

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XXIV

SEPTIEMBRE DE 2000

NUMERO 92

DIRECTOR DE LA REVISTA: SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA



CONTENIDO - CONTENTS

	Pág.		Pág.
Biogeografía (Biogeography)		(Tridimensional reconstruction derived from bidimensional contours. Prototype of PINTCO 1.0).	
Bases de datos y sistemas de información: aplicaciones en Biogeografía.		<i>J.D. Gil, Y. Torres & A. Plata.</i>	393
(Data bases and Information systems: applications in biogeography).		Historia de la Ciencia (History of Science)	
<i>T Escalante, J. Llorente, D.N. Espinosa & J. Soberón.</i>	325	Origen y evolución de la Neurociencia.	
		(History of neuroscience).	
Botánica (Botany)		<i>Gabriel Toro González</i>	401
Una nueva especie de <i>Garcibarrigoa</i> (Asteraceae-Senecioneae) de Colombia.		Matemáticas (Mathematics)	
(A new species of <i>Garcibarrigoa</i> [Asteraceae-Senecioneae] from Colombia).		Una prueba de rachas para alternativa de tendencia con muestras pequeñas.	
<i>Santiago Díaz-Piedrahita & Paola Pedraza.</i>	343	(A test run for alternative trends with small samples).	
<i>Isidodendron</i> , un nuevo género neotropical de árboles de la familia Trigonaceae.		<i>Jimmy Corzo & Emilse Gómez Torres.</i>	417
(<i>Isidodendron</i> , a new nectropical genus of tree of the family Trigonaceae).		On the quantum structure of the universal enveloping Algebra of the LIE Algebra <i>ST</i> (2)	
<i>José Luis Fernández-Alonso, J.A. Perez-Zabala, & A. Idárraga Piedrahita</i>	347	(Sobre la estructura cuántica de un álgebra envolvente universal del álgebra LIE <i>ST</i> (2)).	
Novedades en la tribu Alchornea (Euphorbiaceae).		<i>Berenice Guerrero</i>	427
(Notes on tribe Alchornea [Euphorbiaceae]).		Zoología (Zoology)	
<i>José Murillo-A.</i>	359	A new species of frog, genus <i>Eletherodactylus</i> (Leptodactylidae) from the Sabana de Bogotá.	
Nuevas especies y registros de Uredinales de Colombia.		(Una nueva especie de rana, género <i>Eleutherodactylus</i> [Leptodactylidae] de la Sabana de Bogotá).	
(New species and records of uredinales from Colombia).		<i>John D. Lynch</i>	435
<i>Victor Manuel Pardo-Cardona.</i>	371	Notas (Notes)	
Ecología (Ecology)		La farmacia moderna está en los productos naturales.	
Caracterización, evaluación y uso de hábitats del zorro perruno (<i>Cerdocyon thous</i>) en los llanos orientales de Colombia.		(The modern pharmacy is in natural products).	
(Characterization, evaluation and use of habitats by the Crab-eating fox [<i>Cerdocyon thous</i>] in the Llanos Orientales of Colombia).		<i>Jaime Bermejo Barrera</i>	441
<i>Yolima Martínez G. & Alberto Cadena.</i>	383	Vida Académica	
Física (Physics)		(Academic Life)	449
Reconstrucción tridimensional a partir de contornos bidimensionales. Prototipo de la herramienta PINTCO versión 1.0.		Constitución de la Academia	
		(Members of the Academy)	467

BASES DE DATOS Y SISTEMAS DE INFORMACIÓN: APLICACIONES EN BIOGEOGRAFÍA

por

**Tania Escalante E.¹, Jorge Llorente B.^{1,2}, David N. Espinosa O.³,
Jorge Soberón M.⁴**

El proceso ideal de toda investigación consiste en:

- 1) Un examen minucioso de cada uno de los elementos.*
- 2) Una oposición de los diferentes fenómenos entre sí, interacción y comparación, y,*
- 3) Unas conclusiones generales deducidas de las dos etapas anteriores.*

Punto y línea sobre el plano (1923) Wassily Kandinsky.

Resumen

Escalante T., J. Llorente, D. Espinosa & J. Soberón: Bases de datos y sistemas de información: Aplicaciones en Biogeografía. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 325-341, 2000. ISSN 0370-3908.

Se describen algunos aspectos sobre la nueva instrumentalización y elementos metodológicos en la conformación de Sistemas de Información en Biodiversidad (SIB). El uso de datos georreferidos con precisión a partir de vastas fuentes disponibles: colecciones de historia natural y literatura científica obligan al uso de bases de datos y Sistemas de Información Geográfica (SIG). La conceptualización de SIB y SIG, con base en el uso de grandes bases de datos, han implicado modelación detallada y construcción de archivos de autoridad: catálogos exhaustivos de nomenclatura y sinonimia, listas bibliográficas completas y nomencladores o gazeteros histórico-geográficos con localidades y sus sinonