesada y homogeneizada, se definen los valores horarios medios, con base en las observaciones realizadas en el Observatorio Meteorológico Nacional durante el período 1941-1960 y, las temperaturas máximas y mínimas para cada mes y el año, utilizando para ello los valores que se encuentran en el IGAC (1961) y en Montealegre (1979); con esa información se analiza la variación temporal (anual y diurna) de la temperatura del aire en Bogotá.

Igualmente se aplican algunas de las fórmulas usadas para el cálculo de los valores medios diarios y se comparan esos resultados con los que se obtienen al establecer un promedio aritmético de las 24 observaciones horarias.

### Generalidades

Tal como lo mencionó Eslava (1990b), a nivel mundial, muchos autores, entre ellos Riehl (1954, 1979), De Martonne (1963), Petterssen (1968), De Fina & Ravelo (1973), Lowry (1973), Retallack (1973) y Mertins (1976), han estudiado las variaciones diurnas de la temperatura del aire y determinado sus características más importantes; con base en dichos análisis se efectúan los siguientes comentarios generales sobre esa variación.

Las variaciones temporales de los elementos meteorológicos y, por consiguiente, las variaciones y fluctuaciones del estado del Tiempo y del Clima, están relacionadas directa o indirectamente con los movimientos de la Tierra. La Tierra da una vuelta sobre sí misma, alrededor de su eje en un día y, al mismo tiempo, describe una órbita elíptica alrededor del Sol, cuyo período es de un año.

La rotación de la Tierra alrededor de su eje condiciona en alto grado la oscilación diurna de todos los elementos y parámetros meteorológicos. Por ejemplo, el aire se calienta normalmente durante el día y se enfría durante la noche; la variación diurna del viento, de la nubosidad, etc., están igualmente relacionadas con la rotación de la Tierra sobre sí misma. Al contrario, las oscilaciones anuales del tiempo están en relación con la translación de la Tierra alrededor del Sol.

### Algunas características de la variación anual

La oscilación anual del Sol entre los trópicos, condicionada por el movimiento anual de la Tierra alrededor del Sol, ocasiona que en esa zona el Sol esté en el Cenit (y en consecuencia los rayos solares lleguen verticalmente) dos veces al año (en los equinoccios, 21 de marzo y 21 de septiembre) y sólo una vez fuera de esa zona; ello origina dos máximos de insolación en la zona intertropical y sólo uno fuera de ella.

La variación anual de la temperatura, aunque sujeta a ciertas modificaciones, es concordante con la oscilación anual del Sol. En general, existen dos épocas de temperatura máxima y dos de mínima que caracterizan a la zona intertropical (con mayor claridad en la ecuatorial) y, un sólo máximo y mínimo anual que ocurre en el resto del mundo.

Por supuesto, también hay una tendencia a que la temperatura sea mucho mayor en los equinoccios que en los solsticios. Sin embargo, en la zona ecuatorial, durante todo el año el Sol está a gran altura sobre el horizonte y la diferencia de temperatura entre los equinoccios y los solsticios es mucho más pequeña que en el resto del mundo.

La máxima y mínima temperatura no corresponden necesariamente a la máxima y mínima insolación, ya que la nubosidad y la precipitación actúan como moderadores de esos valores. En la zona ecuatorial, la influencia homogeneizadora de la humedad y la nubosidad, en unión con la pequeña variación anual de la insolación, ocasionan que la variación anual de la temperatura media sea relativamente pequeña.

La temperatura del aire, exceptuando las regiones ecuatoriales, varía apreciablemente de acuerdo con las épocas del año; en un determinado mes se presenta un valor medio mínimo y a los seis meses se presenta un valor medio máximo.

La amplitud anual (diferencia entre la temperatura media del mes más caliente y la del mes más frío), en general, aumenta hacia las altas latitudes: es muy baja en las zonas marítimas ecuatoriales (cerca de  $0.5^{\circ}\text{C}$ ) y muy alta en las zonas polares continentales (alrededor de  $66^{\circ}\text{C}$ ).

### Algunas características de la variación diurna

En los estudios referentes al régimen de temperaturas, siempre debe considerarse la variación diurna de la temperatura que, aun cuando aparentemente, es menos importante que la variación anual, desde el punto de vista geográfico, en la zona intertropical es uno de los elementos más importantes para la definición de las características climáticas.

A causa principalmente, del movimiento diario aparente del sol sobre el horizonte, se presenta

la sucesión de los días y de las noches y el alternativo enfriamiento y calentamiento del aire. Por esta razón, la temperatura del aire presenta variaciones regulares con un período de 24 horas; temperatura que es diferente en cada hora del día, máxima en las horas del mediodía y mínima en la madrugada.

La oscilación de la temperatura durante el día es muy variable de un sitio a otro; en bajas latitudes es muy amplia, puede alcanzar los 20°C a 25°C y, en latitudes medias es, por término medio, de 10°C a 15°C.

La presencia, cada día, de un valor de temperatura máximo y otro mínimo, alternados, sucede por cuanto la relación entre la radiación procedente del sol (entrante al sistema tierra-atmósfera) y la emitida por la tierra (saliente) cambia a través del día y también de mes a mes.

En un período de 24 horas, la radiación emitida por la tierra aumenta desde el amanecer (cuando empieza a recibirse la radiación solar) hasta un poco después del mediodía cuando su valor se iguala con el de la radiación que se recibe del sol; en este momento, se equilibran las dos radiaciones y se da la temperatura máxima. Después, las dos radiaciones descienden progresivamente, la entrante toma valor cero a partir de la puesta del sol y, la de la tierra (saliente) continúa emitiéndose pero con menor intensidad a medida que transcurre la noche; por esto; la superficie terrestre va perdiendo continuamente su energía durante la noche y, al salir el sol, la energía que éste entrega compensa la energía que la tierra pierde y la temperatura deja de bajar, momento en el cual se presenta un nuevo equilibrio entre las dos radiaciones y se produce la temperatura mínima.

Al comparar las curvas que muestran la variación diurna de la temperatura del aire en diferentes lugares, se observa que su característica común es que las más bajas o altas temperaturas siempre se registran, preferencialmente, dentro de un período determinado del día, aun cuando la hora precisa es diferente según cada latitud, altitud, época del año, etc.

En latitudes medias, por ejemplo, las más bajas temperaturas se presentan alrededor de las 04:30 HL (Hora Local), en verano y, en invierno se registran a las 06 HL. Este hecho se ocasiona por cuanto, el balance entre la radiación entrante (solar) y saliente (terrestre) y, por consiguiente, la temperatura mínima, se dan en el momento de salir el sol o un poco después y, en latitudes medias, el sol sale más tarde en invierno que en verano; en cambio, en las zonas intertropicales, especialmente en la ecuatorial, la salida y puesta del sol, a través de todo el año, sólo tiene diferencias de unos cuantos minutos y, por lo mismo, la temperatura mínima con frecuencia se presenta unos pocos minutos antes o después de las 06 HL.

Las temperaturas máximas también se presentan en horas distintas según la época del año, latitud, altitud, etc., pero esa hora de presentación es mucho más estable. A pesar de que la mayor intensidad de la radiación procedente del sol se da a las 12 HL, ya que a esa hora es cuando los rayos solares llegan, a la tierra, en forma más perpendicular, las temperaturas máximas sólo se presentan de una a tres horas más tarde. Las temperaturas más altas, por ejemplo, en latitudes medias, en verano, ocurren en promedio, alrededor de las 14:30 HL y en invierno, alrededor de las 14 HL; en la zona intertropical, especialmente en la ecuatorial, la temperatura máxima se presenta, casi siempre, unos pocos minutos después de las 13 HL.

La diferencia entre la hora de máxima recepción de energía solar y la hora de presentación de la temperatura del aire más alta, puede explicarse si se analizan las variaciones en la recepción y emisión de radiación durante el transcurso del día:

- En el período de la mañana la temperatura de la superficie terrestre es baja y la emisión de energía, por esa superficie, es también baja; se recibe del sol más energía de la que emite la tierra y por lo tanto, la temperatura del suelo y, como consecuencia, la del aire aumentan progresivamente.
- En el período de la tarde, la temperatura de la superficie terrestre es alta y, por lo tanto, la radiación emitida por la tierra también es alta; se recibe menos cantidad de energía solar que la que la tierra emite y, por esa causa, la temperatura del suelo y, por consiguiente, la del aire descienden.
- En general, alrededor de las 13 horas, la energía que emite la superficie terrestre es igual a la que recibe del sol, se establece un equilibrio; la temperatura deja de ascender y va a empezar a descender presentándose, como consecuencia, la temperatura máxima en la superficie del suelo.
- Puesto que el calentamiento del aire es ocasionado, principalmente, por la absorción de la energía emitida por el suelo, y ese proceso requiere que transcurra un cierto tiempo que, según sean los diferentes factores, puede ser hasta cerca de dos horas; sólo después de que se ha dado la temperatura máxima del suelo, se dará la temperatura máxima del aire.

#### Factores adicionales que influyen en la variación temporal

Las variaciones anual y diurna de la temperatura del aire en superficie presentan una regularidad bien característica en cada sitio, pero cambian notablemente de un sitio a otro o en el mismo sitio, dependiendo de diversos factores; algunas de las muy diversas situaciones que se deben tener en cuenta, son las siguientes:

a. La amplitud de las variaciones, es mayor en las zonas continentales que en las marítimas. La temperatura del agua del mar cambia durante el día en un valor, generalmente, inferior a  $1^{\circ}\text{C}$  y, en consecuencia, la temperatura del aire en las cercanías del mar presenta igualmente una oscilación diurna muy baja; por el contrario, en las regiones desérticas y en las situadas en el interior de los continentes, esa amplitud puede alcanzar y sobrepasar los  $20^{\circ}\text{C}$ . La amplitud anual puede oscilar desde  $5^{\circ}\text{C}$ , en las zonas marítimas, a  $66^{\circ}\text{C}$  en las zonas continentales.

b. En las zonas costeras, la amplitud de la temperatura del aire, depende mucho de su movimiento. Las brisas de mar y tierra, generalmente la atenuan, pero es menor si el viento viene del mar. Como consecuencia, un sitio ubicado en zona continental cercana a un litoral importante tendrá menos variación de temperatura cuanto más próximo esté a dicho litoral.

c. Según la topografía, en una misma región las diferencias pueden ser muy grandes y la variación de la temperatura del aire se verá afectada por varias causas. Por ejemplo: i) la situación del lugar, respecto a la principal cadena montañosa y la orientación de las cordilleras cercanas, ii) la interrelación entre latitud, pendiente y dirección de la vertiente, que ocasiona que el sitio pueda estar más o menos expuesto a los efectos de la radiación solar.

d. La diferencia de temperatura entre el día y la noche, normalmente es mayor a grandes altitudes que en la cercanía del nivel del mar. Lo anterior, se debe a: i) la radiación solar se atenúa al pasar a través de la atmósfera, cuanto mayor espesor de atmósfera tenga que atravesar, mayor será la disminución y menor será la radiación que llegue a la superficie terrestre; esta causa justifica las altas temperaturas que se producen al mediodía en sitios altos; ii) la radiación terrestre, al igual que la solar, también se atenúa al pasar a través de la atmósfera; por lo tanto, la energía ganada durante el día puede disiparse mucho más rápidamente durante la noche, en sitios altos que en sitios bajos; esto justifica las temperaturas inferiores que se presentan durante la noche en sitios altos.

e. La naturaleza de la superficie terrestre y la conductividad térmica de la capa subyacente, también influyen en la amplitud de la temperatura del aire en superficie.

f. La naturaleza del terreno circundante, es también muy importante pues la temperatura de un lugar dado, puede ser modificada por el flujo de aire cálido o de aire frío que viene de las zonas vecinas. La influencia del medio ambiente circundante se hace evidente en las grandes ciudades: en noches sin nubosidad y viento en calma, las temperaturas en el centro de la ciudad pueden sobrepasar en  $5^{\circ}\text{C}$  las observadas en los campos vecinos; durante el día, las temperaturas están igualmente

influenciadas por el calor desprendido por los edificios de la ciudad y por todo el género de actividades que en ella se desarrollan.

g. La amplitud diurna de la temperatura del aire en superficie es mayor en las épocas cálidas y menor en las épocas frías; es también, mayor en las épocas secas o menos lluviosas y menor en las épocas húmedas.

h. La amplitud o variación diurna de la temperatura del aire en superficie es, relativamente, más pequeña en los días en los cuales el aire presenta un movimiento apreciable (no está en calma); en esa situación, el aire se mezcla en un gran espesor y, como consecuencia, las ganancias y pérdidas de calor que se producen durante el día y la noche, se reparten en un gran número de moléculas. Por el contrario, cuando no hay movimiento del aire (en calma) la variación diurna de la temperatura del aire en superficie es más apreciable. Igual se puede afirmar de los meses en los cuales se presenta o no, un movimiento apreciable del aire.

i. La presencia de nubosidad, en un lugar dado, reduce la amplitud de la temperatura. Durante el día, las nubes reflejan la mayor parte de la radiación solar y ella no alcanza por lo tanto, la superficie de la tierra; por el contrario, de noche las nubes absorben la radiación emitida por la tierra y se la devuelven. Las nubes cumplen así, el papel de un invernadero, a nivel diario o mensual, que impide que la superficie de la tierra se enfríe.

j. Esta marcha de la temperatura es bastante regular en días o meses despejados y con viento en calma, pero puede sufrir modificaciones irregulares, ocasionadas por el pasaje de nubes delante del sol, cambio de dirección del viento, pasaje de frentes, etc.

#### Información utilizada

Teniendo en cuenta que en Colombia, la variación de la temperatura del aire es muy homogénea en su presentación horaria, puesto que el país se ubica dentro de la región tropical, más específicamente dentro de la ecuatorial, se considera que, la variación diurna de la temperatura puede ser definida para Bogotá, y visualizada para Colombia, con base en los datos observados en la estación denominada Observatorio Meteorológico Nacional ubicada en el extremo NE de la Ciudad Universitaria de Bogotá (Universidad Nacional de Colombia), en zona aledaña a las edificaciones del Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC) sitio que a su vez, se localiza aproximadamente en el centro de Colombia.

La descripción de la ubicación del Observatorio y de las zonas aledañas, se encuentra en IGAC (1961), reproducida en Eslava (1990), y es la siguiente: una cadena de montañas que bordea al Distrito Especial de Bogotá se extiende desde el sur (S) hacia el noreste (NE), donde la menor distancia

es aproximadamente de dos y medio kilómetros en línea recta al este (E); dentro de esta cadena, que es un ramal de la cordillera Oriental, se encuentran de sur (S) a norte (N) las siguientes elevaciones: Páramo de Cruz Verde con 3663 m de altitud, Cerro de Guadalupe con 3250 m de altitud y 650 m de altura sobre el nivel de Bogotá, Cerro de Monserate con 3160 m de altitud y 560 m sobre el nivel de Bogotá, Cerro Piedras con 3333 m de altitud, al oeste (W) se extiende la Sabana de Bogotá. Las coordenadas geográficas del Observatorio son: 4° 38' 29" de latitud norte, 74° 05' 00" de longitud al oeste de Greenwich (4 horas, 56 minutos, 20 segundos al oeste de Greenwich), altitud de 2556 m, aceleración de la gravedad 977.4051 cm/seg<sup>2</sup>.

Los valores horarios de la temperatura del aire en Bogotá se midieron con dos (2) Psicrómetros "Fuess", un (1) termógrafo "Fuess" de registro semanal, un (1) termógrafo "Richard" de registro semanal y un (1) termógrafo "Instrument Corporation" de registro diario, ubicados dentro de casetas meteorológicas de madera, instaladas dentro de un lote de terreno de 20 x 20 m, cercado con malla metálica, en el costado sur del edificio del IGAC, a una distancia aproximada de 75 m.

Esos valores horarios fueron verificados y homogeneizados en su oportunidad, y se publicaron en las siguientes referencias. Servicio Meteorológico Nacional (1950), Ministerio de Agricultura — División de Investigación (1952—1958) e Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (1959—1961). Esta serie de datos cubre el período 1941—1960; verificada, procesada y homogeneizada según los métodos meteorológicos y estadísticos usuales, permitió definir los valores medios para cada hora, mes y año (Tabla 1).

Tabla 1

Temperatura media horaria del aire en Bogotá, (°C)

HORA	ENERO	FEBRE	MARZO	ABRIL	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOST	SEPTI	OCTUB	NOVIE	DICIE	AGO
01	9.5	9.6	10.6	10.7	10.9	10.5	9.9	9.9	9.5	10.2	10.2	10.2	10.1
02	9.0	9.2	10.2	10.4	10.5	10.1	9.6	9.5	9.0	9.8	9.8	9.7	9.7
03	8.6	8.7	9.8	10.0	10.2	9.8	9.3	9.2	8.7	9.5	9.5	9.3	9.4
04	8.2	8.4	9.6	9.8	10.0	9.5	9.0	8.9	8.5	9.2	9.3	9.1	9.1
05	7.8	8.1	9.3	9.7	9.8	9.3	8.8	8.7	8.3	8.9	9.0	8.7	8.9
06	7.6	7.7	9.1	9.6	9.8	9.3	8.8	8.5	8.1	8.9	8.9	8.6	8.7
07	8.5	8.5	10.2	11.1	11.5	10.8	10.5	10.3	10.1	10.6	10.7	10.2	10.2
08	11.8	11.8	12.9	13.6	13.8	13.3	12.7	12.7	12.8	13.3	13.4	12.7	12.9
09	14.3	14.3	15.2	15.5	15.4	14.7	14.4	14.4	14.9	15.1	15.4	14.9	14.9
10	16.5	16.4	16.8	16.5	16.4	15.8	15.4	15.6	16.2	16.5	16.9	16.8	16.3
11	17.9	18.2	17.9	17.7	17.1	16.6	16.1	16.5	16.9	17.3	17.8	17.9	17.3
12	18.7	19.1	18.6	18.0	17.6	17.1	16.6	16.9	17.4	17.6	18.3	18.6	17.9
13	19.1	19.4	19.2	18.5	18.1	17.6	17.1	17.5	17.8	17.6	18.4	18.7	18.2
14	18.9	18.9	19.0	18.2	18.0	17.6	17.2	17.4	17.9	17.2	17.8	18.5	18.0
15	18.6	18.5	18.6	17.8	17.7	17.3	17.1	17.3	17.8	16.9	17.2	17.8	17.7
16	17.6	17.7	17.9	17.1	17.3	16.9	16.7	16.8	17.2	16.3	16.5	16.9	17.1
17	16.5	16.6	16.9	16.3	16.4	16.0	16.0	16.0	16.4	15.6	15.4	15.8	16.2
18	15.1	15.4	15.5	15.1	15.3	15.0	14.9	14.9	15.0	14.4	14.4	14.7	15.0
19	13.6	14.1	14.2	13.8	14.2	13.9	13.7	13.7	13.8	13.4	13.4	13.7	13.8
20	15.0	15.3	15.5	15.2	15.5	15.2	14.9	14.9	15.0	14.8	14.9	15.1	15.1
21	12.1	12.3	12.8	12.5	12.6	12.3	12.0	11.9	12.0	12.0	12.0	12.1	12.2
22	11.4	11.5	12.3	12.0	12.1	11.8	11.3	11.4	11.2	11.4	11.6	11.5	11.6
23	10.7	10.8	11.8	11.5	11.8	11.3	10.8	10.8	10.6	11.2	11.2	11.1	11.1
24	10.1	10.2	11.1	11.2	11.4	10.8	10.3	10.4	9.8	10.6	10.7	10.7	10.6
MED	13.1	13.3	13.9	13.7	13.8	13.4	13.0	13.0	13.0	13.2	13.4	13.4	13.3

Por su parte, los valores máximos y mínimos para cada mes y año (Tabla 2), se extractaron de Montealegre (1979), excepto algunos máximos absolutos (abril, mayo, septiembre, noviembre y diciembre) y mínimos absolutos (febrero, abril, julio, octubre y noviembre), que se tomaron de IGAC (1961); las amplitudes se calcularon en función de esos valores.

Tal y como sucedió con los valores horarios de presión, véase Eslava (1990), para el análisis de la variación diurna de la temperatura del aire en Bogotá sólo se tomó el período comprendido entre

Tabla 2

Valores máximos y mínimos de temperatura del aire en Bogotá, en °C

Mes	Máxima absoluta	Máxima media	Media	Mínima media	Mínima absoluta	Amplitud Absoluta	Amplitud Media
ENERO	25.2	20.1	13.1	6.6	-1.5	26.7	13.5
FEBRERO	25.0	20.4	13.3	7.3	*-5.2	30.2	13.1
MARZO	25.0	20.4	13.9	8.3	-0.4	25.4	12.1
ABRIL	*24.2	19.6	13.7	9.2	*1.0	25.2	10.4
MAYO	*24.6	19.5	13.8	9.3	3.7	20.9	10.2
JUNIO	24.7	18.9	13.4	8.8	3.0	21.7	10.1
JULIO	25.0	18.6	13.0	8.4	*0.4	24.6	10.2
AGOSTO	23.3	18.9	13.0	8.1	0.4	22.9	10.8
SEPTIEMBRE	*24.0	19.2	13.0	7.8	0.3	23.7	11.4
OCTUBRE	25.1	19.3	13.2	8.3	*2.0	23.1	11.0
NOVIEMBRE	*23.4	19.6	13.4	8.5	*0.5	22.9	11.1
DICIEMBRE	*23.8	19.0	13.4	7.4	-1.1	24.9	11.6
AÑO	25.2	19.5	13.3	8.2	-5.2	30.4	11.3

FUENTE: Datos básicos tomados de Montealegre (1979); excepto los señalados con asterisco (\*) que fueron extractados de IGAC (1961) y la Media que se determinó con base en las 24 observaciones horarias (Tabla 1).

1941 y 1960, puesto que durante ese intervalo el Observatorio tuvo la ubicación más representativa y estable de toda su historia y, porque son los únicos datos publicados al respecto.

De 1961 a 1968 aún cuando el IGAC, entidad responsable del Observatorio en esa época, continuó con la toma de la información horaria, esta no se ha publicado y la información original no se ha verificado, procesado ni homogeneizado y, por lo tanto, su utilización directa podría introducir serios errores en los análisis; del año 1969 en adelante el Servicio Colombiano de Meteorología e Hidrología, SCMH, (actualmente Instituto Colombiano de Hidrología, Meteorología y Adecuación de Tierras, HIMAT), se encargó de la operación de dicha estación y suspendió la observación horaria de la información; además, el crecimiento y desarrollo del IGAC, en cuyos predios aún funciona la estación, ocasionó que el llamado Observatorio Meteorológico Nacional se trasladara al costado norte del edificio del IGAC y se encuentre, actualmente, rodeado de un parqueadero asfaltado, lo que, obviamente, le ha quitado toda representatividad a la nueva información que suministra, desde el punto de vista de los análisis meteorológicos que tienden a determinar el régimen normal y natural.

#### Variación diurna de la temperatura del aire

Del análisis de la información, señalada en la Tabla 1, se confirma la presencia de un valor máximo y un valor mínimo diario en la temperatura del aire; es decir, la llamada variación diurna que coincide en términos generales con lo que sucede en la región tropical.

El máximo horario se registra en todos los meses, y a nivel anual, a las 13 HL (excepto en julio y septiembre, cuando ocurre a las 14 HL); en junio se presenta el valor máximo (igual) a las 13 HL y 14 HL, lo cual puede estar indicando que el máximo valor ocurre en promedio, alrededor de las 13:30 HL. Los mínimos ocurren a las 06 HL; en mayo, junio, julio y octubre, también ocurren a las 05 HL, por lo que puede considerarse que el mínimo valor se presenta cerca de las 05:30 HL.

La amplitud máxima absoluta de esta variación oscila entre 21°C y 30°C y los valores medios de la amplitud oscilan entre 10°C y 14°C.

El valor más alto (máximo absoluto de 25.2°C) ocurrió en enero y el más bajo (mínimo absoluto de -5.2°C) se registró el 12 de febrero de 1948 (véase IGAC, 1961).

En general, la variación diurna de la temperatura en Bogotá a través del año, presenta otras características un poco complejas, que pueden sintetizarse en la siguiente forma:

a. a la salida del Sol, alrededor de las 06 HL, las temperaturas son relativamente bajas (8.7°C,

en promedio anual); con los valores más bajos en los meses de enero (7.6°C), febrero (7.7°C) y septiembre (8.1°C) y, los más altos en abril (9.6°C) y mayo (9.8°C);

b. entre las 06 HL y 10 HL, la temperatura asciende rápidamente y a las 10 HL, en promedio anual, ya es de 16.3°C; a esta hora los valores más bajos ocurren en junio (15.8°C), julio (15.4°C) y los más altos en noviembre (16.9°C), diciembre (16.8°C) y marzo (16.8°C);

c. a las 13 HL, se presenta la máxima temperatura media horaria, en promedio anual de 18.2°C, con el valor promedio más bajo en julio (17.1°C) y el más alto en febrero (19.4°C);

d. A partir de las 14 HL, además de un descenso gradual de la temperatura, ocurre fundamentalmente un cambio en las épocas de presentación de los valores mínimos y máximos: entre las 14 HL y 20 HL; los mínimos ocurren en octubre y/o noviembre (los meses más lluviosos) y, los máximos en marzo (relativamente seco); entre las 20 y 06 HL, los mínimos ocurren en septiembre, enero y/o febrero (relativamente secos) y los máximos con mayor frecuencia en mayo (lluvioso);

e. las 07 HL, es la hora en la cual a través del año, ocurren mayores variaciones; para esa hora la amplitud anual es de 3.0°C; al contrario, a las 20 HL se presenta la menor amplitud anual (0.7°C). Además, existen otro máximo y mínimo relativo de amplitud anual, a las 12 HL (2.5°C) y a las 09 HL (1.2°C).

Para mayor ilustración se presentan a manera de ejemplo, las gráficas representativas de la variación diurna de la temperatura del aire en los meses de solsticios (junio y diciembre) y equinoccios (marzo y septiembre) y a nivel medio anual (Figs. 1 a 5), y la variación de la amplitud máxima mensual (temperatura máxima absoluta menos temperatura mínima absoluta) y de la amplitud media mensual (temperatura máxima media menos temperatura mínima media (Fig. 6), y la variación horaria de la amplitud para cada mes (Fig. 7).

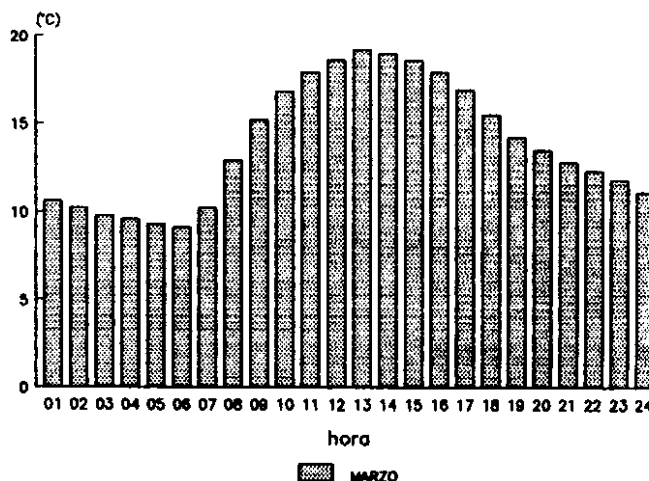


Figura 1. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Marzo.

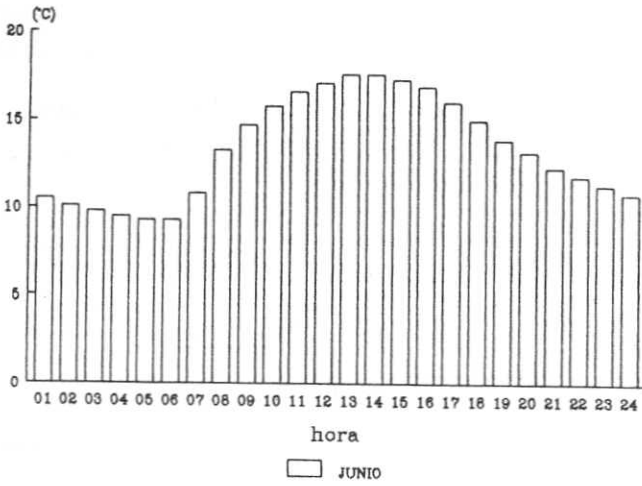


Figura 2. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Junio.

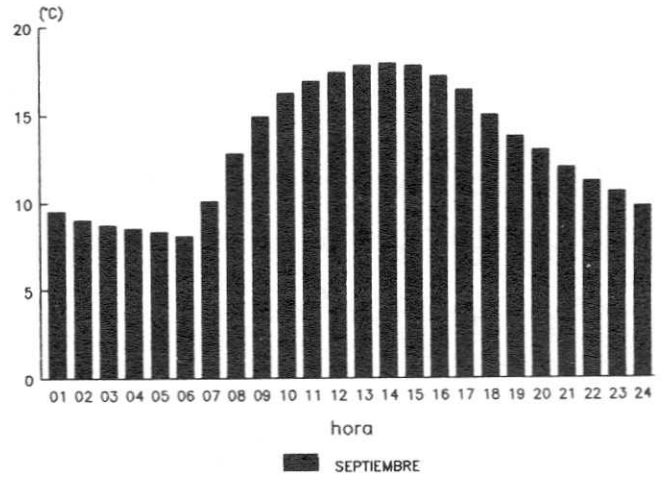


Figura 3. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Septiembre.

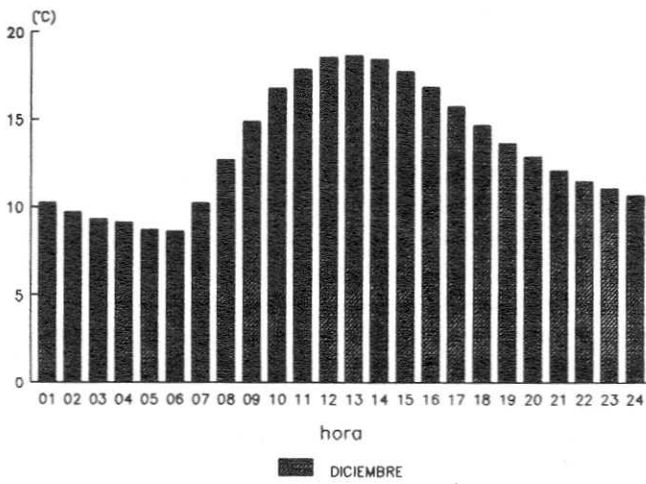


Figura 4. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Diciembre.

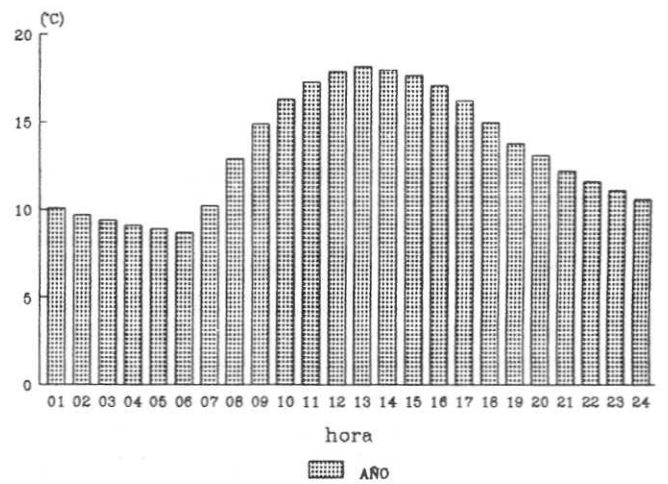


Figura 5. Variación horaria de la temperatura media del aire, en Bogotá. Valor medio anual.

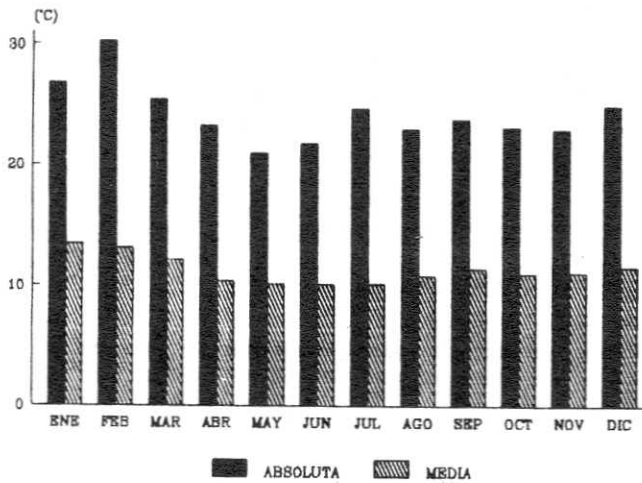


Figura 6. Variación interanual de la amplitud mensual de la temperatura del aire, en Bogotá.

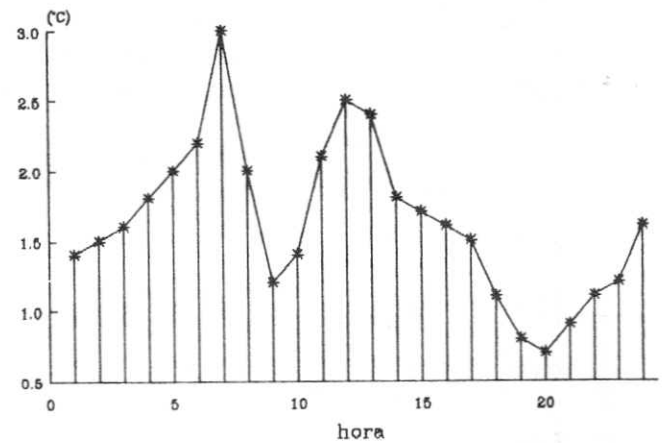


Figura 7. Variación horaria de la amplitud anual de la temperatura del aire, en Bogotá.

Por otra parte, al comparar el valor medio de la temperatura del aire, determinado con base en los 24 valores horarios (ecuación [1]) y los que se obtienen aplicando algunas de las fórmulas que se han usado en diferentes épocas (ecuaciones [2] a [6]), se encuentra que las desviaciones son significativas (véase Tabla 3). La ecuación que más se ajusta es la [5] que fue usada por la Federación Na-

cional de Cafeteros, antes de la década del setenta, pero desechada por inoperativa; la ecuación [6] que presenta la segunda menor desviación es la que tradicionalmente se ha considerado como la más inexacta. La ecuación que actualmente se aplica es la [2], que presenta la tercera menor desviación (véase Tabla 3 y Fig. 8).

$$T = [\sum T_i] / 24 \quad [1]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{19}] / 4 \quad [2]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + T_{19}] / 3 \quad [3]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + T_{18}] / 3 \quad [4]$$

$$T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{20}] / 4 \quad [5]$$

$$T = [T_x + T_m] / 2 \quad [6]$$

T = temperatura del aire media diaria;  $T_{07}$ ,  $T_{13}$ ,  $T_{18}$ ,  $T_{19}$ ,  $T_{20}$  = temperatura del aire a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente;  $T_i$  = temperatura del aire horaria, donde  $i = 1$  a 24 horas;  $T_x$  = temperatura máxima media del aire;  $T_m$  = temperatura mínima media del aire.

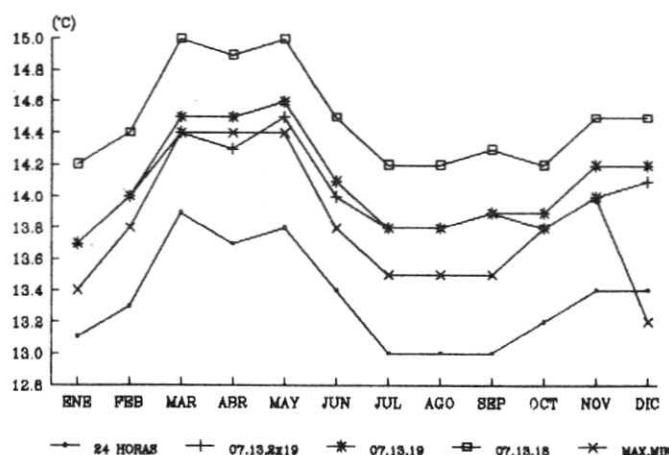


Figura 8. Comparación de valores medios diarios de temperatura del aire, en Bogotá, calculados con diferentes fórmulas.

Tabla 3

Valores medios diarios de temperatura del aire en Bogotá, °C, calculados con diferentes ecuaciones

MES	TEMPERATURAS MEDIAS						DESVIACIONES					
	[1]	[2]	[3]	[4]	[5]	[6]	[2]-[1]	[3]-[1]	[4]-[1]	[5]-[1]	[6]-[1]	
ENERO	13.1	13.7	13.7	14.2	13.4	13.4	0.6	0.6	1.1	0.3	0.3	
FEBRERO	13.3	14.0	14.0	14.4	13.6	13.8	0.7	0.7	1.1	0.3	0.5	
MARZO	13.9	14.4	14.5	15.0	14.1	14.4	0.5	0.6	1.1	0.2	0.5	
ABRIL	13.7	14.3	14.5	14.9	14.0	14.4	0.6	0.8	1.2	0.3	0.7	
MAYO	13.8	14.5	14.6	15.0	14.2	14.4	0.7	0.8	1.2	0.6	0.6	
JUNIO	13.4	14.0	14.1	14.5	13.7	13.8	0.6	0.7	1.1	0.3	0.4	
JULIO	13.0	13.8	13.8	14.2	13.4	13.5	0.8	0.8	1.2	0.4	0.5	
AGOSTO	13.0	13.8	13.8	14.2	13.4	13.5	0.8	0.8	1.2	0.4	0.5	
SEPTIEMBRE	13.0	13.9	13.9	14.3	13.5	13.5	0.9	0.9	1.3	0.5	0.5	
OCTUBRE	13.2	13.8	13.9	14.2	13.4	13.8	0.6	0.7	1.0	0.2	0.6	
NOVIEMBRE	13.4	14.0	14.2	14.5	13.7	14.0	0.6	0.8	1.1	0.3	0.6	
DECIEMBRE	13.4	14.1	14.2	14.5	13.7	13.2	0.7	0.8	1.1	0.3	-0.2	
AÑO	13.3	14.0	14.1	14.5	13.6	13.8	0.7	0.8	1.2	0.3	0.5	

$$[1] T = [\sum T_i] / 24$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[2] T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{19}] / 4$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[3] T = [T_{07} + T_{13} + T_{19}] / 3$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[4] T = [T_{07} + T_{13} + T_{18}] / 3$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[5] T = [T_{07} + T_{13} + 2xT_{20}] / 4$$

Valores calculados con datos de Tabla 1

$$[6] T = [T_x + T_m] / 2$$

Valores calculados con datos de Tabla 2

T - temperatura del aire media diaria;  $T_{07}$ ,  $T_{13}$ ,  $T_{18}$ ,  $T_{19}$ ,  $T_{20}$  - temperatura del aire a las 07, 13, 18, 19 y 20 horas, respectivamente;  $T_i$  - temperatura del aire horaria, donde  $i = 1$  a 24 horas;  $T_x$  - temperatura máxima media del aire;  $T_m$  - temperatura mínima media del aire.

Variación anual de la temperatura del aire en Bogotá

La temperatura media en Bogotá, calculada con base en las 24 observaciones por día, que a nivel anual es de 13.3°C, presenta variaciones durante el transcurso del año que se caracterizan por una relativa complejidad y que muestra la existencia de un doble máximo y un doble mínimo relativo de temperatura media mensual (Tablas 1 y 3, Fig. 9).

- La época con mayores valores medios de temperatura corresponde al trimestre que cubre los meses de marzo (13.9°C), abril (13.7°C) y mayo (13.8°C); meses que corresponden al primer período lluvioso del año.
- Las más bajas temperaturas medias mensuales (13.0°C) se presentan durante el trimestre de julio a septiembre, que corresponde a uno de los dos períodos relativamente secos que ocurren en Bogotá.
- Las otras dos épocas —intermedias— de máximas y mínimas temperaturas medias mensuales, ocurren en noviembre y diciembre (2o. período lluvioso del año) con 13.4°C, el de máxima, y en enero (mes con muy bajas precipitaciones) con 13.1°C, el de mínima.
- Los meses de febrero (13.3°C), junio (13.4°C) y octubre (13.2°C), presentan valores muy similares al promedio anual, pueden considerarse como meses de transición entre las diferentes épocas relativamente calientes y frías.
- Las temperaturas extremas (absolutas y medias) presentan la misma constancia (relativamente muy baja amplitud) e igual variabilidad que los valores medios; la oscilación media de los valores extremos oscila alrededor de los 11°C y en casos extremos, muy poco probables, puede llegar a los 30°C (Tabla 2 y Fig. 10).

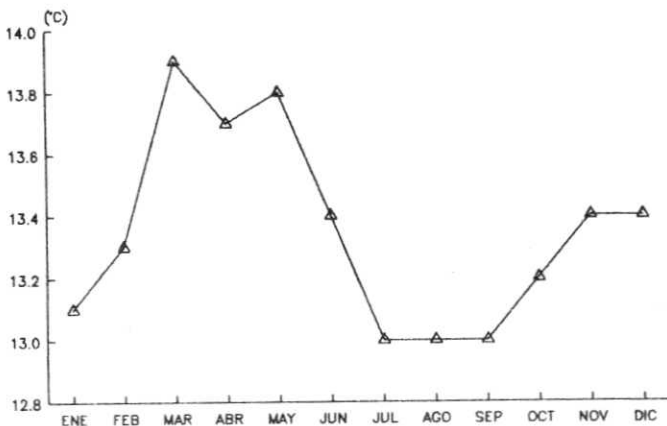


Figura 9. Variación interanual de la temperatura media del aire, en Bogotá.

- El valor más alto de temperatura del aire, que se ha registrado en Bogotá, ha sido de 25.2°C (en enero) y el más bajo de -5.2°C (el 12 de febrero de 1948, véase IGAC, 1961); la máxima media oscila alrededor de los 19.5°C y la mínima media alrededor de los 8.2°C.
- Las temperaturas más altas y más bajas ocurren, con mayor frecuencia, en los meses de enero y febrero; estos meses se caracterizan por la poca nubosidad y precipitación, óptimo ingreso de radiación solar y muy fácil salida de la radiación terrestre. Todas estas características, aunadas, hacen que los meses de enero y febrero sean los más aptos para que el fenómeno de Heladas se haga presente.

Es de anotar que algunos de los análisis que se han efectuado en el presente trabajo, difieren de los presentados por Montealegre (1979); ya que aca, se han utilizado los valores medios de temperatura determinados con base en 24 observaciones por día.

Conclusiones

Se comprueba que el régimen normal de variación anual de la temperatura del aire en Bogotá se caracteriza por una distribución con dos períodos de máximas y dos de mínimas temperaturas medias mensuales que, coinciden con las épocas más lluviosas y menos lluviosas, respectivamente.

También, se comprueba que el régimen normal de variación diurna de la temperatura media del aire en superficie, en Bogotá, se caracteriza por la existencia de un máximo y un mínimo horario, que se presentan alternadamente, el máximo un poco después de las 13 HL y el mínimo cerca a las 06 HL; el valor más alto, que se ha registrado, es de 25.2°C en enero y el más bajo de -5.2°C en febrero. La amplitud máxima absoluta ha oscilado entre 20.9°C y 30.2°C y la amplitud media entre 10.1°C y 13.5°C.

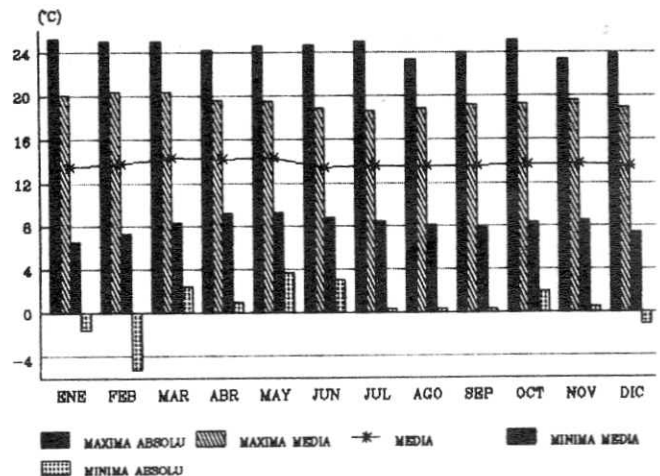


Figura 10. Variación interanual de los valores extremos y medios de la temperatura del aire, en Bogotá.

Igualmente, se muestra que sólo una de las ecuaciones utilizadas en pasadas épocas (distinta de la que actualmente se aplica) para la determinación de los valores medios diarios de la temperatura del aire, se ajusta bien a aquella que aplica el promedio aritmético de las 24 observaciones horarias por día. Lo anterior demuestra que, por lo menos, existe un problema para la definición de los valores medios diarios de la temperatura y, por lo tanto, se considera necesario recomendar la realización de un estudio que cubra todo el país, que cuantifique exactamente las desviaciones y que defina la ecuación más adecuada para aplicar en Colombia.

### Bibliografía

De Fina, A. & Ravelo, A. 1973. Climatología y fenología agrícolas. 282 pp. Eudeba, Buenos Aires.

De Martonne, E. 1963. Tratado de Geografía Física. Tomo I. 9a. Edición 520 pp. Editorial Juventud, Barcelona.

Eslava, J. 1990a. La presión atmosférica en Colombia (Mscr). 159 pp. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.

----- 1990b. Características de la variación de la temperatura del aire en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 222-237. Acoge, Montería.

----- 1990c. Características de la variación diurna de la presión atmosférica en Bogotá. Memorias del XI Congreso Colombiano de Geografía. pp. 238-249. Acoge, Montería.

Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" (IGAC). 1959. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1958. 151 pp. IGAC, Bogotá.

----- 1960. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1959. 151 pp. IGAC, Bogotá.

----- 1961. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1960. 215 pp. IGAC, Bogotá.

Lowry, W.P. 1973. Compendio de apuntes de climatología para la formación de personal meteorológico de la Clase IV. Publicación de la Organización Meteorológica Mundial (OMM) No. 327. 168 pp. OMM, Ginebra.

Mertins, H. 1976. Compendio de apuntes de meteorología marítima para la formación de personal meteorológico de la Clase III y Clase IV. Publicación OMM No. 434. 240 pp. OMM, Ginebra.

Ministerio de Agricultura – División de Investigación. 1952-1958. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1944 a 1957. Bogotá.

Montealegre, J. 1979. Análisis estadístico de algunos parámetros meteorológicos en Bogotá. Publicación Aperiódica No. 44, HIMAT, 56 pp. Bogotá.

Pettersen, S. 1968. Introducción a la meteorología. 429 pp. Espasa-Calpe, Madrid.

Retallack, B.J. 1973. Compendio de apuntes para la formación del personal meteorológico de la Clase IV; Vol. II, Meteorología. Publicación OMM No. 266. 357 pp. OMM, Ginebra.

Riehl, H. 1954. Tropical meteorology. 392 pp. MacGraw-Hill, New York.

----- 1979. Climate and weather in the tropics. 612 pp. Academic Press, London.

Servicio Meteorológico Nacional 1950. Anales del Observatorio Meteorológico Nacional – Ciudad Universitaria 1941, 1942, 1943, 226 pp. Bogotá.

Stanescu, S. & J. Díaz, 1971. Estudio preliminar de la temperatura del aire en Colombia. Publicación aperiódica 26, SCMH. 81 pp. SCMH, Bogotá.

# MOTILIDAD, MORFOLOGIA, CONCENTRACION Y NUMERO DE ESPERMATOZOIDES EN REPRODUCTORES DE TRUCHA ARCO IRIS *ONCORHYNCHUS MYKIIS* (PISCES: SALMONIDAE)

por

Renán Piñeros-Piñeros & Plutarco Cala-Cala\*

## Resumen

Piñeros, R. & P. Cala: Motilidad, morfología, concentración y número de espermatozoides en reproductores de trucha Arco Iris *Oncorhynchus mykiis* (Pisces: Salmonidae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 75-81, 1991. ISSN 0370-3908.

Siete días después de la extracción manual del semen en 66 padrotes mantenidos en una temperatura del agua cercana a los 12°C, fue posible una nueva extrusión de semen. Los peces se dividieron en tres grupos según el peso: menores de 350 gr, entre 350-500 g y con más de 500 g. La concentración de espermatozoides varió entre 1.650 y 25.780 millones por mm de semen. No se encontraron diferencias significativas entre los tres grupos en cuanto a la concentración de esperma, la motilidad y la viabilidad de los espermatozoides.

## Abstract

From 66 male trout classified according to weight (less than 350 g, 350-500 g and large than 500 g) a second sperm extrusion was obtained seven days after the first one. The total concentration of spermatozoa varied from 1.650 to 25.780 million per millimeter in the second extrusion. No significant differences in concentration, motility and viability of spermatozoa were found when comparing the three groups.

La trucha "arco iris", *Oncorhynchus mykiis*, es un salmónido propio de los ríos de la cuenca del Pacífico de América del Norte que habita desde Alaska hasta el sur de Oregon y California. En Colombia esta especie fue introducida en 1939 con ejemplares provenientes del río Sacramento (Del Real, 1976). Se cultivó por primera vez en la Estación de las Cintas en el Lago de Total (Boyacá). Esta estación al igual que la de los Pozos fue construida por el Ministerio de Economía (actualmente M. de Desarrollo) (Ramos, 1973).

Fenotípicamente la trucha arco iris, a diferencia de otros salmónidos que tienen la piel cubierta de puntos rojos, presenta numerosos puntos negros estrellados en estado adulto, posee sobre los flancos una banda rosada con reflejos irisados particularmente visible en los machos durante la época de la reproducción.

Los machos presentan prognatismo mandibular, más evidente en estado adulto. Su color es más oscuro, generalmente son de menor tamaño. Al llegar al año ya producen semen, pero sólo se emplean como reproductores entre los 2 y los 5 años (Pons Rosello, 1979), las hembras alcanzan su madurez sexual a los 2 años.

\* Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá, D.E.

En estado natural las truchas sexualmente maduras inician su reproducción cuando la temperatura aumenta en la primavera, influyendo también en ello el fotoperíodo (e. g. **Stevenson, 1987**). En el trópico, la maduración puede tener lugar en cualquier época del año, con máximo de maduración gonadal hacia los meses de septiembre-noviembre.

Los espermatozoides, una vez activados por el contacto con el agua, presentan motilidad de su cola la cual decae rápidamente. La supervivencia del espermatozoide en el agua depende principalmente de la diferencia de contenido de sales entre el agua y el cuerpo del pez; a mayor diferencia menor será su tiempo de vida (**Lagler et al., 1977**).

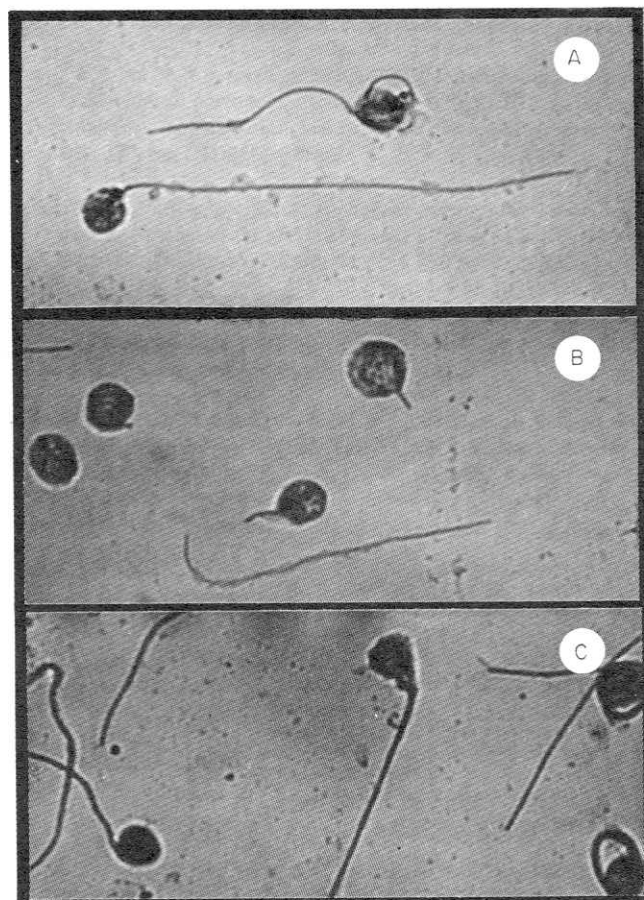
Estos espermatozoides no poseen acrosoma, hecho posiblemente asociado con la presencia de micrópilo en el oocito (**Zanuy y Carrillo, 1987**). Son corpúsculos móviles de 25–50 micras de longitud diferenciados en una cabeza bastante gruesa y una cola filiforme.

Se ha demostrado en el laboratorio que con el uso de un diluyente, se requieren  $2 \times 10^5$  espermatozoos por óvulo para fecundaciones superiores al 90% (**Blanco Cachafeiro, 1977**). Otros estudios señalan que al utilizar semen congelado, son necesarios  $3 \times 10^6$  espermatozoides por óvulo, para obtener una fecundidad satisfactoria (**Stoss y Holtz, 1981**).

La recolección de muestras se efectuó en la Estación Piscícola del Neusa (CAR) a orillas del embalse del mismo nombre, Depto. de Cundinamarca a 3.000 m.s.n.m., y con una temperatura promedio del agua de 12°C. Se seleccionaron 78 machos sexualmente maduros, hecho que se verificó extrayéndoles semen por medio de extrusión.

Los análisis del material se llevaron a cabo en los laboratorios de la Estación Piscícola del Neusa y de Genética de la Facultad de Medicina y del Departamento de Biología de la Universidad Nacional de Colombia en Bogotá.

Se registraron el peso y la longitud total de cada uno de los peces, los cuales fueron marcados en la aleta dorsal con un dispositivo plástico numerado sucesivamente. El registro de las medidas, el marcado y la obtención de la muestra de semen no se hicieron en la misma jornada, para evitar la excesiva manipulación de los animales que puede causarles la muerte. Los especímenes seleccionados fueron separados de los demás reproductores de la estación. Con el fin de estimular la espermiogénesis (**Baurreau, 1984**) se colocaron de 2 a 3 hembras por cada 15 a 20 machos dentro de un mismo estanque. La temperatura promedio del agua del estanque fue de 12°C y la alimentación se les suministró a saciedad. Las muestras fueron obtenidas a los 7 días (84 grados/día) de reposo. Se utilizó éste período ya que se aproxima al descrito por **Huet (1983)** de 70 grados/día, en razón de lo impreciso



**Figura 1.** A. Espermatozoide normal de trucha arco iris (parte superior). Aumento 2000x. B. Espermatozoides con la cola fraccionada en un segmento diferente al de inserción y cabezas desprendidas de sus colas desde el segmento de inserción. Aumento 2000x. C. Espermatozoides con la cabeza elongada (centro). Cola doblada e inserción abaxial (izquierda). Aumento 2000x.

de los rangos mencionados por otros autores (e. g. **Bourreau, 1984; Stevenson, 1987**).

La obtención del semen se hizo mediante extrusión o masaje en dirección cráneo-caudal sobre la región abdominal.

Con el fin de garantizar muestras no contaminadas los machos fueron sometidos a ayuno dos días antes de la obtención de las mismas (**Bourreau, 1984; Huet, 1983**); no se utilizó anestésico y con el fin de evitar la activación del esperma al contacto con el agua se secó cuidadosamente el poro genital de cada pez.

Debido al elevado número de espermatozoides se hizo indispensable realizar una dilución del eyaculado. Tras determinar que una dilución de 1:450 a 1:500 era la adecuada para el recuento en cámaras con divisiones de  $1/400$  de  $\text{mm}^2$  por  $1/10$  de  $\text{mm}$  de profundidad, utilizando solución salina al 0.8% como diluyente. La metodología de preparación y la técnica de recuento utilizadas fueron las descritas por **Sorensen (1982)**.

Las anomalías morfológicas de las células espermáticas se determinaron según las células normales utilizadas como referencia por **Lagler et al. (1977)**.

Debido a que no todos los espermatozoides que carecen de movimiento están muertos, se ha utilizado la prueba de viabilidad en la determinación del porcentaje de células vivas y muertas en el momento de la tinción, como una evaluación relativamente más fiel que la evaluación visual (Sorensen, 1982). La coloración diferencial es la base de éste análisis, ya que al igual que en mamíferos, los espermatozoides de la trucha resisten los colorantes supravitales (Sorensen, 1982).

La motilidad se expresa como el porcentaje de células vivas que se deslizan en cualquier dirección sin importar la velocidad en que lo hagan (Sorensen, 1982). Con el fin de asegurar una evaluación en la motilidad inicial, sólo se tuvieron en cuenta las muestras que a 200 aumentos presentaban motilidad muy escasa o nula. Ninguna muestra fue almacenada por más de 3 minutos. La observación se efectuó a 450 aumentos colocando sobre la lámina una gota de semen sin diluir y sobre ella una proporción 10 veces mayor de diluyente. Tras hacer un extendido se observó sin laminilla, siguiendo los parámetros señalados por Blanco Cachafeiro (1977) y Moreira (1988).

Se conformaron tres grupos según el peso, partiendo del rango normal para reproductores señalado por Huet (1983). Cada grupo se integró con un mínimo de 18 machos así: grupo 1 para menores de 350 gr; grupo 2 para los comprendidos entre 351 y 500 gr y grupo 3 para los mayores de 500 gr. El modelo estadístico utilizado fue:

$$Y_{ij} = U + T_i + E_{ij}; \quad \begin{array}{l} i = 1 \dots t \\ j = 1 \dots n \end{array}$$

donde U es el efecto medio verdadero,  $T_i$  el efecto verdadero del  $i$ -ésimo grupo, y  $E_{ij}$  es el efecto verdadero de la  $j$ -ésima unidad experimental sujeta al  $i$ -ésimo grupo (Ostle, 1979).

Las variables volumen de eyaculado, concentración y número total de espermatozoides fueron sometidas a un análisis de varianza y a la prueba de Duncan con un grado de significancia ( $\alpha = 0.05$ ). Estas variables fueron relacionadas empleando el índice de correlación de Pearson. Se considera aceptable el índice con valor igual o superior a 0.6. Además se establecieron las hipótesis:  $H_0$ : No hay diferencia significativa en el resultado del análisis de espermatozoides entre los grupos.  $H_1$ : Hay diferencia significativa en el resultado del análisis de espermatozoides entre los grupos.

## Resultados

**Motilidad.** Los mejores resultados fueron obtenidos utilizando como diluyente agua destilada con bicarbonato de sodio disuelto en concentración del 1% (Blanco Cachafeiro, 1977). Con solución salina del 0.7% (Moreira, 1988), el movimiento fue de menor intensidad y utilizando agua doblemente destilada con bicarbonato de sodio disuel-

to en concentración del 1% (Blanco Cachafeiro, 1977) los movimientos se detenían en menos de 5 segundos corroborando lo descrito por Holtz et al. (1977) referente a la relación entre duración de la motilidad del espermatozoide y la concentración de electrolitos del medio. Los espermatozoides se movieron vigorosamente, haciendo imposible el fijar la vista en ninguno de ellos.

Para los tres grupos de peso (Tabla 1) la motilidad progresiva, es decir en la que los espermatozoides cruzan el campo en dirección rectilínea, fue superior al 90%. Los espermatozoides cruzaron con una velocidad muy superior a la del bovino y del humano, lo que hizo difícil que al evaluar cuantitativamente la motilidad se establecieran intervalos inferiores al 10%.

Esta posibilidad es considerada cualitativamente por Sánchez-Rodríguez y Pillard (1977) en la evaluación de la motilidad de espermatozoides congelados de trucha, asignándole la calificación máxima de 5. En nuestro caso de evaluación de semen fresco la motilidad se expresó en términos cuantitativos como superior al 90%.

Se efectuó una evaluación computarizada en el equipo Cell-software, en el cual fue indispensable utilizar laminilla cubreobjetos, lo que afectó negativamente el movimiento de los espermatozoides, siendo evidente la reducción del movimiento progresivo a un movimiento de escaso cambio de posición. Con el fin de ilustrar la forma en que se afecta la motilidad progresiva superior al 90% debido al uso de cubreobjetos, se tomó una evaluación seleccionada al azar de uno de los diez análisis hechos a igual número de ejemplares, dada la similitud entre éstos (Tabla 2).

En razón de que en todas las muestras de semen no contaminadas y sin almacenar, los resultados, luego de evaluar la motilidad inicial, fueron invariablemente óptimos, no se justificó incluirlos en el análisis de varianza ni en el de correlación.

**Morfología.** En total se evaluaron 10 muestras de cada grupo. Se utilizaron 5 técnicas de tinción. Los resultados obtenidos con cada una de ellas fueron:

Con Giemsa, solución salina al 0.8% como diluyente y fijación de 24 horas. La cabeza difusa y la cola invisible; con Eosina Hematoxilina, solución salina al 0.8% como diluyente y fijación de 24 horas, se observó mayor definición de la cabeza, cola difusa, aunque más nítida que con Giemsa; con Eosina, solución salina al 0.8% como diluyente con fijación de 3 minutos, se observó la cabeza con mayor nitidez, y cola ligeramente apreciable; con Eosina, solución salina al 0.8% bufferizada como diluyente, sin fijación (el colorante y el diluyente fueron mezclados en partes iguales y en forma simultánea con el semen; posteriormente se efectuó un frotis), la cabeza y la cola fueron visibles y aptas

Tabla 1

Medidas de peso, longitud, volumen y concentración de espermatozoides del eyaculado, de una población de 66 machos de trucha arco iris, agrupada por rangos de peso. El grupo 1 reúne animales de menos de 350 g, el grupo 2 de más de 350 g y menos de 500 g y el grupo 3 de más de 500 g de peso.

Variable	No. de peces	Grupo 1	Grupo 2	Grupo 3
	66	24	24	18
<b>Longitud (cm)</b>				
Media	33.62	28.50	33.60	40.42
Rango de variación	25 - 44.5	25 - 33.2	30.5 - 36.5	37 - 44.5
Desviación estándar	5.24	2.67	2.35	2.03
<b>Peso (g)</b>				
Media	427.95	272.08	393.75	681.39
Rango de variación	180 - 800	180 - 325	350 - 460	520 - 800
Desviación estándar	174.427	46.70	30.81	95.88
<b>Volumen (ml)</b>				
Media	4.15	2.83	3.98	6.14
Rango de variación	0.6 - 15	0.6 - 7.2	1 - 8	1 - 15
Desviación estándar	3.33	2.14	2.48	4.49
<b>Concentración (millones/ml)</b>				
Media	9.482	8.584	10.184	9.741
Rango de variación	1.650 - 25.780	1.650 - 19.220	2.400 - 25.700	2.850 - 22.000
Desviación	5.093.75	5.033.08	5.454.48	4.463.94

Tabla 2

Resultados de la evaluación computarizada de la motilidad de los espermatozoides de una trucha arco iris, utilizando laminilla cubre objetos. Del total mótil, sólo se tuvieron en cuenta las células que presentaron desplazamiento en su centro de gravedad, el cual el computador observó 30 veces durante un segundo antes de adjudicarle la calificación de 0 a 4. El ejemplar pesó 369 y midió 33 cm. La dilución utilizada fue de 1:50.

Número de espermatozoides evaluados	300	Volumen del eyaculado (ml)	4
Número de espermatozoides mótiles	234	Total de espermatozoides (millones)	960
Número de espermatozoides no mótiles	66	Calificación promedio de la motilidad	1.5
Porcentaje de espermatozoides mótiles	78		
Concentración de espermatozoos (millones/ml)	240		
Concentración de espermatozoides mótiles (millones/ml)	187.2		

calificación de la motilidad (de 0 a 4)	Espermatozoides contados (N = 234)	% del total
de 0 a 1	103	44
de 1 a 2	79	34
de 2 a 3	52	22
de 3 a 4	0	0

para identificar diferencias morfológicas; pasados tres días la lámina se tornó difusa y fue imposible utilizarla para ésta evaluación.

Con Eosina, solución salina al 0.8% como diluyente, sin fijación, (mezclados en forma simultánea en proporción de una parte de semen por 25 de diluyente y 25 de colorante, el procedimiento restante igual al descrito para la coloración anterior), se obtuvieron los mejores resultados de tinción y

los espermatozoides permanecieron estables, bajo las mismas condiciones de almacenamiento (protegidos sólo de la humedad) que las láminas sometidas a la técnica anterior. A los 30 días de haber sido preparada la lámina conservó las mismas características que permitieron evaluar su morfología inicial. En todas las evaluaciones el fijador fue una dilución 2:1 de etanol y ácido acético, respectivamente.

El secado se efectuó dejando la lámina expuesta al medio ambiente.

Finalmente, los preparados fueron protegidos por una laminilla cubreobjetos utilizando entellan como adherente. El espermatozoide normal de trucha arco iris (Fig. 1-A) es un corpúsculo de cabeza ovoide, ligeramente más larga que ancha, achatada en el lugar de inserción de la cola y en el polo opuesto. La longitud de la cola es 9 a 10 veces mayor que la cabeza. Carecen de acrosoma y de región intermedia en el lugar de inserción de la cola. Aproximadamente la cabeza del espermatozoide mide 4.5 a 5 micras de ancho y 5.5 a 6 micras de largo, la cola mide 50 micras de largo por 0.5 micras de ancho. La anomalía más notable y frecuente es el espermatozoide fraccionado, es decir cabezas separadas de sus colas desde el lugar de inserción (Fig. 1-B). Esta malformación no se encontró en proporciones mayores al 10% en ningún caso. También el desprendimiento de la cola puede ser en un segmento diferente al de inserción en la cabeza (Fig. 1-C). Se encuentran otras anomalías menos frecuentes (inferiores al 5% en todas las muestras) como cabeza elongada, cola enrollada en su segmento medio e inserción abaxial de la cola del mismo espermatozoide (Fig. 1-C).

**Viabilidad.** En el caso específico de la evaluación de semen fresco con una motilidad superior al 90%, no se consideró importante su registro ya que las diferencias en el resultado serían las ocasionadas por la muerte de las células durante el proceso de coloración y no porque ya lo estuvieran al iniciar la evaluación. La coloración con que se obtuvieron los mejores resultados en la evaluación morfológica (giemsa sin fijador) puede ser utilizada para la viabilidad ya que ofrece una clara coloración diferencial.

**Relación entre la concentración de espermatozoides y el peso de los peces.** Para los animales que produjeron semen durante el término de reposo de 84 grados/día, la concentración de espermatozoides fluctuó entre 1.650 y 25.780 millones por mililitro (promedio 9.482 mill./ml). (Tabla 1). Schlenk & Kuhmann (citados por Huet, 1983) y Blanco-Cachafeiro (1977) reportan  $1 \times 10^{10}$  y  $3 \times 10^{10}$  espermatozoides por centímetro de semen, respectivamente.

La correlación entre el peso y la concentración de espermatozoides muestra que no existe ninguna asociación entre éstas dos variables; su valor fue igualmente bajo e insignificante para la longitud y la concentración de espermatozoides (Tabla 3). Igualmente, el análisis de varianza muestra que la concentración de espermatozoides es una variable que no depende del peso de la trucha. El coeficiente de variación del 56.37 señala una población muy dispersa en cuanto a concentración de espermatozoides se refiere.

La prueba Duncan, a pesar de señalar al grupo de peso 2 como el de mayor promedio de concentración y al 1 como el menor, no determinó diferencias significativas entre ninguno de ellos.

**Relación entre el volumen de eyaculado y el peso de los peces.** El volumen de eyaculado osciló entre 0.6 y 15 ml (promedio 4.5 ml, Tabla 1). El índice de correlación no sólo es de mayor magnitud (0.36) que el encontrado en la concentración de espermatozoides, sino que tiene alta significancia ( $P < 0.01$ ) en lo referente a la población en general (Tabla 3). A pesar de lo anterior, sólo la correlación entre el volumen y el grupo de peso 1 (0.45) es significativa ( $P < 0.02$ ), ya que para los grupos 2 y 3 la correlación es de escasa magnitud y significancia (Tabla 3). La prueba Duncan asoció al grupo 3 como el de los animales con mayor promedio del volumen de eyaculado y con diferencias significativas con los grupos 1 y 2. Entre los grupos 1 y 2 no hubo diferencias significativas.

**Relación entre la concentración de espermatozoides y el volumen de eyaculado.** Entre estas dos variables existe una correlación que a pesar de no ser de gran magnitud (0.39) denota una relación directa entre ellas ( $P < 0.01$ ).

La prueba de Duncan determinó que el mayor promedio en concentración de espermatozoides se halló en eyaculados con volúmenes entre 5.0 y 7.5 ml, rango dentro del que se encontró el 18% de la población ( $N = 66$ ), el cual presentó diferencias significativas con respecto a los demás grupos ( $< 2.5$ ,  $2.5$  a  $-5$  y  $> 7$  ml) mientras que éstos últimos no presentaron diferencias significativas entre sí (Tablas 1 y 3).

**Número total de espermatozoides en relación con el peso de los peces.** El índice de correlación entre el número total de espermatozoides y el peso presenta valores relativamente bajos al considerar la población en forma conjunta (0.23  $P < 0.06$ ). Entre la longitud y el número total de espermatozoides los valores de correlación y significancia presentan un comportamiento similar (0.27,  $P < 0.02$ ) (Tabla 3). Al tratar la población agrupada por peso, el grupo 1 tiene el índice de correlación más alto (0.37) y con un índice de significancia de  $P < 0.07$ . En los grupos de mayor peso (2 y 3) éste índice tiende a establecer una relación inversa, aunque ni su magnitud ni su significancia, permiten hacer de esa tendencia una afirmación contundente (Tabla 3).

La prueba Duncan señaló diferencias significativas entre los rangos de peso 1 y 3, siendo éste último el que presentó un menor promedio en número total de espermatozoides, aunque no presentó diferencias significativas con el grupo 2.

**Relación entre el número total de espermatozoides y el volumen de eyaculado.** Estas dos variables presentan una correlación de (0.85,  $P < 0.001$ ) con un coeficiente de variación de 60.6 (Tabla 3).

Tabla 3

Índices de correlación de Pearson de la población conjunta de trucha arco iris y por rangos de peso (descritos en la Tabla 1). Se presenta el índice de correlación de las variables peso, longitud, concentración de espermatozoides, volúmen y número total de espermatozoides del eyaculado. Junto con el índice de correlación se encuentran la probabilidad de encontrar un índice menor y el número de observaciones tenidas en cuenta.

	Longitud	Peso	Concentración	Volúmen	Número total
<b>Longitud</b>					
Correlación	1.00000	0.91283	0.04479	0.41869	0.26932
Probabilidad	0.0000	0.0001	0.7210	0.0005	0.0288
Observaciones	66	66	66	66	66
<b>Peso</b>					
Correlación	0.91283	1.00000	-0.00266	0.36967	0.23519
Probabilidad	0.0001	0.0000	0.9831	0.0023	0.0573
Observaciones	66	66	66	66	66
<b>Concentración</b>					
Correlación	0.04479	-0.00266	1.00000	0.39177	0.75882
Probabilidad	0.7210	0.9831	0.0000	0.0011	0.0001
Observaciones	66	66	66	66	66
<b>Volúmen</b>					
Correlación	0.41869	0.36967	0.39177	1.00000	0.85393
Probabilidad	0.0004	0.0023	0.0011	0.0000	0.0001
Observaciones	66	66	66	66	66
<b>Número total</b>					
Correlación	0.26932	0.23519	0.85393	0.85393	1.00000
Probabilidad	0.0288	0.0573	0.0001	0.0001	0.0000
Observaciones	66	66	66	66	66
<b>GRUPOS DE PESO</b>					
<b>Grupo 1</b>					
Correlación	0.88066	1.00000	0.21522	0.45836	0.37425
Probabilidad	0.0001	0.0001	0.3125	0.0243	0.0716
Observaciones	24	24	24	24	24
<b>Grupo 2</b>					
Correlación	0.54429	1.00000	-0.08011	-0.03541	-0.1109
Probabilidad	0.0060	0.0001	0.7098	0.8695	0.0716
Observaciones	24	24	24	24	24
<b>Grupo 3</b>					
Correlación	0.62926	1.00000	-0.60713	-0.10297	-0.24760
Probabilidad	0.0051	0.0001	0.0075	0.6843	0.3219
Observaciones	18	18	18	18	18

Los mejores promedios fueron obtenidos con rangos de volúmen superiores a 5 ml y los más bajos con rangos de volúmen inferiores o iguales a 2.5 ml rango que incluye el 45% de los peces evaluados.

#### Discusión

En condiciones favorables de alimentación y confinamiento, el tiempo requerido para la recupe-

ración de la trucha arco iris, en relación con la producción de semen o espermogénesis, luego de su extracción por extrusión, fue de 84 grados día para el 85% de la población.

Al diluir el semen en partes iguales con colorante giemsa y solución salina al 0.8%, se obtienen láminas aptas para la evaluación de la morfología de los espermatozoides, las cuales pueden ser utilizadas por un lapso aproximado de 30 días.

Al utilizar como diluyente agua destilada y bicarbonato de sodio al 1.5% y efectuar la observación sin laminilla cubreobjetos, se obtuvieron los mejores resultados en la observación de la motilidad del espermatozoide.

La baja motilidad o alta presencia de anomalías de los espermatozoides, en semen fresco, no fue superior al 10%. El desprendimiento de la cola desde el lugar de inserción es la anomalía más evidente y que se presenta con mayor frecuencia en todos los grupos; le siguen en proporción, malformaciones en la cabeza y colas fraccionadas en lugar diferente al de inserción.

El peso del pez, la concentración de espermatozoides y el número total de los mismos están relacionados en forma directa con el volumen de eyaculado ( $r^2 = 0.37$ ,  $P < 0.02$ ,  $r^2 = 0.4$ ,  $P < 0.01$  y  $r^2 = 0.85$ ,  $P < 0.01$ , respectivamente) aunque éste no es el único factor que los afecta.

Teniendo en cuenta que el número total de espermatozoides determina la cantidad real de huevos que es posible fecundar con un eyaculado, y que éste no presenta una alta correlación con el peso, la selección de machos reproductores de trucha arco iris, puede basarse en la evaluación individual, en la cual eventualmente se pueden incluir animales con peso menor a 350 g y se puede prescindir de aquellos con peso superior a 500 g.

## Bibliografía

- Blanco-Cachafeiro, M. 1977. Primera jornada nacional sobre la Trucha A.I.D., México. PR. 247-249.
- , 1984. La cría industrial de la Trucha. Acribia. España. 237 p.
- Bourreau, P. 1984. Cría rentable de la trucha y otros peces de agua dulce. De Vecchi S.A., España. 250 p.
- Del Real, M. 1976. Estado actual de la piscicultura en Colombia. Divulg. Pesquera. 7 (1-2): 1-15. Inderena, Colombia.
- Fribourgh, J.H. 1978. Espermatozoal morphology of brook trout. Prog. Fish Culture. 40 (1): 26-29.
- Holtz W., J. Stoss, S. Bucyuekha. 1977. Methods for the manipulation of trout semen. Zuchthygiene 12 (2): 82-88.
- Huet, M. 1983. Tratado de piscicultura (3ra. ed.). Mundi Prensa, Madrid. 490 p.
- Lagler, K. F., J. E. Bardach, R. R. Miller, D.R.M. Passino. Ichthyology (2nd. ed.). John Wiley & Sons, New York. 506 p.
- Legrende, M., R. Billard. 1980. Cryoconservation du sperme de truite arc-en-ciel. Bull. Franc. Piscic. 278 (3): 11-33.
- Moreira, R.S. 1988. Procedimiento Práctico, para observação da Motilidade do Esperma. Corporación Autónoma Regional. Inédito, Brasil.
- Ramos, H. 1973. Investigación sobre la piscicultura en Colombia. INDERENA, COLOMBIA.
- Smith, G. R. & R. F. Stearly. 1989. The classification and scientific names of rainbow and cutthroat trouts. Fisheries 14 (1): 4-10.
- Sorensen, A. 1982. Reproducción animal. McGraw Hill. México, 525 p.
- Stevenson, J. P. 1987. Manual de la cría de trucha. Acribia, España. pp. 104-155.
- Stoss, J., W. Holtz. 1981. Cryopreservation of rainbow trout sperm. Aquaculture 22 (1-2): 97-104.
- Turli, P. 1970. Cultivo de la trucha. Acribia. España.
- Zanuy, S., M. Carrillo. 1987. La reproducción de los teleósteos y su aplicación en acuicultura. In J. Espinosa de los Monteros & U. Labarta (eds.) reproducción en acuicultura. CAYCYT, Madrid. pp. 1-131.

# TEXTURAS Y ESTRUCTURAS DE LAS ROCAS MÁFICAS Y ULTRAMÁFICAS DE LA ISLA DE GORGONA, COLOMBIA

por

Rubén Llinás\*, Juan Pinto-Nolla\*\*,

Fabio Peña\*, y Fredy Caro\*

## Resumen

Llinás, R., J. Pinto-Nolla, F. Peña & F. Caro: Texturas y estructuras de las rocas máficas y ultramáficas de la isla de Gorgona, Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 83-91. 1991. ISSN 0370-3908.

La isla de Gorgona presenta un conjunto de rocas ígneas de carácter máfico a ultramáfico tanto en los tipos plutónicos como en los volcánicos que proporcionan una gran variedad de texturas en sección delgada. Asociado se presenta un conjunto de rocas sedimentarias terciarias. Las ígneas, petrográficamente corresponden a gabros y peridotitas como unidades plutónicas y a basaltos y komatiitas en sus equivalentes volcánicos; estas últimas son rocas poco comunes y en el caso de las de Gorgona, únicas en el mundo de edad mesozoica, ya que las demás están asociadas a antiguos escudos y tienen edades pre-cámbricas. Las texturas más espectaculares las ofrecen las komatiitas y los basaltos komatiíticos. Químicamente la secuencia de rocas ígneas se ubica en el campo de las sub-alcálinas. En cuanto a su origen se plantea la hipótesis a partir de un derrame de lavas de composición ultramáfica diferenciadas mediante un proceso de cristalización fraccionada.

## Abstract

Associated with tertiary sedimentary rocks, outcrops a complex of volcanic and plutonic mafic and ultramafic igneous rocks which in thin section, reveal a great variety of textures. Petrographically, the plutonic rocks are gabros and peridotites and their volcanic ones found in Gorgona are only ones of mesozoic age reported up to now throughout the world. All Komatiites reported in the literature are of precambrian age and are always associated with ancient shields. Komatiites and komatiitic basalts present the most spectacular textures. Chemically, all samples analyzed belong to sub-alkaline igneous rocks. We suggest they were originated by differentiation of lavas of ultramafic composition through a process of fractional crystallization.

## Introducción

El objetivo de este trabajo es dar a conocer la constitución geológica general de la isla y mostrar

una serie de texturas interesantes que proporcionan las rocas máficas y ultramáficas de esta región, mediante un conjunto de fotografías tomadas directamente en microscopio de doble polarización.

\* Departamento de Geociencias, Universidad Nacional de Colombia. Apartado 55197. Bogotá, D.E., Colombia.

\*\* Apartado de correos 46069. Madrid, España.

Se recolectó un total de ochenta muestras de las cuales se elaboraron treinta secciones delgadas para análisis al microscopio, de las cuales ocho se complementaron con análisis químico. Existen pu-

blicaciones sobre la geología general de esta región (Ganser, 1950; Echeverría, 1982), pero en las mismas no se presentan análisis petrográficos ni fotografías, como las que se ofrecen en el presente estudio.

## Geología

La isla de Gorgona esta conformada por rocas ígneas extrusivas y rocas sedimentarias de edad terciaria y cuaternaria. El principal rasgo estructural es la falla de Tarzán, que corre en sentido NE a lo largo del eje de la isla y repite parcialmente la secuencia al W de la misma. El complejo ígneo consiste de base a techo de peridotitas, gabros, algunos de ellos poikilíticos, lavas almohadilladas de composición basáltica, donde aparecen los flujos komatiíticos en forma intercalada y por último una brecha tobácea ultramáfica, cuya posición stratigráfica no es clara, debido posiblemente a fallamientos tardíos. (Echeverría, 1982).

La secuencia de rocas ígneas esta cubierta por areniscas de grano muy fino, shales y calizas fosilíferas del Eoceno y Mioceno (Ganser, 1950).

La edad radiométrica de la isla de Gorgona no ha sido determinada; se acepta una edad de mesozóico superior o terciario inferior con base en los estudios de Echeverría, 1982.

**Rocas sedimentarias.** Se han dividido en sedimentos cuaternarios y rocas sedimentarias del Terciario.

**Depositos Cuaternarios:** se restringen a pequeños deltas de río, deslizamientos de tierra y a una pequeña terraza al E de la isla.

**Terciario:** Se ha subdividido en cuatro unidades de acuerdo con el tiempo geológico, así:

**Unidad A:** Mioceno medio-superior (Ganser, 1950). Consiste principalmente en calizas fosilíferas algo arenosas, con pequeños cantos de gabros y diabasas incluidos. Los mejores afloramientos se pueden observar al E de la isla y tienen un buzamiento de  $10^\circ$  N aproximadamente. La edad ha sido asignada por comparación con formaciones marinas similares de la costa del Pacífico.

**Unidad B:** Mioceno inferior (op. cit.). Compuesta por arcillolitas, shales y limolitas bien bandeadas, con delgadas capas arenosas, así como conglomerados de finos a medios con buen vandeamiento. Este tipo de rocas aflora hacia la parte SW y forma buena parte del cañón de Tasca, entre Gorgona y Gorgonilla.

**Unidad C:** Oligoceno inferior (op. cit.). Sobre la costa W de la isla se presenta un pequeño parche de shales limosos, levemente plegados y parcialmente silicificados, que contienen radiolarios y foraminíferos mal preservados, por lo que su identi-

cación se dificulta. Se ubican en el Oligoceno inferior por comparación con afloramientos similares en la parte continental.

**Unidad D:** Eoceno superior (op. cit.). Consiste en shales tobáceos oscuros, con intercalaciones de shales silíceos, lo que les confiere un aspecto bandeado; las capas inferiores presentan areniscas calcáreas y calizas arenosas bien bandeadas y con buena fauna del Eoceno superior (*Lepidocyclus peruviana*, *Cibicides tuxapemensis*).

**Rocas ígneas.** Más de las 4/5 partes de la superficie de Gorgona y Gorgonilla están constituidas por cuerpos intrusivos y extrusivos máficos y ultramáficos, los cuales presentan los siguientes tipos de roca: tobas, peridotitas (variedades harzburgita y dunita), gabros (algunos poikilíticos), basaltos (calcoalcalinos y komatiíticos) y komatiitas.

**T o b a s.** Afloran a lo largo de la costa sur de la isla en capas bien bandeadas y con buzamientos de  $20^\circ$  y espesor aproximado de 400 a 500 m. Petrográficamente se caracterizan por la presencia de shards irregulares de vidrio volcánico palagonítico, rico en hierro y bajo en sílice y parcialmente devitrificado. Hay evidencia de flujo y orientación piroclástica. Como característica importante en las tobas de Gorgona, se resalta la presencia de cristales de olivino incluidos en la matriz.

El contacto con las formaciones del Mioceno inferior es claro y está marcado por una falla hacia el norte; el contacto con los gabros no se observa en afloramiento y se asume un contacto fallado.

**P e r i d o t i t a s.** Los mejores afloramientos se observan a lo largo de la cordillera axial de la isla y en la parte norte de Gorgonilla. Junto con los gabros son rocas comunes y se presentan las variedades dunita y harzburgita.

**Dunitas;** se caracterizan por presentar alto contenido de olivino ( $> 90\%$ ) y bajos en piroxeno ( $< 10\%$ ), textura cúmulo y un incipiente desarrollo de minerales opacos. También es importante destacar que gran parte del olivino altera a serpentina (Figura 1).

**Harzburgitas;** se caracterizan por presentar clinopiroxeno ( $> 10\%$ ) y su textura es cúmulo. Los cristales de olivino alcanzan un buen desarrollo, localmente son bastante fracturados y a través de las fracturas se ha desarrollado una importante serpentinización. El desarrollo de minerales opacos es importante y en ocasiones alcanza hasta un 8%.

**G a b r o s:** Afloran en la costa W de Gorgona, entre la Mancura y Huanchine; también se pueden observar buenos afloramientos a lo largo de las quebradas. Estructuralmente cubren las peridotitas y se caracterizan por ser cuerpos macizos, de color verde y grano grueso. Se pueden diferenciar claramente los siguientes tipos de textura: ofítica, subofítica y poikilítica.

Un rasgo notable en los gabros de Gorgona es la presencia de texturas microspinifex al interior de la roca, generalmente del tipo "Hoja de helecho". También es importante notar como la plagioclasa altera a sausruta y como el desarrollo de opacos corresponde a magnetita. Según sus características texturales y de composición, los gabros se clasificaron en poikilítico, gabro norita-olivínico y micro-gabronorita-olivínico (Figs. 2-7).

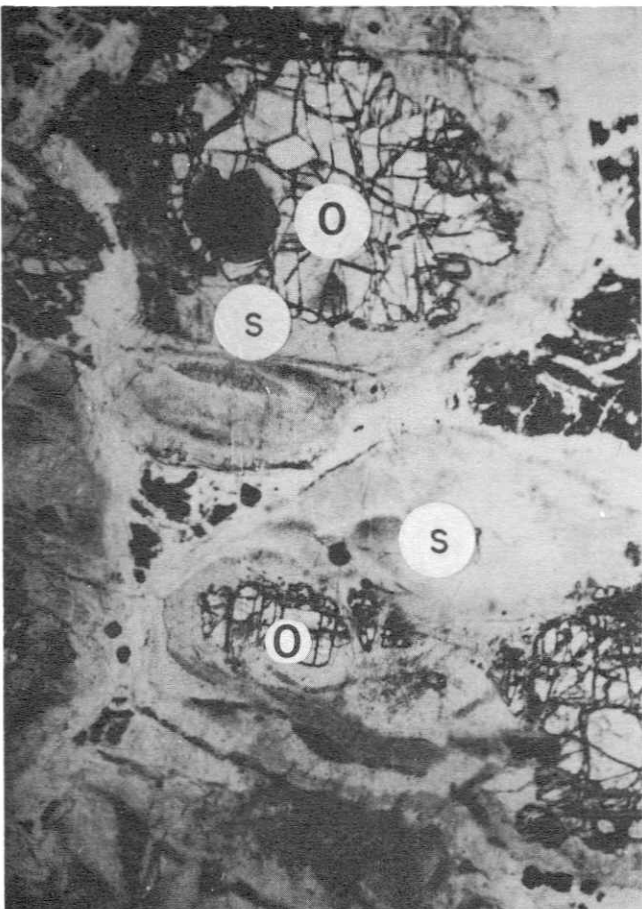
**B a s a l t o s.** Los basaltos de Gorgona generalmente presentan estructuras de lavas almohadilladas pudiéndose diferenciar dos tipos de ellos: calcoalcalinos y komatiíticos.

**Basaltos colcoalcalinos.** Son los más abundantes en las rocas ígneas de Gorgona; presentan textura afanítica fracturada y un alto contenido de vidrio; a través de las fracturas se desarrolla un importante fenómeno de serpentización. En estos basaltos se observan microcristales de olivino y piroxeno embebidos en una matriz de vidrio, además de numerosas microfracturas de forma amigdaloides rellenas con clorita, epidota, carbonato y ceolita. El vidrio es de color marrón por su alteración a palagonita, lo que pone de manifiesto un alto contenido de hierro y baja proporción de sílice. Asociados a estos flujos basálticos se presentan las komatiitas y los basaltos komatiíticos (Figura 8).

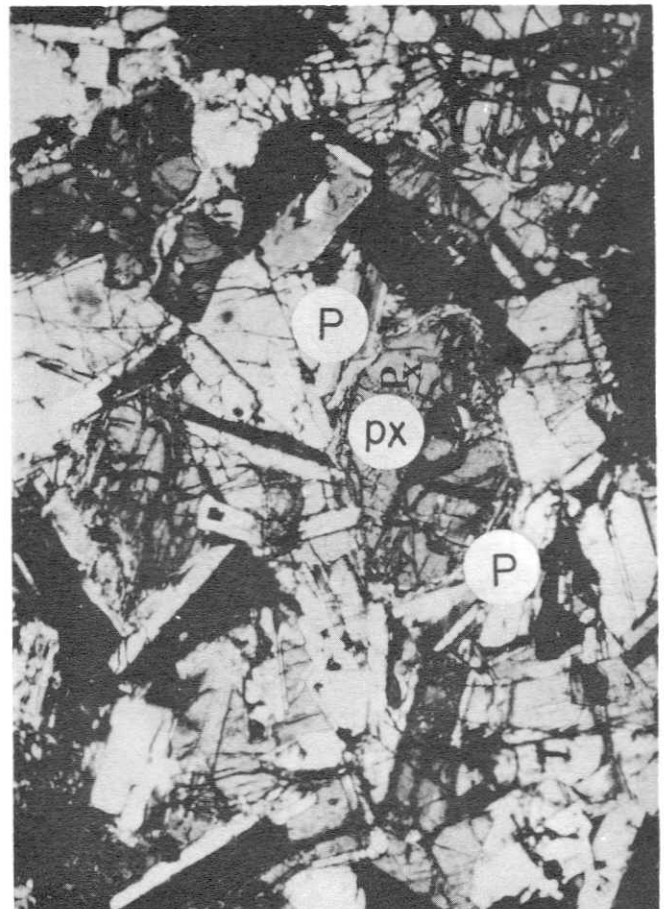
**Basaltos komatiíticos.** Los afloramientos sólo son de fácil acceso en Punta Trinidad. Se aprecian cristales elongados de olivino, algo alterados y embebidos en cristales de clinopiroxeno esquelético y plagioclasa cálcica. Es común observar intercrecimiento de las plagioclasas con los cristales de piroxeno. La estructura está localmente orientada, siendo los cristales de olivino los que mejor presentan tal orientación. La textura es típica spinifex y los contenidos de plagioclasa varían entre un 20 y un 30% del porcentaje total.

En cuanto a textura se presentan las variedades "Hoja de helecho", "Punta de espada", "Plumosa" y "Espina de pescado", conformadas por grandes cristales de olivino (hasta de 8 cm de longitud), entre los cuales se disponen perpendicularmente cristales de piroxeno. Las plagioclasas y piroxenos por su parte, forman texturas sub-ofíticas; algunos cristales de olivino presentan inclusiones de minerales opacos (Figs. 9-12).

**K o m a t i í t a s.** Los mejores afloramientos se encuentran en la costa E, cerca de Punta Trinidad y en otros sitios aislados de la isla. En el campo son de fácil reconocimiento por la presencia de texturas spinifex bien desarrolladas, con placas de olivino de aproximadamente 7-10 cm de longitud. Petrográficamente se caracterizan por la ausencia



**Figura 1.** Peridotita con textura holocrystalina aliothymica granular en cúmulos. Se aprecia alto grado de serpentización (S) en los cristales de olivino (O) que evidencia alto contenido en agua. Se aprecia alto fracturamiento de los cristales. A = 10x Nícoles paralelos.



**Figura 2.** Gabronorita con olivino. Textura holocrystalina hipidiomórfica granular donde los primas de plagioclasa macrada (P) rodean los cristales de piroxenos en una clara disposición subofítica. A = 4 Nícoles cruzados.

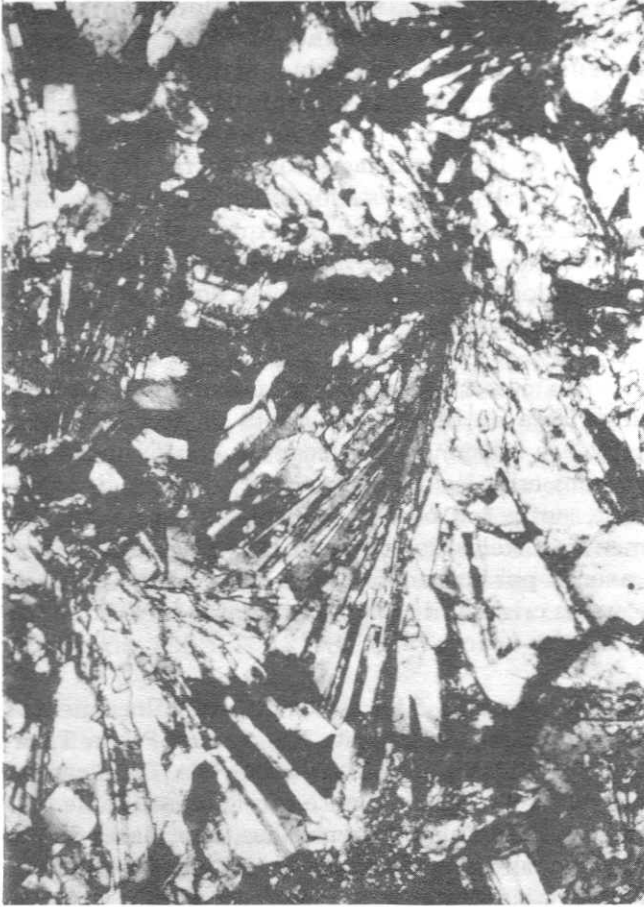


Figura 3. Gabro poikilitico con estructuras ramificadas radiadas producto de intercrecimiento de piroxenos y plagioclasas. A = 4x Nícoles cruzados.



Figura 4. Gabro poikilitico con intercrecimientos gráficos (Ig) de piroxenos y plagioclasas cálcicas. A = 4x Nícoles cruzados.

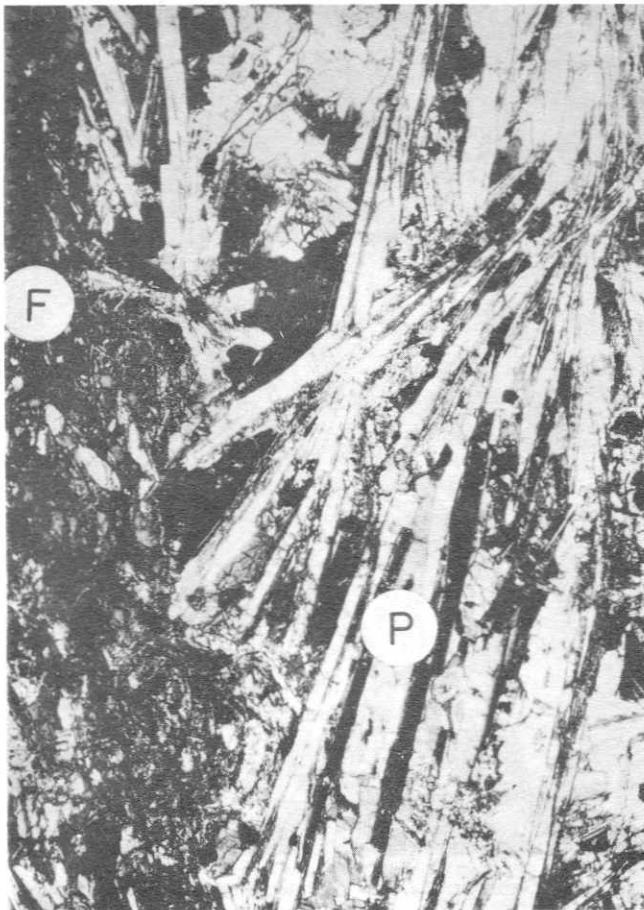


Figura 5. Gabro poikilitico con desarrollo de largos prismas de plagioclasa cálcica maclada (P) dispuestos en forma paralela con zonas de fractura saussuritizadas (F).

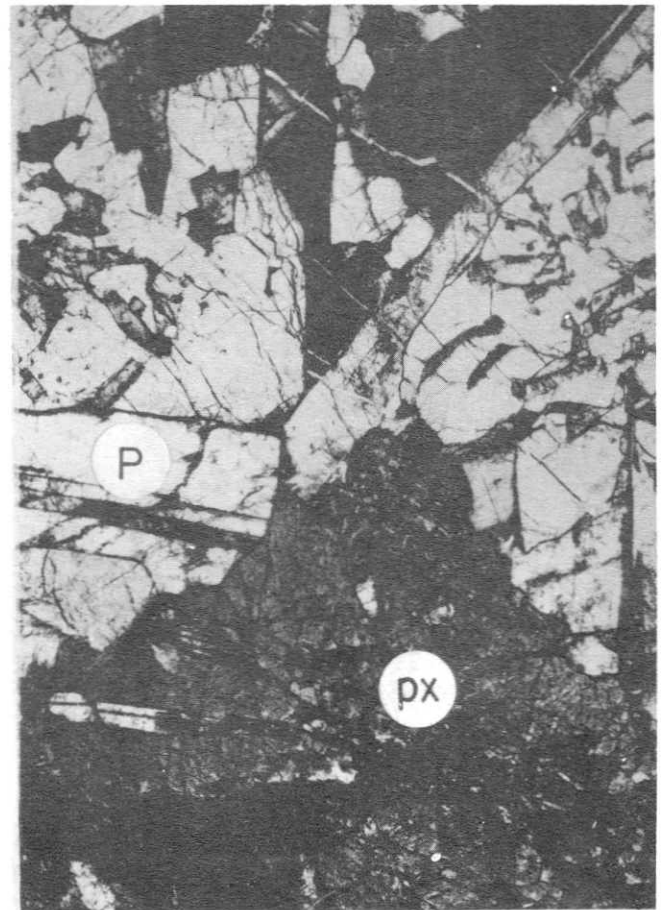


Figura 6. Gabro de textura gruesa. Las plagioclasas cálcicas (P) presentan maclamiento polisintético nítido. El piroxeno (px) es augita. A = 4x Nícoles cruzados.

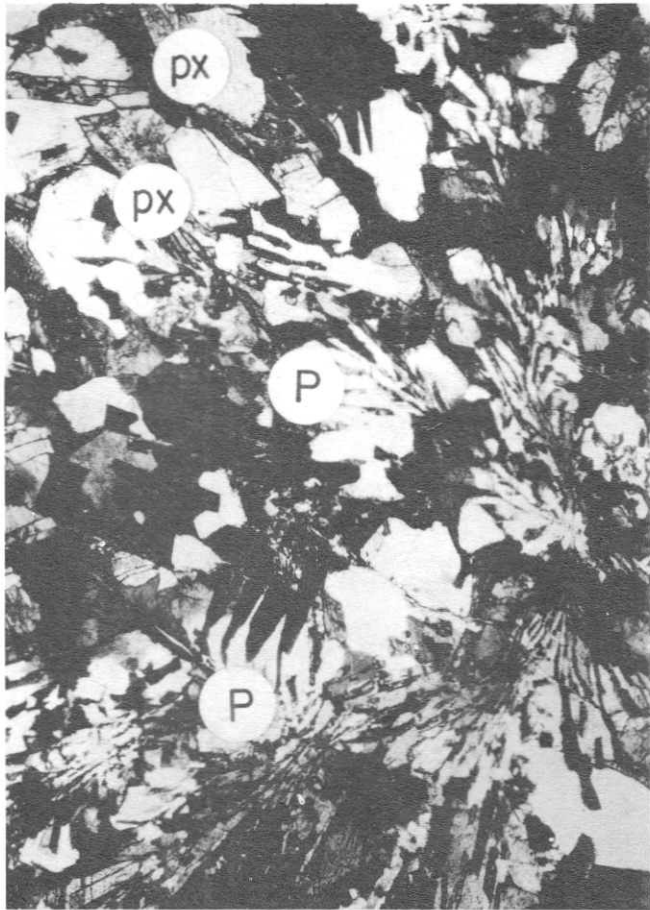


Figura 7. Gabro en densos intercrecimientos gráficos de piroxenos (px) con plagioclasas (P) forma ramificada radiada. A = 10x Nícoles cruzados.

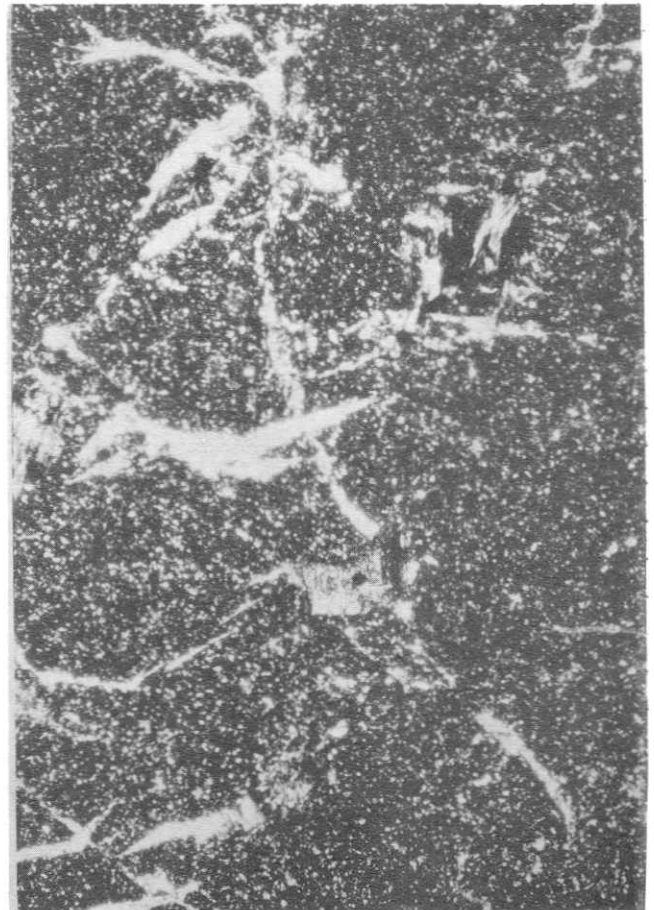


Figura 8. Basalto con alto grado de fracturamiento con desarrollo de serpentinización. Nótese el alto contenido en vidrio y microcristales. A = 10x Nícoles cruzados.

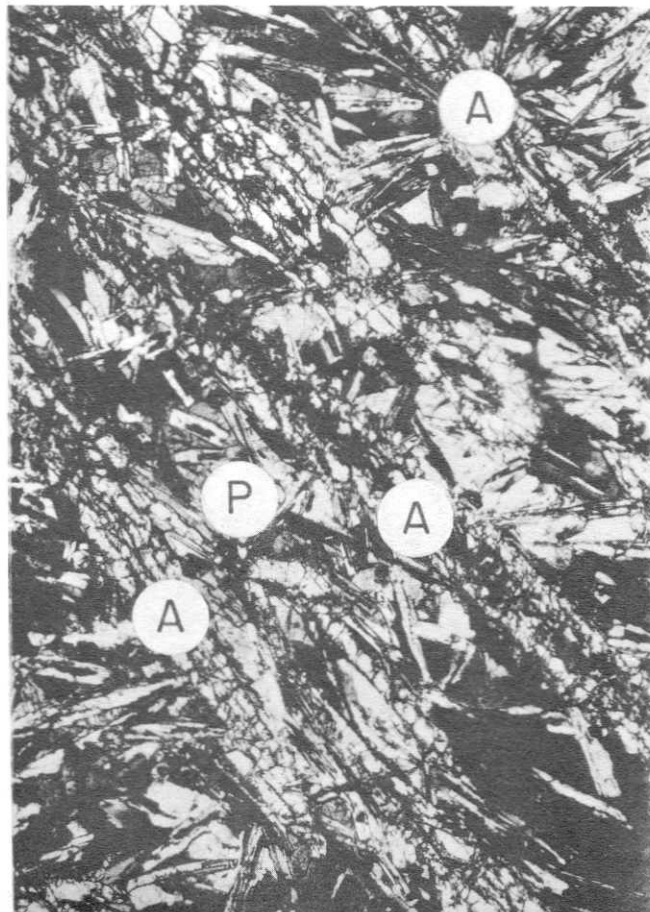


Figura 9. Basalto komatiítico con desarrollo de textura spinifex. Se aprecian largos esqueletos de piroxenos tipo augita (A) entre ellos prismas delgados de Plagioclasa cálcica.

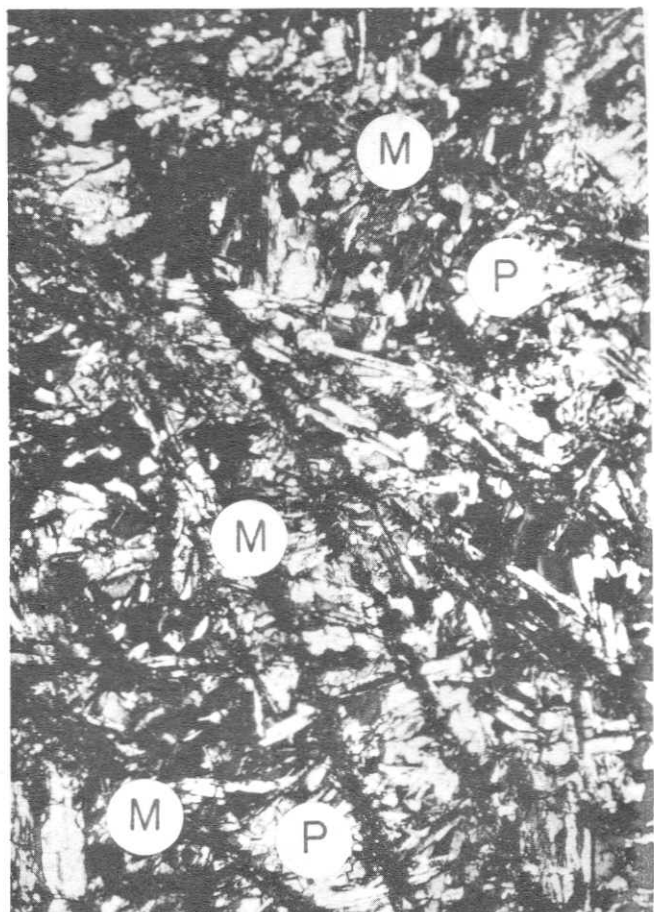


Figura 10. Basalto komatiítico con desarrollo de textura spinifex; los largos esqueletos de máficos (M) están totalmente alterados a óxidos de hierro. Perpendicular a ellos se disponen los delgados prismas de plagioclasa cálcica (P).

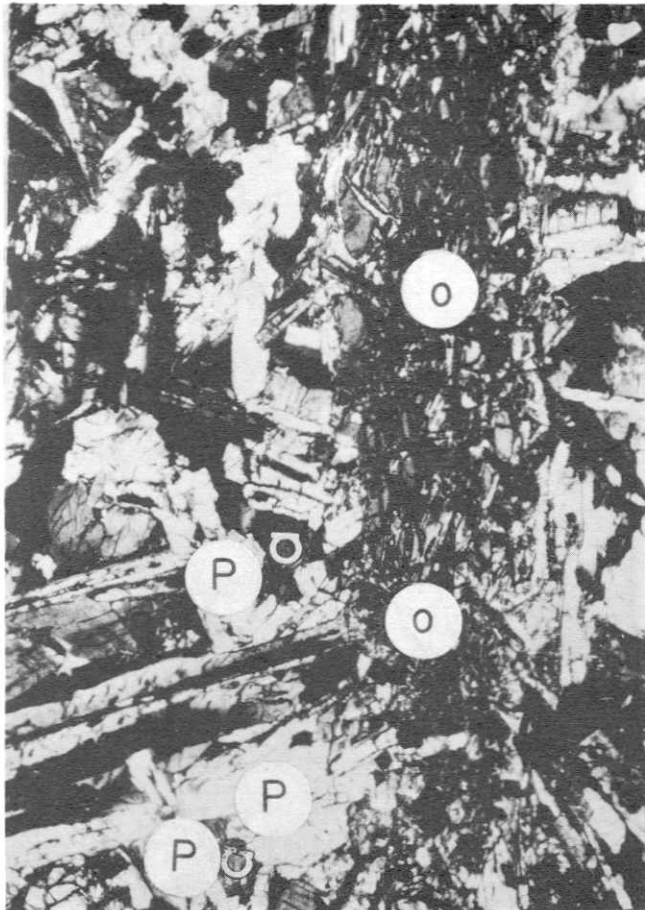


Figura 11. Basalto komatiítico. Detalle de la textura spinifex de un cristal esquelético de olivino (O) serpentinizado, asociado a prismas de plagioclasa (P) en disposición perpendicular al olivino y encerrando cristales de augita (A) en textura subofítica. A = 10x Nícoles cruzados.

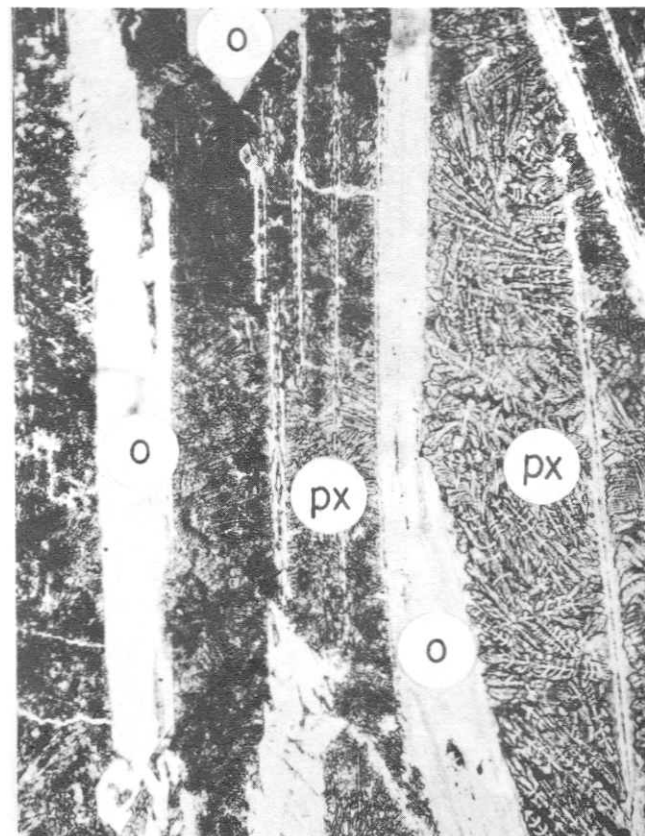


Figura 13. Komatiítica con textura spinifex, esqueletos de olivino (o) elongados de varios centímetros, sin alteración y con terminaciones en "punta de espada", encierran gran cantidad de cristales esqueléticos de piroxeno (px) en estructura de "hoja de helecho". A = 4x Nícoles cruzados.

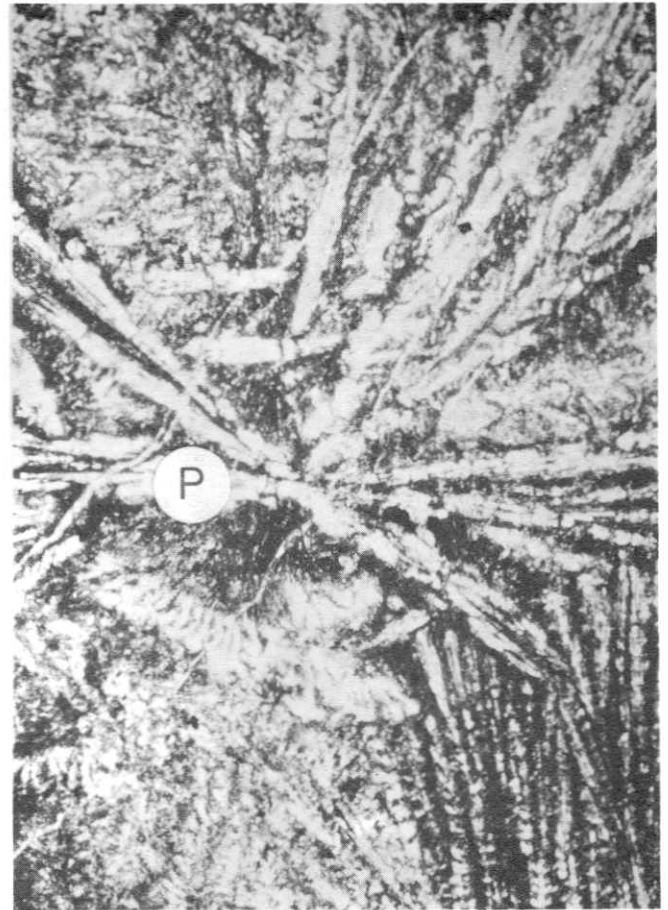


Figura 12. Basalto con estructura radiada de los prismas de piroxeno (px) en una matriz vítrea microcristalina. A = 10x Nícoles cruzados.

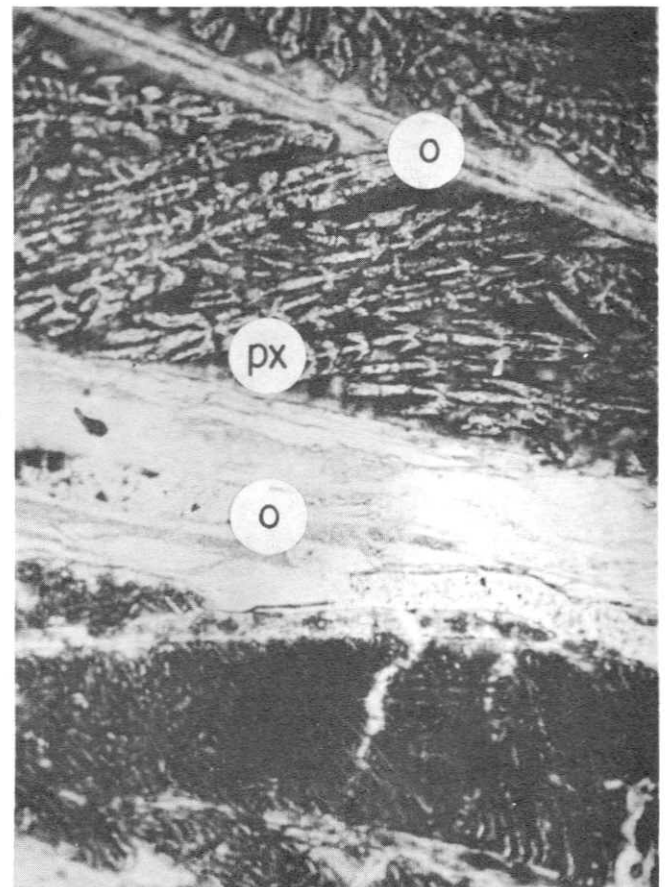


Figura 14. Komatiítica con textura spinifex. Los cristales de olivino serpentinizados (o) dispuestos en orientación paralela formando ángulo de 45° con los esqueletos de piroxeno (px) en forma de "flechas" y "lanzas". A = 10x Nícoles cruzados.

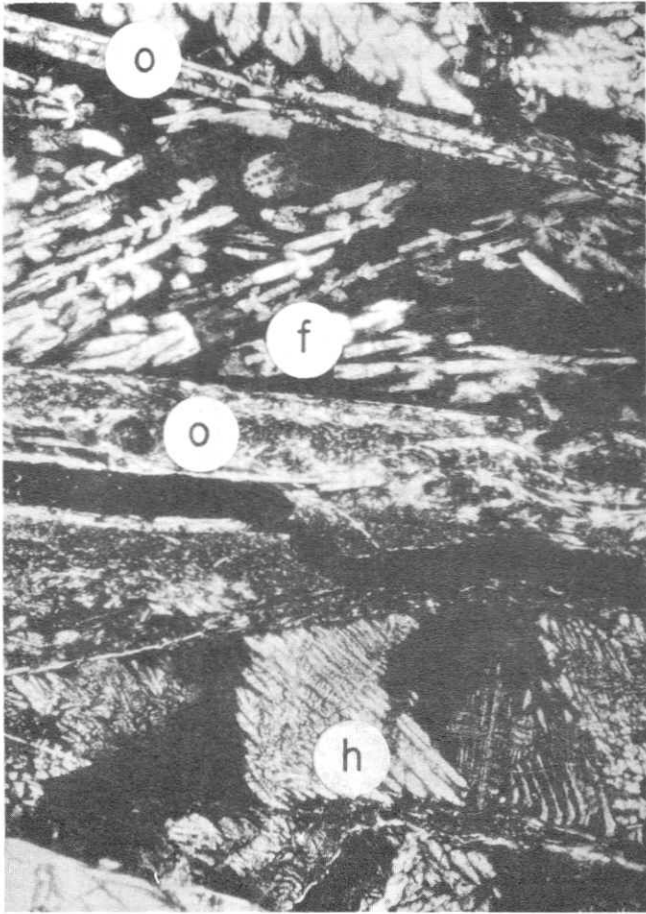


Figura 15. Komatiíta con textura spinifex. Los grandes cristales de olivino serpentinizados (o) alternan con esqueletos de piroxenos en estructura en "flecha" (f) y en estructura en "hoja de helecho" (h). A = 10x Nícoles cruzados.

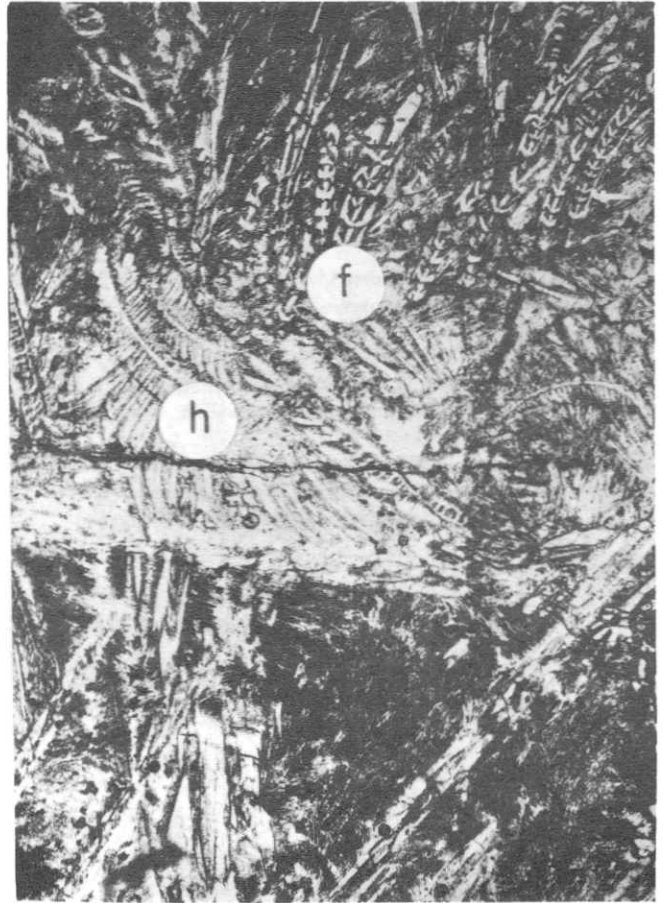


Figura 16. Komatiíta con esqueletos de piroxeno en "hoja de helecho" (h), combinados con esqueletos en "flecha" (f). A = 10x Nícoles cruzados.

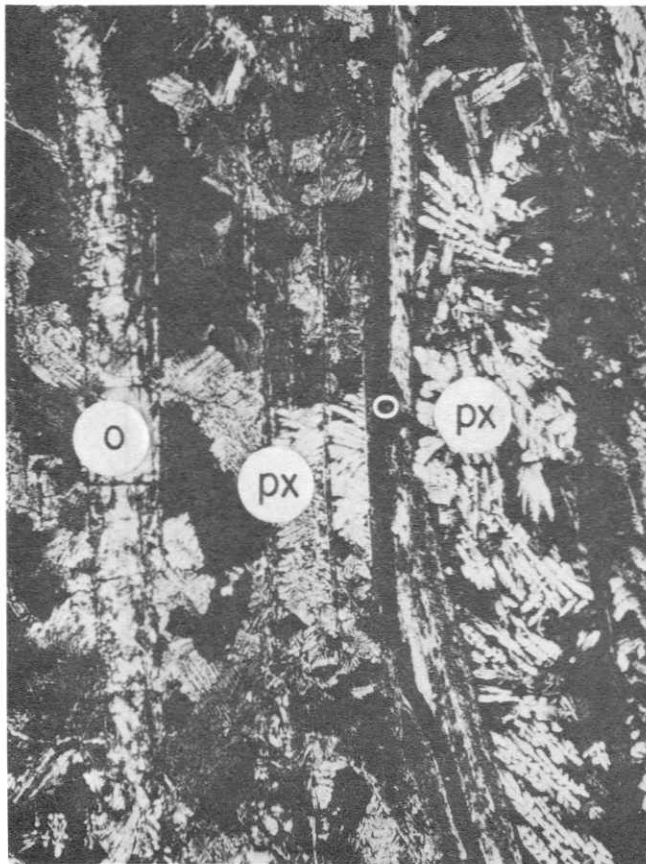


Figura 17. Komatiíta con textura spinifex los cristales esqueléticos de olivino serpentinizados y alterados a óxido de hierro (o) se presentan dispuestos perpendicularmente a los esqueletos de piroxeno (px). A = 4x Nícoles cruzados.

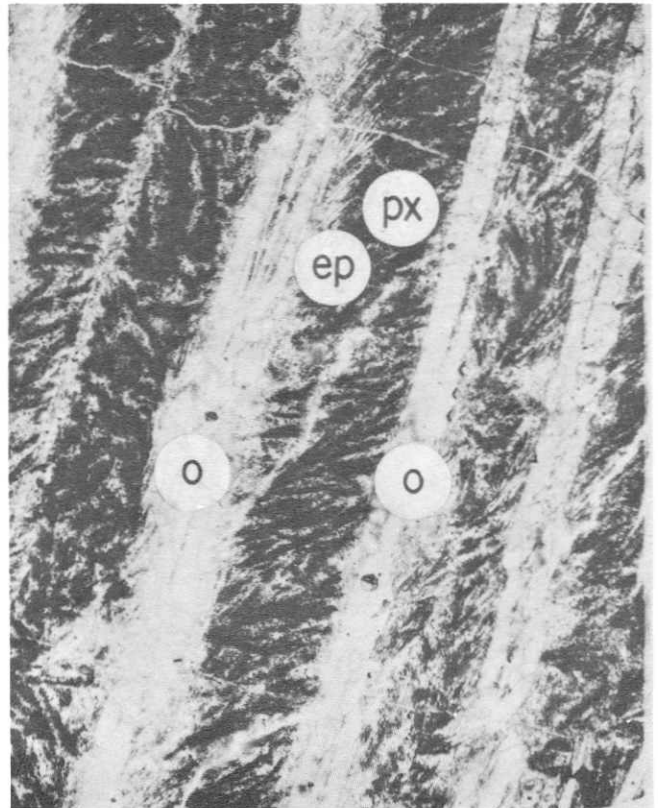
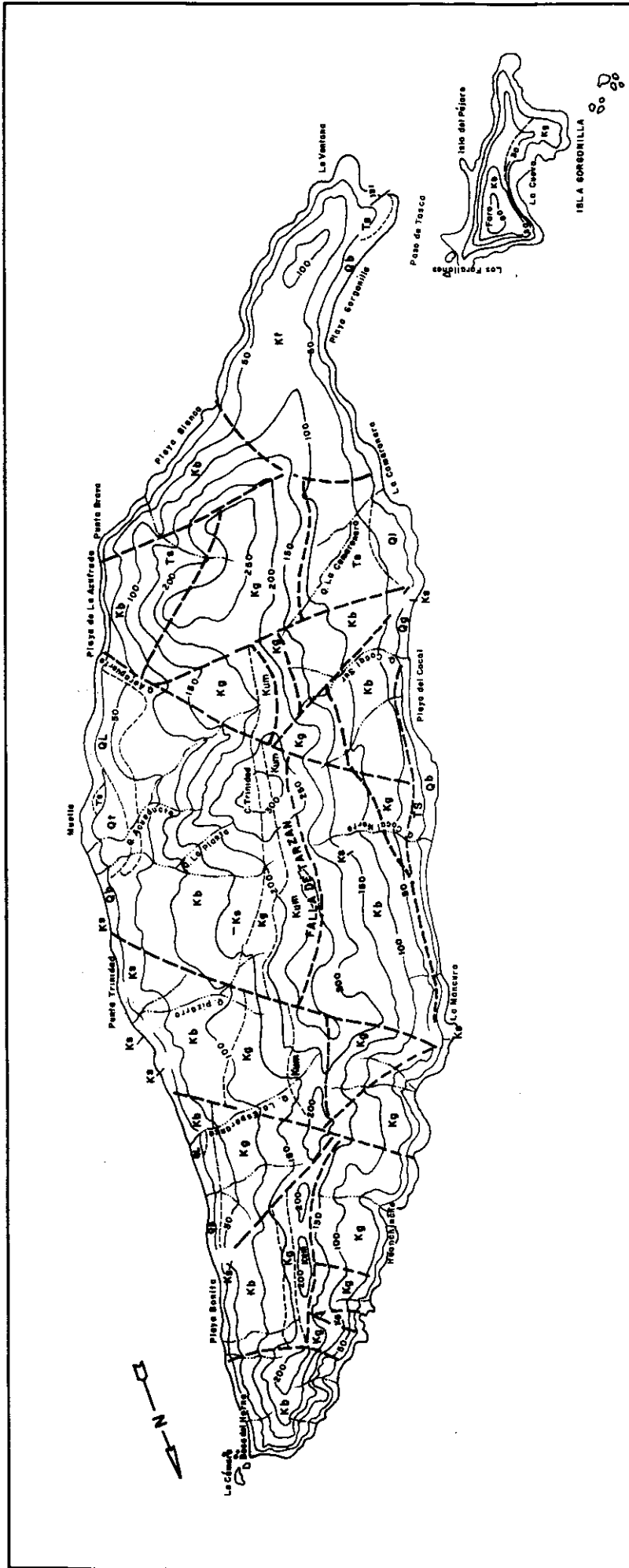


Figura 18. Komatiíta con textura spinifex "plumosa". Los esqueletos de olivino (O) elongados, presentan terminaciones fibrosas en "espina de pescado" (ep). Los piroxenos (px) se presentan muy alterados. A = 4x Nícoles cruzados.



MODIFICADO DE (ECHEVERRÍA & PAREZ, 1978)



ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LAS KOMATIITAS  
DE LA ISLA GORGONA - COLOMBIA

REALIZADO POR:  
CARO TRIANA F. ORLANDO - PERA GUTIERREZ FABIO - PINTO MOLLA JUAN

MAPA GEOLOGICO DE LA ISLA GORGONA

ESCALA 1:10.000

CUATERNARIO	Qb Depósitos de playa	□
	Qt Terraces	□
TERCIARIO	TS Rocas sedimentarias	□
	Kt Tobos	□
	Kb Basaltos	□
	Ks Flujos komatiíticos	□
	Kg Gabros	□
	Kum Peridotitas	□

- Falta
- - - Contacto
- ~ Quebrado
- ∠ Rumbo y buzamiento

de plagioclasa o por contenidos inferiores del 5% y por presencia de cristales elongados y esqueléticos de olivino en gran parte alterados a serpentina. Se observa relativa abundancia de minerales opacos.

En esta unidad son frecuentes también las variedades texturales "Punta de espada", "Hoja de helecho" y "Plumosa" (Figs. 13-18).

### Química

Con base en los resultados de ocho análisis químicos de muestra de roca y luego de analizar graficamente  $\text{Na}_2\text{O} + \text{K}_2\text{O}$  vs.  $\text{SiO}_2$ , se determinó que las rocas de Gorgona son del tipo subalcalino. Otros valores importantes se refieren al contenido de  $\text{MgO}$ , el cual oscila entre 18.5 y 19.3%, la relación  $\text{CaO}/\text{Al}_2\text{O}_3$  entre 81 y 92% y el contenido de  $\text{TiO}_2$  entre 0.51 y 0.55%, lo que permite concluir que los flujos komatiíticos de Gorgona se ajustan a la definición de Arndt et al., 1977.

### Petrogénesis

Los flujos komatiíticos de Gorgona, únicos postprecámbricos registrados en el mundo (mezozoicos) presentan bajos contenidos de  $\text{MgO}$  (15-18%), por lo tanto es posible que su formación obedezca a gradientes geotérmicos más bajos, en comparación con los precámbricos. En cuanto a su origen y con base en los principales rasgos texturales y químicos, así como en las relaciones de campo, postulamos la hipótesis de un origen común para toda la serie de rocas de la isla a partir de un derrame de lavas que forman una secuencia con características diferenciales, las cuales están bien preservadas y permiten inferir las propiedades del líquido original.

### Bibliografía

- Arndt, N.T., A.D. Naldrett & D.R. Pyke, 1977. *Komatiitic and iron-rich tholeiitic lavas of Munro Township, Ontario, Can.* Earth Sci. 14: 2620-2637.
- Best, M.G. 1982. *Igneous and Metamorphic Petrology*. San Francisco: W.H. Freeman and Co.
- Brooks, C. & S.R. Hart. 1974. *On the significance of Komatiite*, Geology 2: 107-110.
- Echeverría, L.M. 1982. *Komatiites from Gorgona Island, Colombia en Arndt, N.T. & E.G. Nisbet (edit.), Komatiites* 199-209. London: George Allen & Unwin.
- Ganser, A. 1950. *Geological and Petrological notes on Gorgona Island in relation to north-western South America*. Schweiz Mineral Petrogr. 30: 219-237.
- Ganser, A., V.J. Dietrich & W. Cameron. 1979. *Paleogene Komatiites from, Gorgona Islands*. Nature 278.
- Llinás, R., J. Pinto, F. Peña & F. Caro. 1990. *Geología* 55-64, 86-87 en Aguirre, J. & O. Rangel (eds.) *Biota y Ecosistemas de Gorgona*. Bogotá Editorial Presencia Ltda.
- Migashiro, A. 1974. *Tholeiitic and calcalic series in relation to the behaviors of Titanium, Vanadium, Chromium and Nickel*, Am. Sci. 275: 265-277.
- Nisbet, E.G., M.J. Bickle & A. Martin. 1977. *The mafic and ultramafic lavas of the Belingwe greenstone belt, Rhodesia*, Journ. Petrol. 18: 521-566.
- O'Hara, M.J. 1977. *Geochemical evolution during fractional Crystallization of a Periodically refilled magma Chamber*, Science 266: 503-507.
- Peña, F., F.O. Caro & J. Pinto. 1989. *Análisis petrográfico de las komatiitas de la Isla Gorgona, Colombia*. (Tesis: mimeografiada, U. Nacional, Bogotá).
- Turner, F.J. & J. Yerroogen. 1968. *Igneous and metamorphic petrology* 694. New York: McGraw-Hill.
- Viljoen, M.J. & R.P. Viljoen. 1969. *The geology and geochemistry of the lower ultramafic unit of the Onverwacht Group and proposed new class of igneous rock*, Sp. Publ. Geol. Soc. South Africa 2: 221-244.
- Williams, H., F.Y. Turner & C.M. Gilbert. 1974. *Petrology and introduction to the study rocks in thin sections*. San Francisco, U.S.A.: W.H. Freeman and Co.

# ESTUDIOS SOBRE ENTOMOSTRACEOS DE COLOMBIA VI – PARAIMNADIIDAE, UNA NUEVA FAMILIA DE CRUSTACEA– CONCHOTRACA

por

Ewald W. Roessler\*

## Resumen

Roessler, E.W.: Estudios sobre entomostráceos de Colombia VI – Paraimnadiidae, una nueva familia de Crustácea (Conchostraca). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 18 (68): 93-104. 1991. ISSN 0370-3908.

Se describe el nuevo género *Paraimnadia* (Phyllopoda-Conchostraca) con base en la especie *P. guayanensis* n. sp. cuya morfología, ecología y distribución geográfica se discuten. Teniendo en cuenta las características morfológicas de este género monotípico, se propone una nueva familia de crustáceos.

## Abstract

A new genus of Crustacea (Conchostraca) identified as *Paraimnadia* (Phyllopoda-Conchostraca) comprising only one species, *P. guayanensis* n. sp. is described, including details of its ecology and geographical distribution. A new family (Paraimnadiidae) is proposed.

## Zusammenfassung

Die vorliegende Studie erarbeitet die morphologischen Merkmale eines neuen Genus der Phyllopoda Conchostraca G.O. Sars, (1867), *Paraimnadia* n. gen. und beschreibt eine erste kolumbianische Art, *Paraimnadia guayanensis*, (Arthropoda, Crustacea). Oekologie und Verbreitung dieser neuen Form werden kurz diskutiert. Fuer den Genus *Paraimnadia*, wird die neue Familie Paraimnadiidae errichtet.

## Introducción

La unidad taxonómica Phyllopoda Conchostraca G.O. Sars 1867 comprende según la clásica monografía de Daday cinco familias: Cyzicidae Stebbing 1910; Lepthestheriidae Daday 1915; Limnadiidae G.O. Sars 1896; Cyclestheriidae G.O. Sars 1900 y Lynceidae Stebbing 1902 (entre otros: Pac-

kard, 1883; Daday, 1914, 1925, 1926, 1917; Mattox, 1959; Kaestner, 1967; Pennak, 1989).

Botnariuc erigió con la familia Imnadiidae en 1941 una sexta unidad taxonómica con base en una especie descrita por Hertzog (1935) y una segunda forma del género *Imnadia* Hertzog 1935, encontrada en Rumania, que posteriormente fue identificada como sinónimo de la especie de Hertzog. Esta familia pocas veces ha sido mencionada en posteriores revisiones e inclusive no se menciona

\* Departamento de Ciencias Biológicas, Universidad de los Andes, Apartado Aéreo 4976, Bogotá, D.E. Colombia.

en recientes obras que incluyen la taxonomía del orden (Moore, R.C., 1969; Bowman, T.E. & Abele, L.G., 1982).

La familia Imnadiidae de la cual hasta la fecha no se han descrito nuevas formas, presenta una serie de caracteres morfológicos "intermedios" entre los Limnadiidae y ciertos representantes de los Cyzicidae. Hertzog (1935) designó originalmente a *Imnadia yeyetta* como especie típica de un nuevo género de los Limnadiidae con base en la similitud de elementos estructurales de las valvas, de la cabeza y de los apéndices. Botnariuc (1941) determinó la situación taxonómica particular de esta forma correctamente; menciona entre otras como características para la familia Imnadiidae y como rasgos diferenciales de los Limnadiidae la ausencia del órgano frontal ("Haftorgan", "Scheitelorgan") y la presencia de un proceso occipital, que causa un profundo surco en el perfil cefálico y que también es característico para los Cyzicidae, Lephthetheriidae y Cyclestheriidae.

En Colombia han sido encontradas hasta la fecha sendas especies de las familias Limnadiidae Sars, 1896; Lephthetheriidae Daday, 1915; Cyclestheriidae Sars, 1900 y Lynceidae Stebbing, 1902, que en parte han sido descritas en estudios anteriores de esta serie (Roessler, 1986; 1989; 1990; 1991). El presente trabajo está dedicado a una forma, cuyas características en conjunto no son compatibles con los parámetros taxonómicos de las familias hasta la fecha descritas. Al igual que *Imnadia yeyetta* Hertzog, 1935, la forma se asemeja en ciertos rasgos a algunos miembros de la familia Limnadiidae Sars, 1896 y se diferencia de estos, entre otros, por la falta del típico órgano frontal ("Haftorgan", "Scheitelorgan") en forma de pera y por un caparazón de caracteres particulares. De los Imnadiidae se diferencia entre otros por la ausencia del proceso occipital y el caparazón de estructura diferente. Las diferencias tipológicas y estructurales en especial del caparazón son tan profundas que la forma se integra en un nuevo género, *Paraimnadia* perteneciente a la nueva familia Paraimnadiidae, para los cuales la especie típica es *P. guayanaensis*.

Cabe anotar, que con base en nuevas consideraciones sobre la situación taxonómica de algunos grupos de "entomostráceos", Fryer (1987) ha propuesto la disolución de la unidad taxonómica "Conchostraca" y levantar sus dos tribus "Spinicaudata" y "Laevicaudata", introducidos por Linder (1945) a nivel de órdenes al lado de otras ocho unidades fósiles o recientes. Aunque esta propuesta parece bien fundada en una serie de nuevos resultados de estudios de diferentes disciplinas biológicas, se utiliza en este trabajo el tradicional sistema taxonómico expuesto por Barnes (1985) con base en Moore (1969), en el cual los conchostráceos figuran como suborden junto con los cladóceros en el orden Diplostraca. Aunque este trabajo aporta una nueva familia a la unidad taxonómica "Spinicaudata", no se relaciona directamente con la polémica in-

dicada y parece preciso esperar cual será el recibimiento que enfrenta finalmente la propuesta de Fryer.

## Materiales y Métodos

Los especímenes de *Paraimnadia guayanaensis* n. sp., utilizados como material de referencia se recolectaron durante los años de 1989 y 1990 en charcos temporales (típicamente en "rockpools" de poca profundidad), en las extensiones colombianas del antiguo escudo de las Guayanas, en los alrededores de Puerto Carreño, Comisaría del Vichada. Las capturas se realizaron con los métodos clásicos de la limnología.

En el laboratorio se realizaron cultivos a partir de especímenes capturados en el campo con el fin de estudiar aspectos del modo de reproducción y ontogénesis. El material en parte se disectó y generalmente se conservó en alcohol al 80 o 95% o en formol al 5%.

## Abreviaturas

A-1 = primera antena; A-2 = segunda antena; Br. = branquias; Cercp. = cercópodos; En. = Endopódito; Ex. = oxopódito; 1 = endito 1 (= proceso maxilar); 2-6 = enditos 2-6; (denominaciones según Kueckenthal - Krumbach, 1926/27). Fl. = flagellum. Or. Fr. = "órgano frontal"; Oj. comp. = ojo compuesto; Oj. Naupl. = ojo nauplio; Ro. = rostro; La. = labrum; Mand. = mandíbula; mm = milímetro; Mx-1 = Primera Maxila; XV, XVI, XVII y XVIII = segmentos postmaxilares 15, 16, 17 y 18; S-1 a S-14 = etapas larvarias con valvas que encierran el cuerpo 1 a 14; tels. = telson.

## Sistemática

En la introducción se hizo una breve mención de la base taxonómica utilizada en este estudio y se tiene en cuenta particularmente la jerarquía propuesta por Barnes, 1959 y Pennak, 1989, en los cuales el subfilo Crustácea forma parte del filo Arthropoda. La subclase Branchiopoda será dividida en tres órdenes: Anostraca, Notostraca y Diplostraca. El orden Diplostraca comprende los subórdenes Conchostraca Sars, 1867 y Cladocera.

## Paraimnadiidae n. fam.

Género tipo: *Paraimnadia* n. gen.

La diagnosis está basada en la única especie hasta ahora conocida; los parámetros son por lo tanto de carácter preliminar: Caparazón en vista lateral de forma subelíptica con marcada joroba dorsal en la parte frontal anterior. Umbos ausentes. Marcado doblez de las valvas en la parte antero-superior. Valvas blandas con superficie ornamentada con relieve granular y en forma de meandros. Bisagra marcadamente prominente. Valvas en la periferia con líneas de crecimiento y sin cerdas marginales.

Cabeza sin órgano frontal en forma de campana sobresaliente ("Haftorgan; Scheitelorgan"). Proceso occipital ausente. Dimorfismo sexual acentuado.

Hembras maduras constantemente con 17 segmentos postmaxilares con apéndices. Exitos de los apéndices 9 y 10 con prolongación con 17 segmentos postmaxilares con apéndices. Primeros dos pares de apéndices postmaxilares prehensibles y con discos de succión, enditos 5 del tercer par con dos segmentos.

Telson en ambos sexos fuerte. Extremo distal inferior con proceso espinoso. Crestas dorsales con moderado número de espinas. Cercópodos fuertes y cortos, parte proximal interna en las hembras con espinitas, en los machos con setas cortas. Parte distal con "dientes" finos.

*Paraimnadia guayanaensis* n. spec. Figs. 1-11

El siguiente material de referencia se encuentra depositado en el Instituto de Ciencias Naturales—Museo de Historia Natural—Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, D.E., Colombia (ICN).

Holótipo, ♀, sexualmente madura, No. ICN—MHN—CR—1205, con 5 líneas de crecimiento, parcialmente disectado y conservado en alcohol. COLOMBIA: Comisaría del Vichada, alrededores de Puerto Carreño (6° 11' N — 67° 30' W), Rockpools temporales, pertenecientes al antiguo escudo de las Guayanas, 100 m alt., 27-04-1990. E. Roessler.

Alótipo, ♂, sexualmente maduro, No. ICN—MHN—CR—1206, con 5 líneas de crecimiento, parcialmente disectado y conservado en alcohol. Recolectado junto con el holótipo.

Parátipos: ♀ sexualmente madura, No. ICN—MHN—CR—1207 conservada en alcohol. ♂, sexualmente maduro, No. ICN—MHN—CR—1208, conservado en alcohol. ♀♀ y ♂♂, sexualmente maduros, No. ICN—MHN—CR—1209, 21 ejemplares de diferente edad, conservados en alcohol. Recolectados junto con el holótipo.

Estrato Típico. Reciente.

Derivatio Nominis. El nombre genérico hace referencia a la relación taxonómica de la presente forma con la familia Imnadiidae Botnariuc 1941. El epíteto específico se refiere al hábitat y la localidad típica en las formaciones rocosas pertenecientes al antiguo escudo guayanés en la Orinoquia colombiana.

#### Diagnosis

Una *Paraimnadia* con las características de la familia. Valvas con línea de crecimiento y sin cerdas marginales. Poblaciones bisexuales. Dimorfismo sexual. Contorno dorsal curvado en hembras, en

machos casi recto. Machos más grandes que las hembras a partir de la etapa ontogenética "S-9".

Caparazón en vista lateral de forma subelíptica con marcada joroba dorsal en la parte frontal.

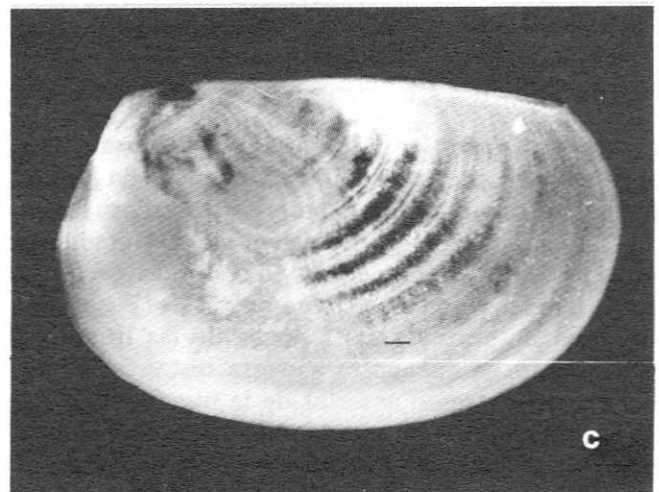
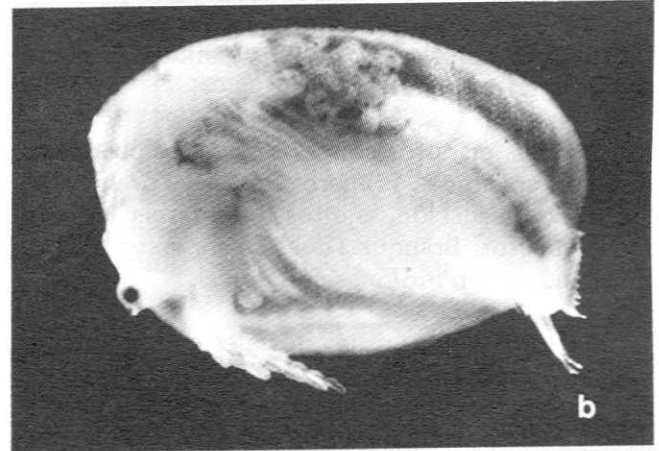
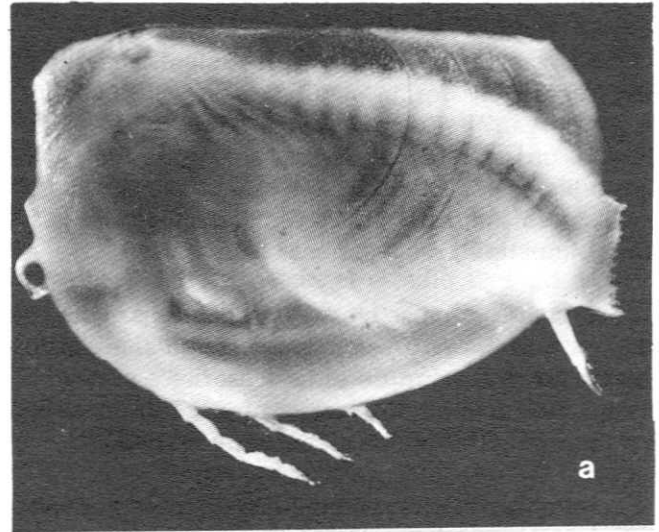


Figura 1. *Paraimnadia guayanaensis*. Vistas laterales; parátipos; (a), ♂ maduro (ICN—CR—1208); (b) ♀ madura (No. ICN—CR—1207); (c), ♂ maduro (ICN—CR—1209).

Umbo ausentes. Valvas con marcado doblez en la parte antero-superior y aproximadamente paralelo al contorno anterior dorsal. Valvas blandas de superficie ornamentada con relieve granular y en forma de meandros. Bisagra marcadamente prominente.

Cabeza de forma general rectangular sin órgano frontal en forma de campana ("Haftorgan; Scheitelorgan"). En su lugar placa sensorial ovalada. Labrum grueso con proceso sensorial fino apuntando hacia abajo o adelante. Rostro pronunciado, puntiagudo y con curvatura ventral. Ojos compuestos y ojo nauplio relativamente pequeño.

Primeras antenas cortas con base ensanchada, tallo cilíndrico corto y con bulbo terminal alargado con densa población de setas sensoriales cortas en la superficie frontal. Segundas antenas birrámeas de 8 a 11 segmentos en dependencia de la edad.

Hembras maduras con 17 segmentos postmaxilares con apéndices. Bránquias de los apéndices 4, 5, 6 y 7 con extensión dorsal, éxitos de los apéndices 9 y 10 con flagelo. Orificio genital a nivel del décimo-primer apéndice.

Machos maduros con 17 segmentos postmaxilares con apéndices. Primeros dos pares prehensiles con disco de succión, enditos 5 del tercer par con dos segmentos. Bránquias del quinto, sexto y séptimo apéndice con prolongación dorsal.

Telson fuerte, crestas dorsales con moderado número de espinas gruesas. Extremo distal inferior con proceso espinoso. Cercópodos relativamente cortos, parte proximal interna en hembras con espinas, en machos con setas cortas. Parte distal con dientes finos.

Huevos de forma general redonda con complicada ornamentación superficial estriada y dos bordes circulares.

### Descripción de la Hembra

El caparazón en vista lateral es de forma subelíptica y no presenta umbos. Una marcada joroba frontal forma un extremo anterior dorsal proyectado. La bisagra se inicia por debajo del extremo dorsal anterior y resalta como fino doblez desde la parte frontal hacia el extremo posterior (Fig. 1; 2). La zona anterior de confluencia de las líneas de crecimiento se encuentra a cierta distancia y por debajo del extremo anterior de la bisagra (Fig. 3). El contorno dorsal presenta una curvatura convexa marcada y se une con un ángulo poco acentuado al contorno convexo posterior.

Las valvas del holótipo cuentan con cinco líneas concéntricas de crecimiento correspondientes a las láminas externas de las valvas de las etapas ontogénicas S-7 hasta S-11 incluyendo el borde externo. El estado del desarrollo ontogénico de esta

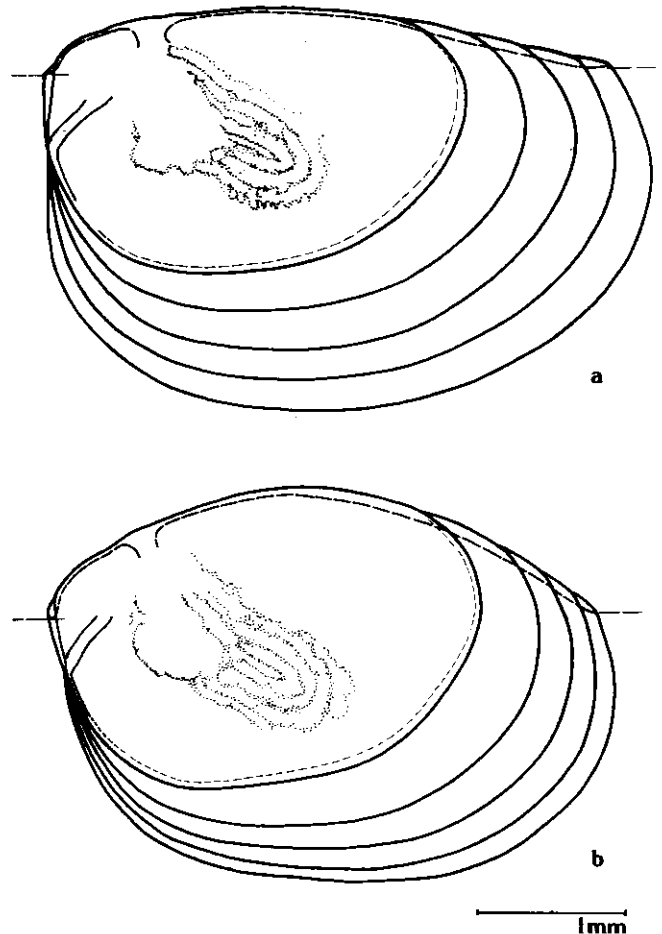


Figura 2. *Paraimnadia guayanaensis*; ♂ maduro alótipo (No. ICN-CR-1206) (a); holótipo, ♀ madura, (b). Vistas laterales del caparazón con cinco líneas de crecimiento (borde externo incluido). Ambos especímenes se encuentran en la etapa ontogénica "S-11" (comp. texto). La línea interna corresponde al borde de la lámina externa del caparazón de la etapa S-7. Las líneas punteadas demarcan la glándula de la valva.

hembra corresponde al estadio S-11, representando la décima-primer etapa con una valva que encierra el cuerpo.

Las etapas anteriores a S-7 mudan el exoesqueleto por completo y las láminas externas de estos estadios se pierden. Estadios anteriores a S-7 carecen por lo tanto de las líneas de crecimiento. Esta afirmación se puede hacer para la población de la cual fue extraído el holótipo; es de anotar sin embargo, que existe cierta variabilidad en dependencia de condiciones ambientales. Los individuos pueden conservar láminas anteriores o se pierden láminas adicionales como en el caso del género *Eulimnadia* (comp. Roessler, 1989, 1990). Es interesante anotar que esta forma tiende en todo caso a conservar durante un tiempo prolongado las láminas externas, un fenómeno, que se puede observar desde las primeras etapas postmetanaupliales. Es frecuente encontrar etapas larvarias con varias líneas de crecimiento.

Como rasgo particular de esta forma debe mencionarse un marcado doblez de las valvas en la parte antero-dorsal (Figs. 1; 2; 3). Esta estructura está presente ya en las primeras etapas postmeta-

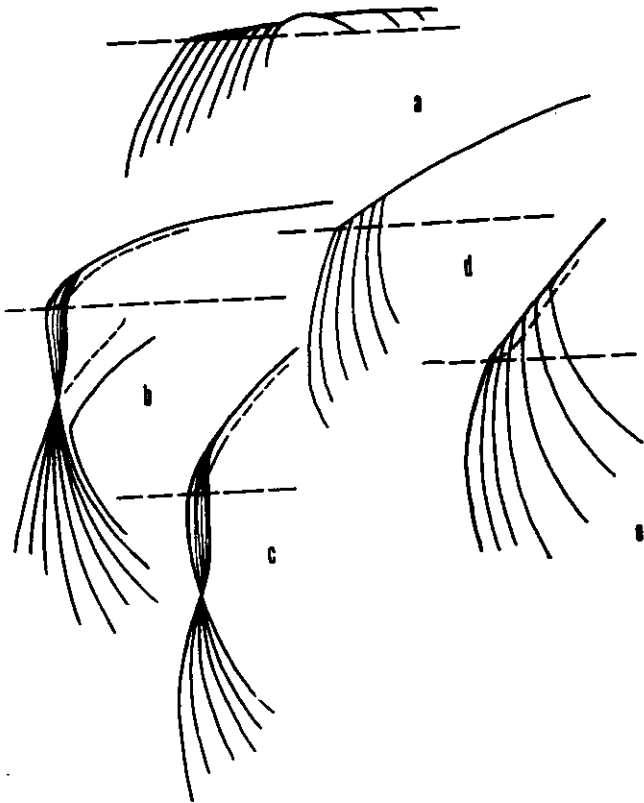


Figura 3. Cuadro sinóptico esquemático de las zonas dorso-frontales de las valvas, con las áreas de confluencia de las líneas de crecimiento de cinco familias de conchostráceos. Lephthetheriidae (a); Paraimnadiidae (b); Cyclestheriidae (c); Imnadiidae (d) y Limnadiidae (e). La línea horizontal indicada con flecha representa la línea que comunica al extremo anterior de la bisagra dorsal con su extremo posterior. (b: según Botnariuc (1947) ampliado e invertido).

naupliales y forma externamente un ribete prominente. Este ribete siempre parte de la actual primera línea de crecimiento y se extiende en curva aproximadamente paralela al contorno anterior dorsal hasta el borde anterior de la glándula de la valva. El doblez se forma a partir del borde externo de la parte fusionada de la lámina externa conservada y no incluye la parte periférica no fusionada (comp. Figs. 1; 2; 3). Se observa un segundo doblez menos notable en posición dorsal del primero, y los dos ribetes paralelos encierran un surco relativamente ancho en la superficie de la valva (comp. Figs. 1, 2, 3).

Otra de las características particulares del género *Paraimnadia* se encuentra en el modo de crecimiento del caparazón, en referencia a la ubicación de la zona de confluencia de los bordes anteriores de las valvas superpuestas (comp. Fig. 3). Mientras, en las familias Limnadiidae e Imnadiidae los bordes anteriores de las láminas superpuestas se proyectan a lo largo de la prolongación de la bisagra dorsal en línea recta o curvada cada vez más hacia adelante, se observa en *Paraimnadia* un ligero desplazamiento de los bordes anteriores superiores hacia atrás, y de los bordes anteriores inferiores hacia adelante. En consecuencia se observa en vista lateral que los bordes frontales giran alrededor de un punto a cierta distancia y por debajo del extremo anterior de la bisagra (comp. Figs. 1, 2, 3). El resultado de este modo de crecimiento es un caparazón con una jo-

roba dorso-frontal proyectada hacia adelante. Cabe anotar que el caparazón de la familia uniespecífica Cyclestheriidae presenta un modo de crecimiento parecido y también en este caso se forma una joroba frontal (Fig. 3).

La forma del caparazón y el aspecto de las valvas dependen en alto grado de la edad y del sexo. En las poblaciones estudiadas sobrevivieron escasamente hembras de una edad correspondiente a la etapa S-12. El holótipo en la etapa S-11 se seleccionó por representar una típica hembra madura de una población femenina de todavía considerable tamaño. Los machos en contraste alcanzan edades mayores y crecen desde el estadio S-9 en mayor grado que las hembras, razón por la cual el modo de crecimiento se observa con mayor facilidad en los machos. El modo de agregación de láminas externas de las valvas sigue los patrones anteriormente mencionados, hasta las etapas S-10 o S-11. En etapas posteriores las partes inferiores del borde frontal de las nuevas láminas comienzan a proyectarse hacia adelante de forma similar como en la familia Limnadiidae (Fig. 3). Se observa que los bordes anteriores superiores de las láminas subyacentes quedan prácticamente fusionados con aquellas de las láminas anteriores.

En consecuencia de los procesos mencionados, se observa que la forma general y especialmente el contorno anterior cambia continuamente durante la ontogénesis. En los machos el contorno anterior atraviesa en las etapas S-10 hasta S-12 una fase en la cual se observa un frente, que corta en ángulo aproximadamente recto la línea que comunica el extremo anterior de la bisagra dorsal con su extremo posterior (Fig. 2). Posteriormente comienza a formarse una curva cóncava en la parte dorso-frontal, sin perderse la característica joroba dorso-frontal proyectada. En vista frontal se observa como efecto adicional una apertura lateral del caparazón por debajo del punto de confluencia cuyo grado aumenta con la edad.

La morfogénesis diferencial de los sexos influye considerablemente desde la iniciación de la madurez sexual en el desarrollo de la forma frontal del caparazón. A causa de la jorobación dorsal del caparazón se observa en las hembras a partir de la madurez sexual (etapas S-8 a S-9; población del holótipo) un frente notablemente más proyectado que en los machos. Correlacionado con la iniciación de la madurez sexual se disminuye el crecimiento de las hembras en comparación con los machos y hembras maduras son en consecuencia más pequeñas que machos de la misma edad.

Las valvas son relativamente blandas aunque mecánicamente resistentes y presentan en contraste con los miembros de la familia Limnadiidae una superficie ornamentada (Fig. 1). Se observa un relieve de gránulos y crestas en forma de meandros que sirve de sustrato para la fijación de algas filamentosas. Para las dimensiones de las valvas del holótipo, No. (ICN-MHN-CR-1205) comparar Tabla 1.

Tabla 1

La tabla presenta las dimensiones de las valvas de holótipo y alótipo incluyendo las etapas anteriores (S-7 hasta S-10) deducidas de las franjas de crecimiento (en mm):

Holótipo (A); Alótipo (B)					
Etapas	S-7	S-8	S-9	S-10	S-11
A. Long.	2,75	3,2	3,45	3,6	3,8
Alt.	2,0	2,3	2,45	2,55	2,65
R L./A.	1,38	1,4	1,41	1,4	1,43
B. Long.	2,75	3,1	3,5	3,8	4,1
Alt.	1,8	2,05	2,4	2,6	2,75
R L./A.	1,53	1,54	1,49	1,49	1,49

La cabeza de esta especie es de forma general rectangular y con características similares a las de la cabeza de *Imnadia yeyetta* (Hertzog, 1935) (Fig. 3). Se asemeja como esta última a la cabeza de un representante de la familia Limnadiidae. A diferencia de la familia Imnadiidae se observa especialmente la ausencia del proceso occipital entre otras diferencias menores. Tanto *Imnadia* como *Paraimnadia* carecen del particular órgano frontal en forma de

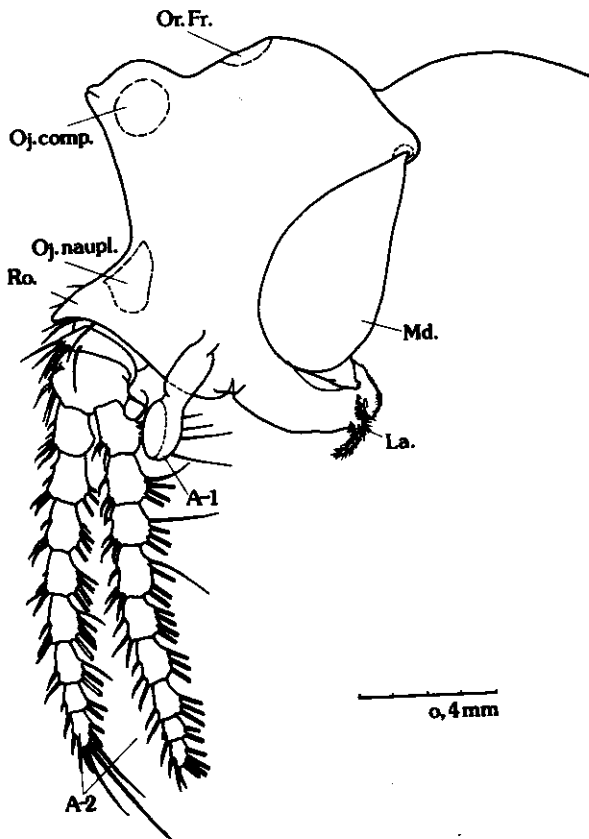


Figura 4. *Paraimnadia guayanaensis*, ♀, holótipo. Vista lateral de la cabeza con primeras y segundas antenas. Or. Fr. = "órgano frontal" (= "Haftorgan", "Scheitelorgan"); A-1 = primera antena; A-2 = segunda antena; Oj. comp. = Ojo compuesto; Oj. naupl. = Ojo naupliario; Ro. = rostro; Labr. = labro; Md. = mandíbula. Segunda antena izquierda removida.

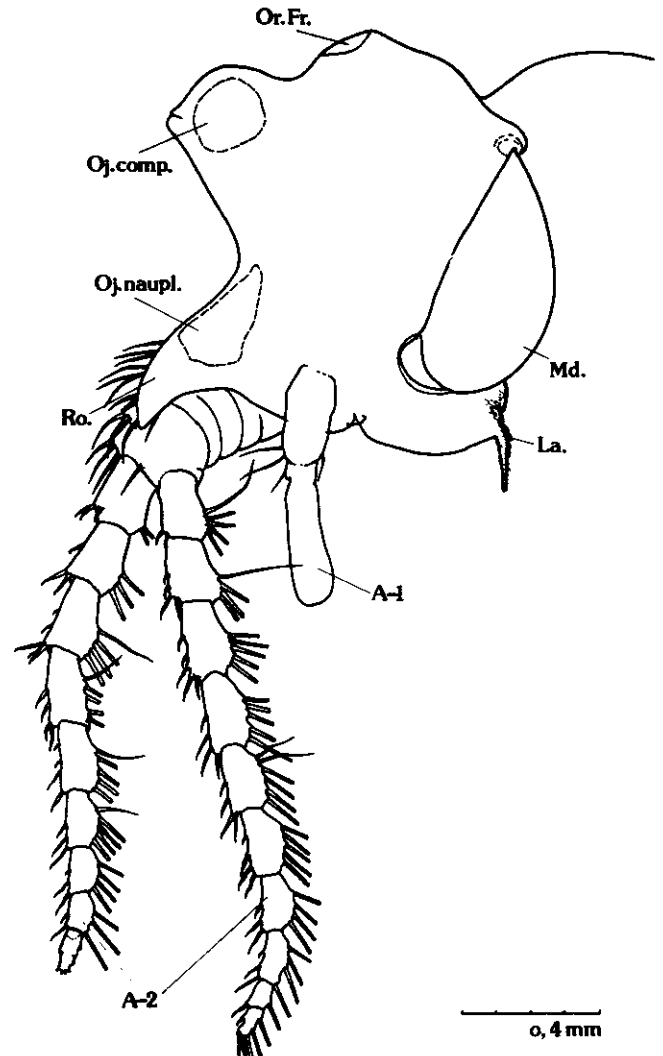


Figura 5. *Paraimnadia guayanaensis*, ♂ alótipo (No. ICN-CR-1205). Vista lateral de la cabeza con primeras y segundas antenas. Segunda antena izquierda removida. Abreviaturas como en Figura 4.

campana ("Haftorgan", "Scheitelorgan") de los Limnadiidae. En su lugar se encuentra un área sensorial de forma ovalada al igual que en las demás familias conocidas de conchostráceos. El contorno dorsal (zona entre el ojo compuesto y el surco de la "nuca") presenta una curva sinuosa. En posición inmediatamente anterior de la zona más alta se encuentra el área sensorial mencionada de forma ovalada (comp. Fig. 4). La zona frontal, (área entre el ojo compuesto y el rostro) presenta una fuerte curva cóncava con un ángulo frontal de aproximadamente  $110^\circ$ . La especie se caracteriza por un rostro proyectado y puntiagudo con una curvatura cóncava ventral en su parte distal. Es de anotar que la zona de conexión del bulbo ocular con el exterior es ligeramente proyectado (Figs. 1, 4).

El labrum grueso está separado de la parte ventral anterior de la cabeza por una fuerte incisión y presenta un proceso sensorial delgado que se proyecta ligeramente hacia adelante (Fig. 4).

Las primeras antenas son cortas, poseen una base ensanchada, un tallo cilíndrico corto y un bulbo distal alargado de forma ovalada sobre el cual se encuentran densas poblaciones de setas sensoriales

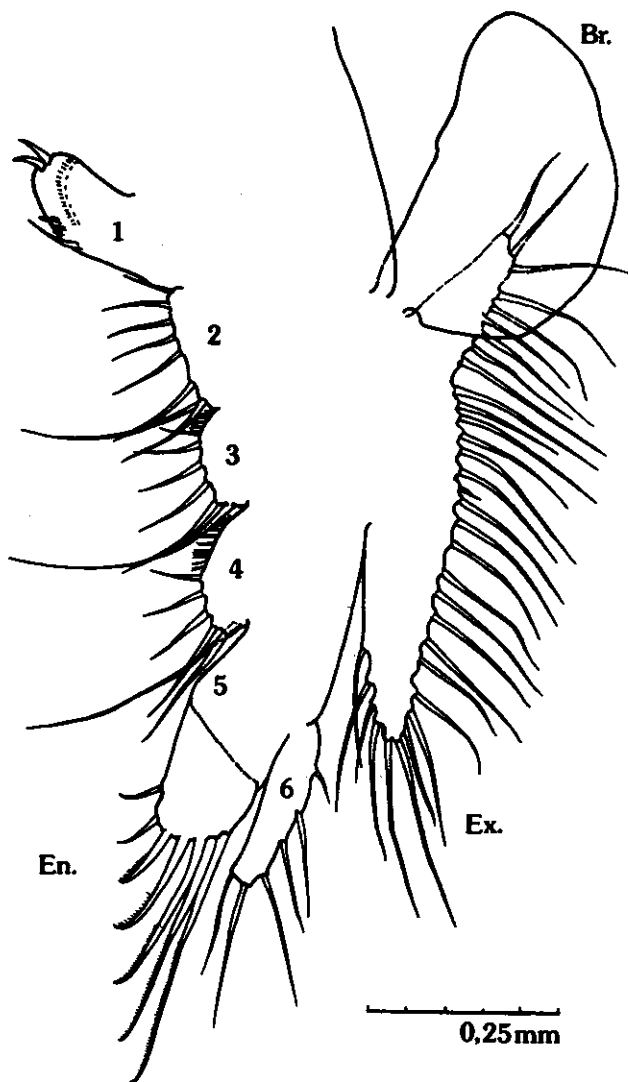


Figura 6. *Paraimnadia guayanaensis*; ♀, holótipo. Vista frontal del primer apéndice postmaxilar izquierdo. De las dos filas de setas o cerdas del borde medial se presenta solamente la fila anterior. Br. = bránquia; En. = endopodito; Ex. = exopodito; Fl. = flagelo; 1-6 = enditos 1-6, (denominaciones según Kuekenthal-Krumbach, 1926/27).

cortas y dirigidas hacia adelante. Los dos ramos de las segundas antenas se componen de 9 segmentos, el interno (posterior) y de 8 el externo (anterior). Ambos ramos están dotados de cerdas cortas y fuertes en la superficie anterior (dorsal) y setas largas en número variable en los bordes posteriores (ventrales). El número de segmentos depende de la edad; hembras más avanzadas en su desarrollo disponen hasta de 10 segmentos en el ramo interno. En muchos casos la separación de los segmentos no es completa y el recuento es difícil.

El holótipo cuenta con diecisiete segmentos postmaxilares completamente desarrollados con sus correspondientes apéndices. Los diecisiete segmentos están presentes desde el estadio S-8, etapa en la cual el décimo-séptimo par de extremidades todavía es muy pequeño. En las etapas posteriores comienzan a formarse rudimentos de un décimo-octavo segmento que sin embargo no completa su desarrollo y no forma apéndices. Las bránquias de los apéndices 4, 5, 6 y 7 poseen una extensión dor-

sal, en especial el sexto presenta una prolongación notable (comp. Fig. 7). El tamaño de estas extensiones parece relacionado con el tamaño absoluto de las extremidades. Los apéndices 5, 6 y 7 son los más desarrollados, una situación que no cambia con el crecimiento de acuerdo con la constancia en el número de segmentos. Los exitos de los apéndices 9 y 10 presentan un flagelo (Fig. 8). El orificio genital se abre a nivel del décimo-primer apéndice. Los apéndices posteriores son muy pequeños.

El telson de esta especie es de forma general romboide (Fig. 11). Las crestas dorsocaudales son aproximadamente rectas y portan una serie de espinas de diferente tamaño que en el caso del holótipo hembra están previstas de espinitas secundarias que están ausentes en el alótipo macho. Las espinas son relativamente delgadas y cortas. Las cres-

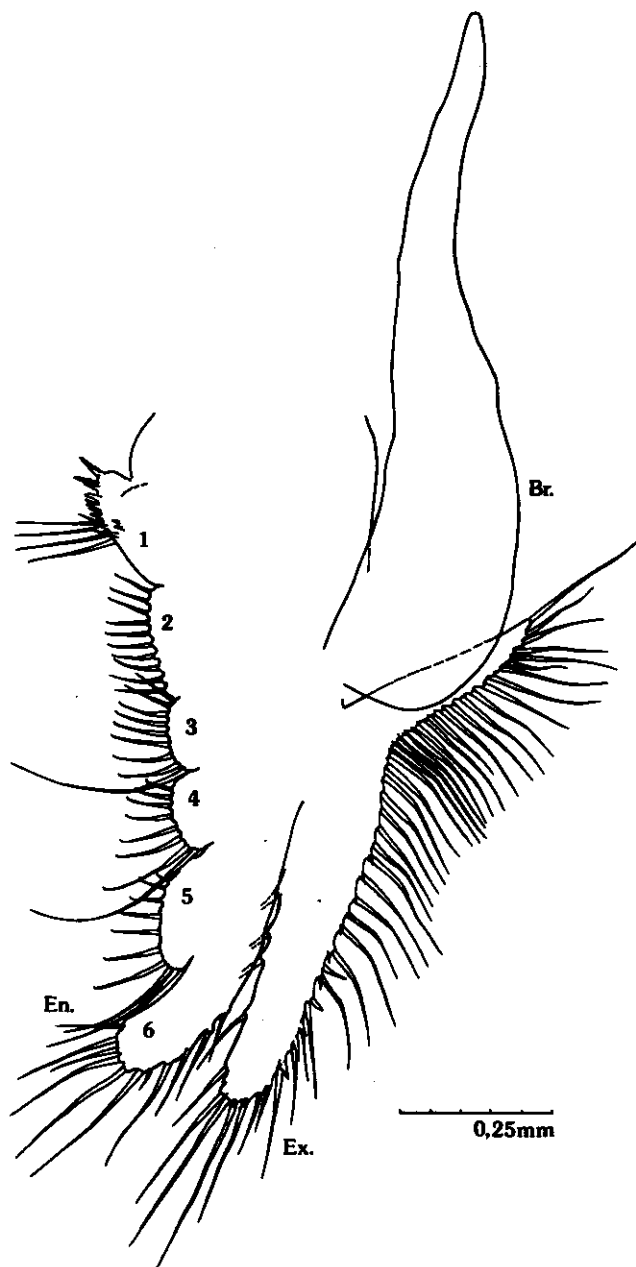


Figura 7. *Paraimnadia guayanaensis*; ♀, holótipo. Vista frontal del sexto apéndice postmaxilar izquierdo. Abreviaturas y convenciones como en figura 6.

tas terminan con un proceso espinoso curvado fuerte que porta en su superficie pr3ximal una serie de dientes finos. El borde inferior terminal del telson se caracteriza por un proceso espinoso corto que porta ventralmente en la hembra una serie de espitas finas.

Los cerc3podos son de forma sinusoide y ligeramente m3s largos que en los machos (relaci3n cerc3podos-telson: 1: 1,3); la base carece en las hembras de setas largas y en su lugar porta pocas cerdas cortas, que se originan sobre la superficie interna (Fig. 11). La secci3n distal esta provista de dos hileras de dientes relativamente fuertes; el l3mite entre las dos partes presenta una espina fuerte con dentici3n fina.

Los huevos de esta especie son de forma redonda, su superficie se caracteriza por un relieve poco profundo, formado por crestas "longitudinales" y dos rebordes circulares (Fig. 8).

## Descripci3n del Macho

Los machos de esta forma son generalmente m3s grandes que las hembras a partir de la etapa ontog3netica "S-9".

El caparaz3n del macho presenta una forma subovalada con un contorno dorsal muy poco curvado. Como se mencion3 anteriormente la forma del caparaz3n depende en alto grado de la edad. Machos j3venes presentan un frente dorsal ligeramente proyectado hacia adelante. El par3tipo de referencia en la etapa S-11 con cinco l3neas de crecimiento presenta la t3pica joroba dorso-frontal; sin embargo, la adici3n de nuevas l3minas durante el proceso de crecimiento de las valvas hace menos notable su presencia en esta etapa (Figs. 1, 2). En esta fase el contorno frontal corta en 3ngulo aproximadamente recto la l3nea que comunica el extremo anterior de la bisagra dorsal con su extremo posterior. En ejemplares m3s avanzados comienza a formarse una curva c3ncava en la parte dorso-frontal, sin perderse, la caracter3stica joroba dorsal proyectada (Fig. 1c). Para las dimensiones de las valvas de este espec3men macho comparar Fig. 2 a. y la Tabla 1.

La cabeza del macho presenta caracter3sticas similares a la de la hembra. Se observa un rostro curvado m3s pronunciado con una proyecci3n ventral, los ojos nauplius y compuestos son relativamente m3s grandes (Figs. 2, 5). Las primeras y segundas antenas presentan caracter3sticas similares a las descritas para la hembra. Las primeras antenas son m3s largas y el segmento distal presenta un 3rea sensorial alargada (Fig. 5). Los dos ramos de las segundas antenas cuentan con diez segmentos; sin embargo, las terminales no son claramente separadas.

El macho en referencia cuenta con diecisiete segmentos postmaxilares claramente definidos y con los correspondientes pares de ap3ndices. Se observa un d3cimo-octavo segmento incompleto, cuyos l3mites posteriores se expresan claramente en la parte ventral y ventro-lateral en el lado derecho y hasta dorsal en el lado izquierdo. Este segmento carece de ap3ndices. El n3mero de segmentos completos y el n3mero de ap3ndices se mantiene constante desde la etapa S-8 en la cual el d3cimo-s3ptimo par de extremidades est3 presente de forma muy peque1a. En mudas posteriores no se agregan ap3ndices adicionales como se pudo comprobar en el macho m3s grande encontrado y cuya edad corresponde a la etapa S-16 (comp. Fig. 1c).

Los primeros dos pares de ap3ndices postmaxilares son prehensiles y con caracter3sticas similares a las de los Limnadiidae y los Imnadiidae. En especial se observan discos de succi3n en posici3n terminal de los enditos 6 (comp. Fig. 9). Es interesante anotar que los machos utilizan los discos de succi3n no solamente en la reproducci3n sino regularmente durante la alimentaci3n. Los animales se fijan con la ayuda de los discos firmemente al sus-

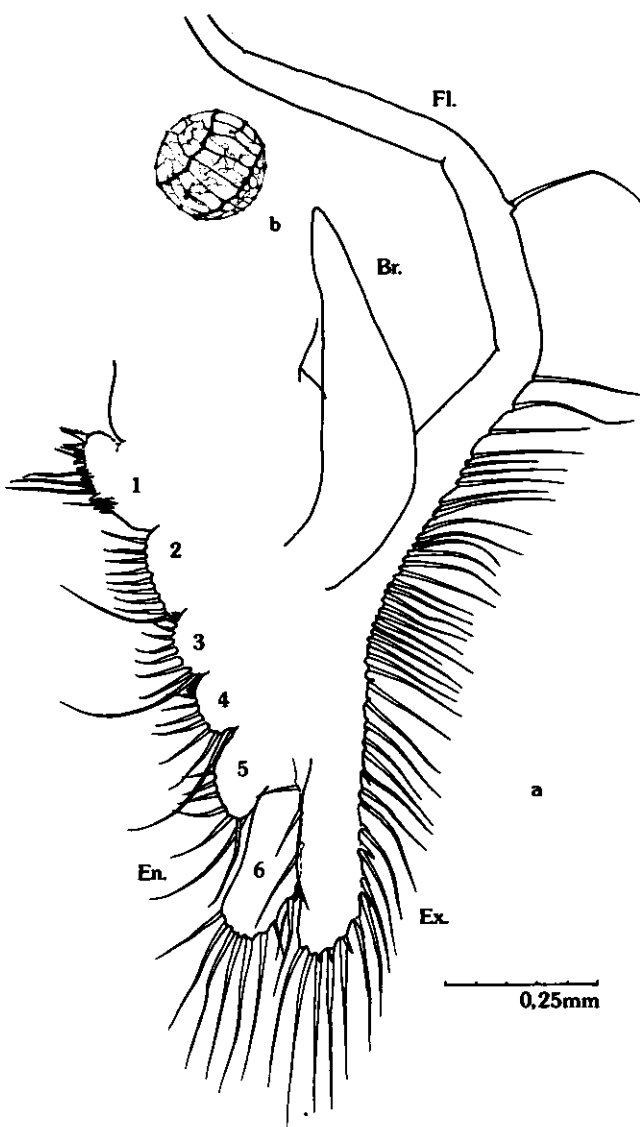


Figura 8. *Paraimnadia guayanaensis*; ♀ hol3tipo. Vista frontal del d3cimo ap3ndice postmaxilar izquierdo (a). Huevo, obs3rvase el relieve superficial (b). Abreviaturas y convenciones como en figura 6.

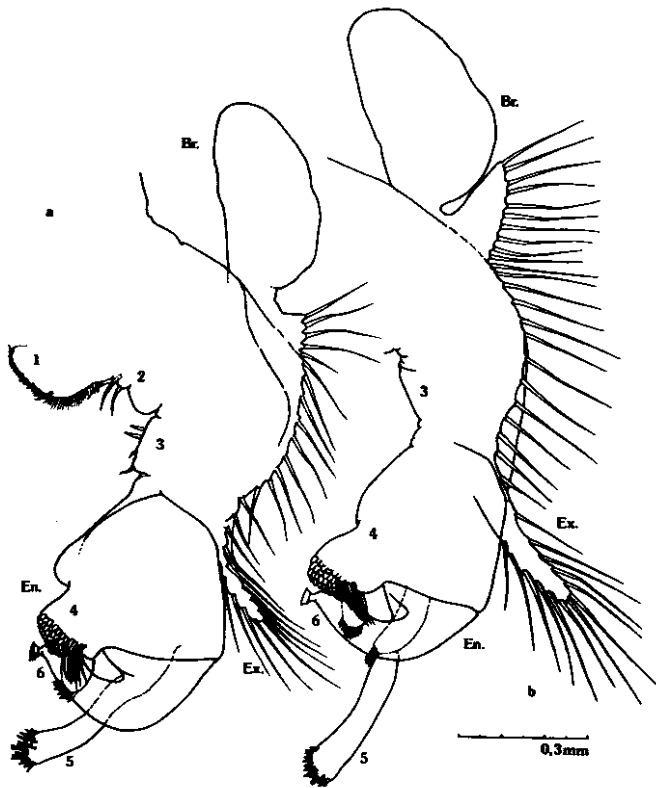


Figura 9. *Paraimnadia guayanaensis*; alótipo ♂ (No. ICN-CR-1206). Vista frontal del primer (a) y segundo (b) apéndice prehensil del lado izquierdo. Abreviaturas y convenciones como en Fig. 6. (La configuración tridimensional de la extremidad aparece distorsionada en el plano bidimensional de la gráfica).

trato y remueven con las fuertes cerdas mediales y mediodorsales de las segundas antenas el detritus, algas y otros materiales que posteriormente son filtrados.

Los enditos 5 del tercer par de extremidades cuentan con dos segmentos de forma casi cilíndrica (comp. Fig. 10). Como en el caso de las hembras, se observa que las branquias del quinto, sexto y séptimo apéndice se extienden dorsalmente en una notable prolongación. La tendencia de formar este tipo de prolongaciones dorsales se observa también en otras familias, como por ejemplo en los *Lepthetheriidae* y los *Imnadiidae*. La extensión dorsal más desarrollada en *Paraimnadia* es la del sexto par de apéndices, mientras en machos adultos de *Imnadia* el mayor desarrollo se desplaza hacia segmentos posteriores (Botnariuc, 1941), una situación que se observa también en *Lepthetheria*.

El telson es similar en estructura y forma a la de la hembra. Destacan en las crestas dorso-caudales espinas gruesas con puntas redondas y de forma curvada que carecen de la dentición secundaria observada en la hembra. (Fig. 11). El telson porta un proceso terminal ventral curvado que carece de espinas. Los cercópodos son un poco más cortos que el telson (relación 1: 1,1) y portan sobre las superficies internas de sus bases una serie de setas cortas.

## Ecología y distribución

*Paraimnadia guayanaensis* se conoce hasta la fecha únicamente de la localidad típica, la determinación de sus adaptaciones ecológicas se restringe por lo tanto a las características deducibles de este entorno. La especie habita en abundantes poblaciones en un particular tipo de "rockpools", característicos para las extensiones colombianas del escudo guayanés. Las formaciones rocosas se levantan con poca altura sobre los suelos lateríticos del Llano. Los charcos son generalmente de contornos redondos u ovalados y han sido formados por factores climáticos. Son en su mayoría de dimensiones inferiores y presentan poca profundidad. Los diámetros en la mayoría oscilan entre 30 cm y 1 a 2 metros, con un máximo de 10 a 15 cm de profundidad. El fondo es aproximadamente plano aunque con un brusco relieve en dependencia de la micro-

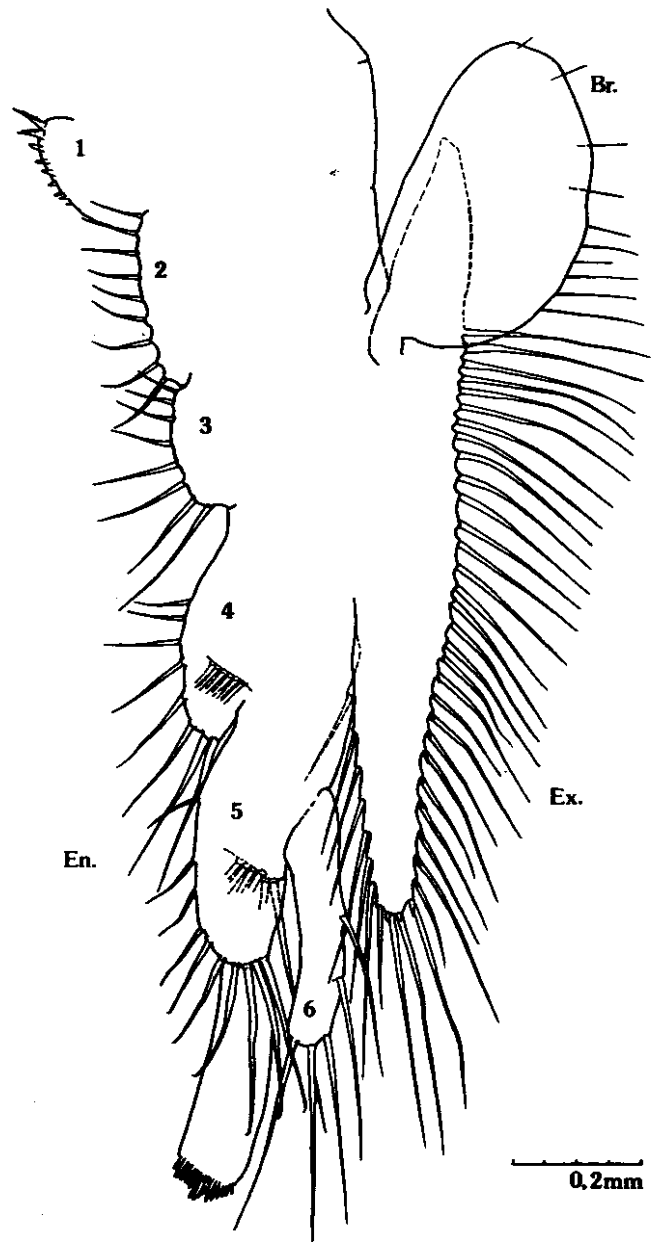


Figura 10. *Paraimnadia guayanaensis*; alótipo ♂ (No. ICN-CR-1206). Vista frontal del tercer apéndice del lado izquierdo. Abreviaturas y convenciones como en la Fig. 6.

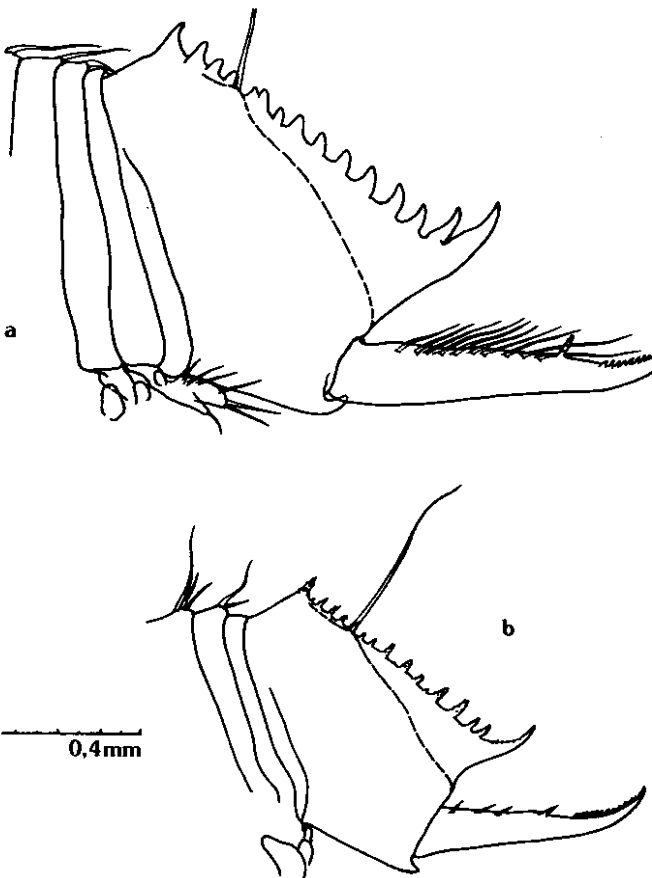


Figura 11. *Paraimnadia guayanaensis*; Vista lateral del telson con cercópodos, holótipo, ♀ (a); alótipo (ICN-CR-1206), ♂ (b).

estructura rocosa y generalmente cubierto con restos granulares de las rocas erosionadas. Existen gradientes de condiciones especialmente relacionados con la sedimentación de materiales finos, entre los charcos que se encuentran ubicados en las cimas, en las laderas o al pie de las rocas.

La localidad típica representa un ecotono de particulares características y el efecto de borde resulta en la presencia de seis especies de conchostráceos (*Paraimnadia*, *Eulimnadia magdalenensis*, *E. colombiensis*, *Lepthestheria*, *Lynceus* y *Cyclestheria*) cuya distribución local puede relacionarse con sus adaptaciones específicas. *Paraimnadia* se encuentra generalmente en los charcos de las cimas en poblaciones uniespecíficas abundantes. *Eulimnadia* y *Lepthestheria* habitan generalmente en los charcos que reciben una mayor cantidad de sedimentos finos en las laderas de las formaciones rocosas o en el llano circundante. *Lynceus* se encuentra en charcos más profundos y por lo tanto más duraderos en el llano, frecuentemente junto con *Dendrocephalus* (Crustacea, Anostraca), mientras *Cyclestheria* esta restringido a charcos semipermanentes y permanentes. La distribución de las formas mencionadas esta relacionada con varios factores parcialmente interdependientes y que en parte fueron discutidos con anterioridad (Roessler, 1991). Aquí serán mencionados: el régimen de temperatura, la duración y profundidad de los cuerpos de agua en relación con la duración mínima del ciclo vital y la presencia o ausencia de sedimentos.

*Paraimnadia* se encuentra a veces simpátricamente con *Lepthestheria* y raras veces con *Eulimnadia* en las laderas de las rocas, pero generalmente está restringido a sus cimas. La razón para esta restricción no es muy clara. La distribución de los conchostráceos encontrados en Colombia está normalmente relacionada con sus adaptaciones a la duración mínima de sus hábitat acuáticos. Las especies de más rápido desarrollo pertenecen al género *Eulimnadia* (Roessler, 1989, 1990, 1991). *Lepthestheria* es una forma de desarrollo relativamente lento, que adicionalmente prefiera charcos con sedimentos y/o fondos blandos en los cuales suele excavar. *Lynceus* igualmente requiere de charcos temporales de mediana duración y las adaptaciones de *Cyclestheria* ya han sido mencionadas (comp. Roessler et al. 1986). La duración del ciclo vital mínimo de *Paraimnadia* es considerablemente mayor que aquel de *Eulimnadia* y ligeramente más corto que el de *Lepthestheria*, como se comprobó en cultivos de laboratorio. La ausencia de *Eulimnadia* en los charcos en las cimas que cuentan con abundantes poblaciones de *Paraimnadia* demuestra una adaptación muy particular de ésta nueva forma que parece relacionada con una mayor tolerancia a altas temperaturas. Esta tesis concuerda con estudios anteriores sobre *Eulimnadia* que muestran tasas elevadas de mortalidad cerca de temperaturas de 42°C, que se acercan al límite superior de tolerancia. La mortalidad está sin embargo, relacionada con la edad y con el estado reproductivo, probablemente en dependencia con los requerimientos de oxígeno (larvas y ejemplares jóvenes sin huevos puestos o en formación toleran temperaturas más altas — Roessler, inédito).

La distribución geográfica puede ser solamente objeto de una hipótesis, con base en las condiciones de la localidad típica y las adaptaciones mencionadas, se supone una amplia distribución en las formaciones rocosas del Escudo de las Guayanas en regiones ecuatoriales. Es muy probable que la forma se encuentre simpátricamente tanto con *Lepthestheria* como con *Eulimnadia* en poblaciones temporales y alternas en relación con las condiciones predominantes.

## Discusión

Como fue mencionado brevemente en la introducción, los géneros de conchostráceos descritos hasta la fecha permiten la agrupación de estos en seis familias, cuyas características distintivas están principalmente relacionadas con la estructura de las valvas, la morfología de la cabeza, del telson y de la organización de las extremidades. En el caso de formas fósiles no se cuenta sino con las características de las valvas.

*Paraimnadia guayanaensis* es una especie con una serie de caracteres, que en conjunto no permiten su ubicación taxonómica en una de las familias de conchostráceos hasta la fecha descritas, razón por la cual se propone en este trabajo la nueva fa-

milia Paraimnadiidae. El nombre expresa la estrecha relación taxonómica con la familia Imnadiidae Botnariuc, 1941, deducible de ciertas características del cuerpo blando. Al mismo tiempo se reconocen ciertas afinidades entre estas dos familias y los Limnadiidae G.O. Sars, 1896, como lo mencionó Botnariuc en el trabajo sobre la familia Imnadiidae (Botnariuc 1941; 1947).

Los caracteres más destacados compartidos por las familias Imnadiidae y Paraimnadiidae involucran el número total de segmentos y el número y la morfología de las extremidades, incluyendo los primeros dos pares de apéndices prehensiles de los machos. La morfología de la cabeza revela otras similitudes a diferencia de la región occipital que presenta un proceso destacado en el caso de *Imnadia*, mientras que en *Paraimnadia* se observa la ausencia de este proceso y un contorno redondeado, que por el otro lado es típico para la familia Limnadiidae. De esta última familia ambas formas se diferencian como las demás familias por la ausencia del típico órgano frontal ("Haftorgan", "Scheitelorgan") en forma de campana.

Los caracteres morfológicos del telson de ambas especies son comparables y caben en general dentro del marco de las variaciones observables en el género *Eulimnadia* de la familia Limnadiidae. En el caso de *Paraimnadia* se observa solamente en el macho una dotación de cerdas cortas en la parte basal, mientras que *Imnadia* cuenta en ambos sexos con una densa población de setas. Daday (1925; 1926) considera la ausencia de estas setas como rasgo primitivo.

Las etapas naupliales y metanaupliales de *Paraimnadia* se caracterizan por un labro de contornos redondos similares a los descritos para *Imnadia* (Botnariuc, 1947).

Mientras las diferencias anteriormente mencionadas probablemente no justifican la separación de *Paraimnadia* de *Imnadia* sino a nivel de género, los rasgos estructurales y morfológicos diferentes de las valvas y del caparazón indican dos líneas evolutivas distintas que requieren de la erección de una nueva familia en el caso de *Paraimnadia*.

La comparación del modo de crecimiento del caparazón respecto de la bisagra dorsal y referente a la agregación de nuevas láminas y a la conservación de las láminas externas de las exuvias de las valvas de las familias Cyclestheriidae, Cyzicidae, Imnadiidae, Lepthestheriidae, Limnadiidae y Paraimnadiidae revela básicamente dos tipos diferentes: el primero (y posiblemente más primitivo) corresponde a la formación de una zona de confluencia de los bordes dorsales anteriores de las nuevas láminas, a lo largo de la prolongación de la bisagra dorsal en línea recta o curvada en Cyzicidae, Lepthestheriidae, Limnadiidae e Imnadiidae. El segundo está representado por la separación de la zona de confluencia, del extremo anterior de la bisagra dorsal,

lo que causa en vista lateral la impresión de un cruzamiento de las líneas de crecimiento en esta zona o dicho de forma diferente, de la rotación de los bordes anteriores de las láminas externas de las valvas superpuestas alrededor de un punto de confluencia, muy por debajo del extremo anterior de la bisagra como se ilustra en la Fig. 3. Este último caso se observa en Cyclestheriidae y Paraimnadiidae. En consecuencia, en ambos casos se produce una jorobación de la parte dorsofrontal del caparazón y una incisión a altura del punto o de la zona de confluencia.

Las diferencias tipológicas de las valvas aquí mencionadas no solamente separan los Imnadiidae de los Paraimnadiidae sino que acercan a Imnadiidae y Limnadiidae. La similitud entre las valvas probablemente indujeron a Hertzog (1935) a considerar algo forzoso a *Imnadia yeyetta* como representante de la familia Limnadiidae, una clasificación que posteriormente fue corregida por Botnariuc (1941).

Otras diferencias de las valvas de las dos familias Imnadiidae y Paraimnadiidae fueron mencionadas anteriormente. Con la nueva familia se aumenta a tres el número de familias de conchostráceos, basadas en una sola especie (Cyclestheriidae, Imnadiidae, Paraimnadiidae), una situación que no debe sorprender para un grupo taxonómico cuyos orígenes se remontan a paleozóico. Aunque el sistema taxonómico de los "entomostáceos" está actualmente en fuertes y contradictorios "movimientos", como se indicó en la introducción, no puedo abstenerme de mencionar que la agrupación de las familias de la unidad Spinicaudata Linder 1945 (expuesto por Bowman & Abele 1982) en dos superfamilias me parece satisfactoria y que la superfamilia Limnadioidea Baird, 1849 debe incluir además de los Cyclestheriidae y Limnadiidae, a las familias Imnadiidae Botnariuc 1941 y Paraimnadiidae.

Las cuatro familias representan, en nuestro concepto, antiguas líneas evolutivas paralelas en función de adaptaciones ecológicas diferentes. La familia cosmopólita Limnadiidae cuenta con un número amplio de especies que se adaptaron exitosamente especialmente a charcos temporales de corta duración, mientras los no menos exitosos y monotípicos Cyclestheriidae con una distribución cosmopólita y ciruntropical han conquistado un gran número de cuerpos de agua semipermanentes y permanentes en presencia de un gran número de potenciales depredadores (Roessler & Sánchez, 1986). Este medio, probablemente el más conservador de los cuerpos de aguas continentales dulces disponibles, aparentemente no ha provocado una mayor diversificación de esta especie tan ampliamente distribuida. La familia uniespecífica Imnadiidae está aparentemente restringida a ciertas regiones de Europa Central (comp. Thiery & Pont, 1987). Sus adaptaciones ecológicas no han sido estudiadas en mayor grado.

La familia *Paraimnadiidae* es posiblemente también monotípica y aparentemente endémica y su adaptación particular podría consistir entre otros, en una particular tolerancia a temperaturas muy altas como resultado de la competencia con otros conchostráceos ante todo del género *Eulimnadia*, lo que podría haber permitido su supervivencia hasta el presente.

La distribución geográfica de *Paraimnadia guayanaensis* no es muy clara como se mencionó anteriormente, ya que no se conoce sino de la localidad típica. Con base en las observaciones ecológicas anteriormente discutidas y especialmente con respecto a la separación espacial de otros conchostráceos (*Eulimnadia*, *Leptheria*, *Cyclestheria*, *Lynceus*) que habitan en la misma área, pero sólo ocasionalmente en los mismos microhábitats, se debe suponer que la forma está ampliamente distribuida siguiendo las extensiones de las partes bajas de las formaciones rocosas del Escudo Guayanés.

#### Agradecimientos

El estudio recibió el apoyo financiero de COLCIENCIAS (Proyecto No. 1204-05-127-86) y de la Universidad de los Andes. Agradezco la colaboración de funcionarios del HIMAT durante expediciones conjuntas a la Orinoquia Colombiana que hicieron posible la realización del presente trabajo.

#### Bibliografía

- Barnes, R.D. 1985. Zoología de los Invertebrados. México.
- Botnariuc, N. & T.R. Orghidan, 1941. Sur une nouvelle espèce du genre *Imnadia* trouvée en Roumanie et sur les *Imnadiidae* n. fam. Acad. Roum. Bull. Sect. Scient.; 24 (4): 239-246.
- Botnariuc, N. 1947. Contributions à la connaissance des phyllopo- des conchostracés de Roumanie. Not. Biol.; 5 (1-3): 68-158.
- Bowman, T.E. & L.G. Abele, 1982. Classification of the recent Crustacea. 1-27. In: The Biology of Crustacea. I. Bliss, D.E. (Ed.).
- Daday De Deés, E. 1925. Monographie systématique des phyllopo- des conchostracés. Troisième Partie. Ibid. 10 (8): 143-148.
- . 1926. Monographie systématique des phyllopo- des conchostracés. Troisième Partie (Suite). Ibid. 10 (9): 1-81.
- Fryer, G. 1987. A new classification of the branchiopod Crustacea. Zool. J. Linn. Soc. 91: 357-383.
- Hertzog, L., 1935. Notes faunistiques de Camarque I, Crustacés. Bull. Soc. Zool. France 5 (60): 265.
- Kueckenthal, W. & T. Krumbach, 1926/27. Handbuch der Zoologie. III. De Gruyter, Berlin.
- Moore, R.C., 1969. Treatise on Invertebrate Paleontology, Part R. Arthropoda, 4: 1-651. University of Kansas and Geological Society of America Inc., Boulder, Colorado.
- Packard, A.S., 1883. A monograph of the phyllopod crustacea of North America. Twelfth Ann. Rept. U.S. Geol. and Geogra. Surv. for 1878 (Hayden). 1: 295-592.
- Pennak, R.W., 1989. Fresh-Water Invertebrates of the United States Third Edition. New York. John Wiley & Sons.
- Roessler, E.W. & M. Sánchez, 1986. Estudios sobre los "Entomostráceos" de Colombia. I. Contribuciones al conocimiento de la Historia Natural de *Cyclestheria hislopi* (Baird, 1859), (Arthropoda, Crustacea, Conchostraca), con énfasis en aspectos bioecológicos y del ciclo vital. *Caldasia* 14 (68-70): 679-707.
- Roessler, E.W., 1990. Estudios sobre los "Entomostráceos" de Colombia. II. Estudio taxonómico de una nueva especie colombiana del género *Eulimnadia* Packard, 1874, *Eulimnadia magdalenensis* n. sp. (Arthropoda, Crustacea, Conchostracea). *Rev. Acad. Col. Cienc.* 17 (66): 595-603.
- . 1989. III. Estudio taxonómico de una nueva especie colombiana del género *Eulimnadia* Packard, 1874, *Eulimnadia colombiensis* n. sp., (Arthropoda, Crustacea, Conchostraca). *Caldasia* 16 (76): 58-65.
- . 1991. IV. Estudio taxonómico de una nueva especie del género *Limnadia* Brongniart, 1920, *Limnadia orinoquiensis* (Arthropoda, Crustacea, Conchostraca). *Caldasia* (en prensa).
- Thiery, A. & D. Pont. *Eoleptheria ticinensis* (Balsamo-Crivelli, 1859) conchostracé nouveau pour la France (Crustacea, Branchiopoda, Conchostraca). *Vie Milieu*, 37 (2): 115-121.

## NOTAS DEL DIRECTOR

Como parte de las numerosas actividades que debe atender en diversos frentes, el Presidente de la Academia, Dr. Luis Eduardo Mora, participó en la XXIII Asamblea General del Consejo Internacional de Uniones Científicas (ICSU) y en las reuniones XXVII y XXVIII del Comité General de la misma institución. Luego de su participación y en cumplimiento de las normas reglamentarias, presentó el informe que transcribimos a continuación por considerarlo de interés para los lectores de nuestra Revista.

"El 29 de septiembre viajé a Sofía, Bulgaria, con el fin de participar en la XXIII ASAMBLEA GENERAL DEL CONSEJO INTERNACIONAL DE UNIONES CIENTIFICAS (ICSU) y en las XXVII y XXVIII REUNIONES DEL COMITE GENERAL de la misma Institución.

A la ciudad de Sofía llegué al día siguiente, 30 de septiembre en las horas de la noche.

De acuerdo con la programación el 1.º de octubre tuvo lugar la XVII REUNION DEL COMITE GENERAL DE LA ICSU. La reunión se inició a las 9:00 a.m. y concluyó a las 4:30 p.m. Asistieron todos los Miembros del Comité, que está integrado de la siguiente manera: Comité Ejecutivo de la ICSU, Representantes de las 20 Uniones Científicas y por 13 Representantes de los 83 países afiliados a ICSU.

La reunión estuvo presidida por el Profesor M.G.K. Menon, Presidente de la ICSU, quien después de saludar a los participantes presentó un informe sobre la ejecución de las decisiones adoptadas durante la XXVI Reunión del Comité, en la ciudad de Lisboa (11-14 octubre 1989). Entre otros, el Comité Ejecutivo creó el grupo ad-hoc con el objeto de atender los asuntos relacionados con la distribución de la información científica y el diseño de políticas sobre esta materia para ICSU.

El Comité Ejecutivo encargó a CODATA de diseñar un plan para el desarrollo de la informática, como Ciencia independientes y como herramienta de trabajo en los distintos programas de ICSU. El Comité Ejecutivo creó también un grupo ad-hoc para estudiar las contribuciones de ICSU al estudio sobre reducción de los Desastres Naturales y la creación de los grupos interdisciplinarios que fueron necesarios.

El informe del Presidente fue aprobado por el Comité. Después de un amplio intercambio de ideas, el Comité General se puso de acuerdo en que su papel no se agotaba en la revisión de propuestas de actividades científicas, sino que además podría proponer nuevos Programas u otras actividades científicas nuevas.

En cuanto a la función de revisión de las actividades científicas de ICSU, el Comité aprobó llevar a cabo tal revisión de manera sistemática y permanente y no solamente cuando se presentasen problemas.

Y se propuso y aprobó además, la intervención de los Representantes de los países afiliados a ICSU en tal revisión. Los Representantes de los países revisarían las actividades de PSA, FIP y FID. Se destacó, enseguida los avances logrados por el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP) y se decidió que ICSU participe en los preparativos de la "Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Ambiente y el Desarrollo" que tendrá lugar en 1992, aceptando la invitación recibida por la ICSU por parte de la Secretaría General de las Naciones Unidas encargada del Comité General, aceptó también la invitación del Comité de Desarrollo del medio ambiente de las Naciones Unidas (UNCEP), en el sentido de que ICSU actúe como Consejero científico principal de la organización de la Conferencia. Probablemente, habría antes una Conferencia preparatoria sobre la Ciencia y su status. Finalmente, se hizo énfasis en hacer contactos con las Comunidades Científicas de los países afiliados a ICSU y Miembros de las Ciencias Sociales.

El suscrito intervino para hacer ver la necesidad de apoyo requerida por los países en desarrollo en esta materia. Hubo acuerdo en que la Comunidad Científica Internacional de cada país debe jugar un papel predominante en estas materias, de guía y asesoría a los respectivos Gobiernos.

El Comité General, estuvo también de acuerdo en que se acepte la invitación de las Naciones Unidas, para llevar adelante programas conjuntos financiados por el PNUD en los países en desarrollo.

Cabe recordar al respecto que de acuerdo con lo decidido en la XXII Asamblea General de ICSU, que tuvo lugar en Pekín del 11 al 16 de septiembre de 1988, se hizo énfasis en incluir dentro de la propuesta que se haría al PNUD, el Programa dedicado al Fomento de la Investigación Científica o fundamental para el Desarrollo. Tanto en aquella ocasión como en la XXV Reunión del Comité General, en la misma ciudad, varios de los participantes, entre otros el suscrito hicieron énfasis en promover la investigación básica dirigida al avance del conocimiento humano, al desarrollo cultural, y al económico y social así como a la protección del ambiente. Se solicitó al Comité Ejecutivo de la ICSU promover la presentación de propuestas de investigación básica con la colaboración de las Uniones y de los Comités que conforman la ICSU. Se daría especial prioridad a los Proyectos de alto nivel científico, cuyos contenidos se refieran a prioridades regionales o locales para el desarrollo sostenido. El suscrito, a solicitud de la Mesa Directiva de la Asamblea, expuso su experiencia en la Coordinación Regional del Proyecto de Botánica Amazónica, financiado por el PNUD, en su primera y segunda etapa.

En seguida, se trató sobre la organización de COSTED. Se propuso convertir a este Programa en un mecanismo de asesoría del Comité Ejecutivo de la ICSU sobre asuntos que tengan que ver con el desarrollo, en el sentido más amplio.

A continuación el Comité General se ocupa de la revisión de las actividades de las Uniones, los Comités y de otros Cuerpos Constitutivos de la ICSU. Se aprobó elevar a la categoría de Comité Científico el Comité Especial para la Organización de IGBP. Se decidió dar por terminadas las actividades de SCAP de revisión y fijación de prioridades, cuyas funciones serán asumidas por el Comité General.

En cuanto a las funciones de este Comité, en relación con el estudio de programas éticos de la Ciencia CEPS, presidido por el Profesor Sir John Kendrew, se decidió que el Comité Ejecutivo se encargue de coordinar directamente estas actividades; así mismo, se informó sobre la realización en Suecia, en 1991, del Congreso Internacional sobre Lógica, Metodología y Filosofía de la Ciencia. Ya en la Reunión de Lisboa se había acordado que ICSU asuma la tarea de plantear problemas particularmente relacionados con la Bioética y el Proyecto sobre el Genoma Humano, problemas que serían presentados en este Congreso.

Por otra parte, se recomendó que cada uno de los Miembros del Comité y en general de la ICSU presenten al estudio de las Asambleas de ICSU problemas éticos que considere relevantes.

Más adelante, se decidió que el Servicio de Publicaciones e Imprenta de la ICSU se convierta en un "Comité Permanente" y que el "Comité ad-hoc" sobre Desastres Naturales sea elevado a la categoría de "Comité Especial". Así mismo, se informó que el Comité Ejecutivo había creado un grupo ad-hoc para estudiar el Problema del acceso a las informaciones y publicaciones científicas. Se creará también un Comité Asesor que se ocupe del estudio de las interconexiones entre la Ciencia, la Tecnología y la Industria. Este Comité estará formado por personalidades no pertenecientes a la familia de Instituciones ICSU, siguiendo las recomendaciones adoptadas en la Conferencia sobre "International Science and Its Partners", que tuvo lugar en Visegrad, Hungría del 2 al 5 de mayo de 1990.

Luego, el Comité se dedicó a tratar lo relacionado con la agenda de la Asamblea General XXIII de la ICSU que debería comenzar al día siguiente. Se procedió a nombrar el Comité de Resoluciones y el Comité de Nominaciones de la Asamblea General, al igual que los relatores.

Se acordó celebrar una reunión corta del Comité General, la No. XXVIII, en la noche del día 4 de octubre, con la participación de los nuevos Miembros que resultasen elegidos en la Asamblea. Esta Reunión tendría por objeto elegir los nuevos Miembros Ordinarios representantes del Comité General ante el Comité Ejecutivo de la ICSU. La lista de los Candidatos sería presentada por el Presidente del Comité.

La XXVIII Reunión del Comité general, se llevó a cabo en la fecha y hora prevista y se volvió a ocupar de los métodos de evaluación de los cuerpos que integran la ICSU, por parte del Comité General.

En esta misma reunión No. XXVIII del Comité General se habló del Programa COSTED; el suscrito aprovechó la oportunidad para insistir sobre la necesidad de organizar un Centro Operativo de este Programa para América Latina y el Caribe, y sobre la necesidad de constituir un Comité Regional para orientar las actividades del Centro, en el cual estuvieren representados los países Miembros de ICSU de la región.

Ya desde la Reunión XXVI del Comité General en Lisboa el Secretario Ejecutivo, explicó que el Comité General de ICSU estaba preocupado por lograr la articulación de las actividades de varios cuerpos de la ICSU, relacionadas con los países en desarrollo, para lo cual se contaría con el apoyo financiero del PNUD. Se recordó que COSTED existía desde 1966 y que su misión principal era coordinar las acciones en los países en desarrollo.

La XXVIII Reunión del Comité General, puso particular énfasis en la necesidad de reorganizar el Programa COSTED, con el objeto de convertirlo en un cuerpo de ayuda eficaz al desarrollo de la investigación científica en los países en desarrollo. El suscrito hizo énfasis en que COSTED debía prestar una ayuda eficaz a los países en desarrollo en materias tales como Enseñanza de la Ciencia y participación en los Programas internacionales de la ICSU, ayuda en la formulación de Proyectos de investigación, en colaboración con varios países, todo en concordancia con lo que se había acordado ya en la Reunión en Lisboa el año pasado.

La Secretaría Ejecutiva recordó el Proyecto de establecer un Centro para la Ciencia, que estaría situado en Trieste y que tendría

una organización similar a la del Centro Internacional de Física Teórica que funciona también en dicha ciudad.

Al respecto se mencionó también las numerosas actividades que desarrolla ICSU, en colaboración con la Academia de Ciencias del Tercer Mundo; tales como: Programas de distribución de Libros y Revistas científicas y el Programa de Conferencias, con participación de prestantes personalidades científicas en el nivel mundial. Para este Programa se cuenta también con la colaboración de UNESCO y del Consejo Científico de la Comunidad Británica.

La XXIII Asamblea General de la ICSU, cuyas reuniones se realizaron entre el 2 y el 5 de octubre, ratificó todas las decisiones del Comité General a las cuales ya se ha hecho referencia en este Informe. Por otra parte, se creó un Comité ad-hoc para que se ocupe de estudiar el "Estado de la Ciencia en la Europa Central y Oriental". Se volvió a destacar los avances del programa IGBP, así como el Programa de Investigaciones sobre el Clima mundial que trabaja mancomunadamente con el anterior. Se recomendó al Programa COSPAR continuar sus estudios sobre las perturbaciones que implicaba para la Investigación Científica Espacial, la presencia de fragmentos de naves espaciales en los estudios astronómicos y el Problema de la contaminación de la Base Electromagnética Natural, especialmente se hizo énfasis en la polución por las interferencias que ocasionan las ondas de radio.

Se recomendó, como punto muy especial, estrechar cada vez más y más las relaciones entre las Ciencias Naturales y las Ciencias Sociales y del Comportamiento.

En cuanto al Programa COSTED, la XXIII Asamblea General de la ICSU aceptó su reorganización y la necesidad de convertirlo en un cuerpo eficaz de coordinación, formulación de políticas y ayuda al proceso de desarrollo con la ayuda de la Ciencia y la Tecnología. El Programa consiste, entre otros, en Becas para la formación de científicos del Tercer Mundo, entrenamiento intensivo de jóvenes del Tercer Mundo en Instituciones de alto nivel científico e intercambio de científicos del Tercer Mundo dentro de su propia región.

Se aprobó también la reorganización del COSTED tanto en lo que se refiere a su Comité Central, como a los Centros Regionales y el fortalecimiento del Secretariado en Madras para lograr la efectiva colaboración de los Programas de la ICSU en los países en desarrollo.

Se acordó aumentar en un 5% a partir de 1992 las cuotas de afiliación a ICSU a los Miembros Nacionales. Se invitó a los países Miembros de la ICSU a escoger su nivel de suscripción teniendo en cuenta el Producto Interno Bruto de cada país. Se aceptó acoger como Miembro Asociado a la Asociación de la Ciencia y la Industria, de acuerdo con la filosofía discutida y aprobada en la reunión de Visegrad y el establecimiento de un Comité asesor sobre asuntos Industriales. El Concepto de Socio de ICSU debería extenderse no solamente a la Industria sino a los Gobiernos, a las Asociaciones Intergubernamentales y a otras organizaciones no gubernamentales.

En vista del creciente desinterés por la Ciencia, por parte de las nuevas generaciones, se recomendó poner atención a este punto para adoptar medidas tendientes a solucionar el problema que se alcanza a vislumbrar sobre la insuficiencia de recursos humanos para la Ciencia y la Tecnología en el Siglo XXI.

Por Unanimidad y aclamación se acogió a Santiago de Chile, como la sede de la XXIV Asamblea General de ICSU y a Oslo como la sede de la XXIX Reunión del Comité General".

En sesión pública realizada el 24 de octubre de 1990 tomó posesión como Académico correspondiente extranjero el Dr. Jorge Sahade Cassab quien para la ocasión dio lectura al trabajo "Acotaciones sobre el desarrollo temático y tecnológico de la Astronomía". En nombre de la Academia dio la bienvenida al nuevo miembro de la Corporación el Académico de Número Jorge Arias de Greiff, quien hizo la presentación al Dr. Sahade con las siguientes palabras:

"Me es muy honroso y grato presentar hoy a un viejo amigo de Colombia. Las circunstancias de que muy cercanos parientes del profesor **Sahade** se radicaron en Bogotá desde hace largos años, a tiempo que otra parte de la familia se establecía en Argentina, nos ha dado oportunidades de encontrarlo con frecuencia por estas frías tierras, además de aquellas visitas más relacionadas con la actividad astronómica y el desarrollo de la ciencia, en las que hemos escuchado su palabra en ámbitos científicos y universitarios.

Mi primer encuentro con el nombre de **Jorge Sahade**, ocurrió al recibir el volumen referente a las *Atmósferas Estelares*, del compendio que en el inicio de los años sesenta editaba el Dr. **Kuiper** con el nombre de *Estrellas y Sistemas Estelares*. Un Capítulo sobre espectros compuestos tenía la firma de **Jorge Sahade**; como por esos días me interesaba mucho el estudio del problema restringido de los tres cuerpos y sus puntos legrangianos de equilibrio, estudio que juega un papel importante en el análisis del intercambio de materias entre las estrellas de un sistema binario de componentes muy próximas entre sí, binarias cerradas, que ha sido objeto de la atención permanente del Profesor **Sahade**, asunto al que ha hecho aportes sustanciales y en el que es una autoridad mundial, tema de gran interés por la anómala evolución de estrellas que pierden o reciben masa por tal mecanismo, y que hoy cobra actualidad ya que en sistemas de estos, las binarias de rayos X, hay algunos opcionados a supernovas o a huecos negros de verdad, no sólo sueños, o mejor pesadillas, de la física.

Una breve mirada a su voluminosa hoja de vida permite destacar su carrera desde el título de agrimensor de la Universidad Nacional de Córdoba, 1937, luego el doctorado en Ciencias Astronómicas de la Universidad Nacional de la Plata en 1943, hasta las estadías como investigador en los observatorios Yerkes y MacDonald de la Universidad de Chicago (1943-1945) y luego en Berkeley (1955-1957), en ambas instancias bajo la dirección del profesor **Otto Struve**, de la ya legendaria familia de los **Struve** astrónomos. Acaba de ser coronada esta carrera con el doctorado *Honoris causa* que le confirió la Universidad Nacional de Córdoba hace tres años. En el marco de su patria Argentina se destaca su actividad como Astrónomo ayudante en el Observatorio de la Plata (1941-1943), profesor de Astronomía, práctica en Córdoba (1948 a 1954), y luego de Astrofísica en la Plata (1958-1971), Director del Observatorio Astronómico de la Plata (1968-1969), Décano de la Facultad de Ciencias Exactas de la Universidad de la Plata (1968-1969) y Director del Instituto de Astronomía y Física del Espacio (1971-1974).

En el ámbito de su actividad en el seno de la comunidad científica internacional, sólo mencionaré su carrera en la Unión Astronómica Internacional: desde 1946 es el profesor **Sahade** miembro de la Unión, en cuatro de las comisiones permanentes; de la comisión 27 (binarias cerradas) fue presidente de 1964-1967; de 1967 a 1973 fue uno de los vicepresidentes de la Unión y de 1985 a 1989 fue el primer suramericano presidente de la Unión; de esa fecha en adelante actúa como asesor del Comité Ejecutivo de la Unión en su condición de expresidente. En los patios de la Universidad de Hamburgo, en 1964, le pregunté a **Jorge Sahade** cuándo tendría lugar en la Argentina una Asamblea General de la Unión Astronómica. Me respondió que era cuestión de tiempo; pues bien, el tiempo ya llegó: la República de Argentina, Buenos Aires, la capital y **Jorge Sahade**, recibirán el 23 de julio próximo a la Comunidad Astronómica Internacional, para celebrar la Asamblea General No. 21 de la Unión Astronómica.

De la lista de publicaciones científicas, que se acerca a las doscientas hice mención de una; contentémonos con esa, pues reseñar las restantes sería de nunca acabar, y ya debo hacerlo.

Bienvenido Profesor **Sahade**, Académico correspondiente de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales".

Antes de dar lectura al estudio con el cual dio cumplimiento a los requisitos establecidos para tomar posesión como académico correspondiente, el Dr. **Sahade** agradeció la investidura académica en los siguientes términos:

"Permítanme comenzar esta exposición expresando cuán honrado y cuán agradecido me siento con la distinción que ha tenido a bien conferirme la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Una distinción que ciertamente sobrepasa mis méritos y que me vincula más afectivamente aún con este país, que, para mí, fue siempre mucho más que un simple país hermano, fue una realidad del continente, con existencia y vivencias concretas en mi espíritu, por haber sido, por ser, residencia y lugar de nacimiento de familiares cercanos muy queridos.

Mi primer contacto físico con la tierra colombiana ocurrió en 1962, después de haber participado en Caracas de la reunión de una Comisión Especial integrada por 8 astrónomos estadounidenses y 2 astrónomos latinoamericanos, convocada para aconsejar acerca de dónde ubicar los instrumentos astronómicos que Venezuela había adquirido varios años atrás y que aún permanecían encajonados. En varias ocasiones posteriores tuve la satisfacción de poder regresar a Colombia y de poder admirar el progreso extraordinario que ha experimentado Bogotá a lo largo de casi treinta años.

Y hoy vuelvo una vez más a Colombia, pero para añadir al placer de hacerlo, el orgullo de quedar asociado a una Corporación, de antecedentes y trayectoria ilustres, que representa el máximo nivel de la ciencia en el país.

Como astrónomo, me siento sumamente cómodo perteneciendo a la Academia, ya que la creación del Observatorio Astronómico Nacional, el 20 de agosto de 1803, fue uno de los primeros emprendimientos científicos que concretara Colombia, y es, a la vez, la base por excelencia sobre la que descansa la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que ha adoptado como su emblema el escudo del observatorio y cuyas autoridades asumen sus funciones en una fecha determinada por la fecha de la creación del mismo".

En el curso de 1989 se llevó a cabo una sesión pública y solemne durante la cual se rindió homenaje a la memoria del académico numerario **Guillermo Muñoz Rivas**. En el curso de la misma y en nombre de la Academia, llevó el uso de la palabra el Dr. **Carlos Eduardo Calderón Gómez**. En nombre de la familia agradeció este acto la hoy académica correspondiente **Paulina Muñoz**, quien pronunció las siguientes palabras:

"En nombre de mi madre, **Leonor Vila de Muñoz**, de mis hermanos **Leonor**, **Cecilia** y **Rafael** y en el mío propio, deseo expresar mis más sentidos agradecimientos a la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales por el reconocimiento póstumo que se rinde, en el día de hoy, al académico, **Guillermo Muñoz Rivas**.

Agradezco al Doctor **Carlos Eduardo Calderón** por la forma como se ha referido a la vida y obra de mi padre. Ha puesto de manifiesto la dedicación de **Muñoz Rivas** al trabajo y el interés que tuvo por buscar la verdad.

Si en estos momentos **Guillermo Muñoz Rivas** viviera, nos diría que toda su obra científica se la debe a un consejo del profesor **Federico Fülleborn**: "LEA MUCHO, PERO NO CREA TODO LO QUE LEE. VERIFIQUELO" y a las enseñanzas y ejemplos que recibió de su padre, el Médico **Rafael Muñoz**, hijo del Galeno **Guillermo Muñoz Bernal**, uno de los fundadores de la Academia Nacional de Medicina.

Cuando mi padre contaba apenas 13 años de edad, conoció el Sanatorio, llamado entonces Leprosorio de Caño de Loro. Allí abrazó a un chiquillo lepromatoso que llevaba el nombre de su padre. Este hecho, tan sencillo, orientó su carrera hacia la investigación sobre la transmisión de la enfermedad de Hansen.

Ocho años después, en 1929, ayudó al entomólogo **Marshall Hertig**, en la comisión antipalúdica. En algún pueblo de Colombia fueron detenidos en prisión por estar coleccionando mosquitos en las pilas de agua bendita de las iglesias.

A los 23 años hizo el curso superior de Medicina Tropical y trabajó con los profesores Enderlein, Meyer, Fülleborn y Giemsa. Aprobó los exámenes pero no recibió el diploma por no ser médico. Sin embargo, el Dr. Fülleborn certificó ampliamente su idoneidad. Ingresó, como alumno regular de Medicina, a la escuela de Medicina Tropical en Hamburgo.

La crisis económica de los años 30 le impidió al padre enviarle \$ 80 pesos y Muñoz Rivas se vio obligado a regresar a Colombia. En su viaje de retorno visitó el Instituto Pasteur y la Escuela de Medicina de Harvard, donde permaneció un tiempo al lado del profesor Marshal Hertig.

En 1939, después de dirigir el Laboratorio Municipal de Bogotá, el Laboratorio Municipal de Ibagué y Departamental del Tolima, de ser Rector del Colegio San Simón y de ser Director de Educación Pública del Departamento del Tolima, el profesor Luis Patiño Camargo lo invitó, al Instituto Lleras, para que continuara sus estudios sobre el bacilo de la Lepra. Sus valiosas contribuciones en ese campo son ampliamente conocidas.

En 1945 fue ayudante de su gran amigo Cesar Uribe Piedrahíta en la cátedra de Parasitología en la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional y desde entonces, hasta 1965, permaneció vinculado a las Facultades de Medicina y Farmacia enseñando Parasitología, Microbiología y Bacteriología.

En 1961 se entregó el premio Muñoz Rivas, en el primer Coloquio sobre el Progreso de la Ciencia en Colombia, en la Fundación Universidad de Bogotá "Jorge Tadeo Lozano" Este premio consistía en \$ 1.000 y un diploma que decía "al mejor estudiante de Ciencias Naturales del Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional" y fue otorgado al estudiante Francisco Solano Finzón.

Al crearse el Instituto Nacional de Salud, en 1961, el Dr. Patiño lo llamó nuevamente para que dirigiera la Sección de Lepra, cargo que desempeñó hasta 1980.

Desde 1946, mostró interés por las regiones de Mogotes, San Gil y El Socorro porque encontró larvas de pulgas infectadas con el bacilo de la lepra en casas de leproso. El 26 de abril de 1975 se inauguró el Centro de Investigación de San Gil, producto de un convenio celebrado entre el Instituto Nacional para Programas Especiales de Salud, el grupo de control de Lepra del Ministerio de Salud y el Hospital San Juan de Dios de San Gil, con el objeto de establecer un Laboratorio de Campo en la zona. Se iniciaron las investigaciones gracias a la donación que Muñoz Rivas hizo del equipo de su laboratorio clínico particular y a la ayuda de los doctores Hernando Groot, Carlos Ferro y Enrique Molina. Se clausuró dos años después cuando la Campaña de Lepra dejó de ser vertical y se integró a los diferentes centros de Salud.

Al completar 10 lustros, de su abnegada entrega al servicio de la humanidad, se retiró del Instituto Nacional de Salud. Este hecho lo tenía muy abatido porque implicaba la separación, por completo, de la labor de muchos años que aún no estaba concluida. Por fortuna, lo llamaron de la Escuela de Medicina Juan N. Corpas para que impartiera la Cátedra de Microbiología y prestara Asesoría Académica y este acto le abrió nuevamente un panorama que lo llenó de esperanzas y le permitió volver a vivir.

Al inicio de 1986 el Consejo Decanático de la Escuela de Medicina Juan N. Corpas le otorgó el Título DOCTOR HONORIS CAUSA DE LA ESCUELA DE MEDICINA JUAN N. CORPAS.

Como lo mencionaba el Dr. Calderón, la lista de sus publicaciones que incluye interesantes trabajos e investigaciones sobre parasitología, entomología y bacteriología es sumamente larga. Es pertinente señalar, en este momento, unas que no aparecen en su hoja de vida: "Algunos datos sobre la Coya (*Latrodectus curacaoensis*) en el Tolima", 1940 "Xenospylla cheopis en Colombia" 1943 "Un caso de Coccidiosis humana" 1946 "Longevidad de un bacilo ácido alcohol resistente" 1947.

Quisiera en estas palabras resumir los hallazgos, que a mi entender, constituyen sus más significativos aportes a la ciencia. Unas notas, de su puño y letra, me ayudaron.

- El *Mycobacterium leprae* o bacilo de Hansen no se había cultivado en forma definitiva. Obtuvo el crecimiento a partir del material leproso, pero esos cultivos no producían lesiones que pasaran en serie.
- La transmisión indirecta no ha sido aceptada por los leprólogos. Lo mostró experimentalmente en animales, a través de artrópodos y suelos contaminados. Demostró plenamente que existen rutas indirectas para el contagio y siempre hizo esfuerzos para verificarlo aprovechando la receptividad, que para la lepra, tiene el hamster, una vez que se consiguen las lesiones que pasan en serie.
- Observó, en Contratación, el caso de incubación más corto de la enfermedad: 18 vs. 36 meses.
- En cuanto a la relación de la lepra con la vacuna BCG, creyó que donde hay lepra, la tuberculosis no progresa, porque el bacilo de la lepra le disminuye su patogenicidad, en tanto que, donde hay lepra el bacilo tuberculoso tiene más dispersión y virulencia. Experimentalmente demostró el fenómeno en curies y el trabajo que lo prueba quedó sin terminar.
- Encontró que la aplicación de BCG a Hamsters inoculados con lepra, tanto humana como murina, así como también la vacunación seguida de la inoculación, exalta en el animal mencionado una enfermedad sistémica con fuerte bacteremia que puede pasarse en serie y de la cual se obtiene un bacilo de aspecto liso, que produce lesiones en los animales. Fenómeno que él consideró TRANSFORMACION GENETICA.

Cuando conversaba con él sobre el tema se mostraba muy tranquilo porque gracias a los nuevos conocimientos epidemiológicos de la enfermedad se había dado libertad absoluta a los leproso. Se les comenzó a atender debida y humanamente en los centros dermatológicos, donde era posible hacer diagnósticos precoces, practicar tratamientos oportunos o dar consejos sensatos para mejorar su estado social.

No satisfecho con enseñar basado en sus publicaciones decide implementar la docencia con la filmación. Produce 8 películas donde se convierte en actor, camarógrafo y editor y donde nos exhibe los protozoarios de agua dulce, la malaria, la fasciola hepática, el nuche, las serpientes venenosas de Colombia y sobre todo la Lepra. Es en ésta donde es magistral su heterodoxia: las Mycobacterias, su tema favorito desde 1937. Allí se ve cómo, confundido por los que lo precedieron, acepta hechos que poco a poco va rechazando a medida que avanza sus investigaciones y entonces aparecen las verdaderas enseñanzas: la omnipresencia de las Mycobacterias en la tierra, en el agua, los vegetales, los protistas y en los animales vivos o en sus cadáveres.

Cuando empezó a pintar afirmaba que las Ciencias Naturales lo ponían en contacto con las incógnitas del mundo biológico y sus múltiples misterios lo invadían de angustia produciendo la necesidad de buscar en el arte alicientes que calmaran o aumentaran tales inquietudes. El 17 de febrero de 1961, expuso, en el Museo Nacional, con el profesor Recasens, sus obras artísticas, el profesor Luis López de Mesa bautizó el método con el nombre de CALITECNIA: la técnica al servicio de la belleza.

Al revisar su archivo, penosamente incompleto, encontré los apuntes diarios de todas sus observaciones sobre animales en cautiverio y animales disecados, complementados con fotografías que mostraban lo observado y suministraba datos muy precisos sobre fecha, tipo y vía de inoculación, clase de animal, hallazgos en médula ósea, pulmón, hígado, bazo, páncreas, riñón, ganglios. Esto me sirvió para recordar y describir a mi padre: verdadero hombre de ciencia. Todo un académico, perfeccionista, honesto. Siempre advirtió que sus hallazgos esperaban la confrontación de otros investigadores. Exigente consigo mismo y con los demás, estricto, inconforme y víctima de su propia crítica. Sensible al dolor ajeno. Preocupado y pensativo encontrando, quizá, la explicación a sus experimentos. Su obra grande es el fruto de la paciencia y de la perseverancia, combinadas con una atención orientada tenazmente, durante decenios, hacia un objetivo particular: LA LEPROSA.

La Academia de Ciencias constituyó para él un gran estímulo. En estos escenarios planteó sus iniciativas. Sus recuerdos permanecen en las páginas de la Revista y su espíritu está presente en esta sala.

Agradezco este acto en memoria de mi padre. Quiero manifestarles que, en lo que a mí respecta, tuve la suerte de tener un maestro en casa. Fue mi profesor no sólo para la vida. Al mostrarme

su compromiso con la comunidad, en los campos de la docencia e investigación en las áreas biológicas, trazó mi vocación científica.

Al leer la "correspondencia despachada", en su archivo, encontré justificación a uno de sus últimos deseos: "permitan que el viento esparza mis cenizas sobre las rosas que sembré con gran amor y cuidado". Desde 1950 había cultivado cerca de 150 variedades de rosas".



ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y NATURALES  
CARRERA 3a. A No. 17-34. PISO 3o. APARTADO 44.763. TELEFAX 2838552  
TELEFONO 241 4805. BOGOTA 1, D. E., COLOMBIA - SUR AMERICA

RESOLUCION No. 1 DE 1991

LA ACADEMIA COLOMBIANA DE CIENCIAS EXACTAS, FISICAS Y  
NATURALES

CONSIDERANDO:

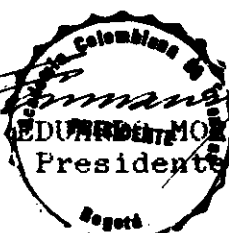
- Que el día 25 de noviembre de 1990, falleció en la ciudad de Bogotá la Señora María Restrepo de Anjel Escobar.
- Que Doña María Restrepo de Anjel Escobar se destacó por su filantropía y que a través de la Fundación Alejandro Anjel Escobar promovió la investigación científica creando estímulos en beneficio de la comunidad científica nacional.
- Que la Fundación Alejandro Anjel Escobar por la calidad de sus aportes ha beneficiado al país colocando a Colombia en sitio destacado entre las naciones cultas del mundo.

RESUELVE:

Artículo único: Lamentar el fallecimiento de Doña María Restrepo de Anjel Escobar y presentar su nombre como ejemplo a las nuevas generaciones.

Copia de la presente Resolución se enviará a la Fundación Alejandro Anjel Escobar y se publicará en la Revista de la Academia.

Bogotá, febrero 4 de 1991.

  
LUIS EDUARDO MOZA OSEJO  
Presidente

  
VICTOR SAMUEL ALBIS GONZALEZ  
Secretario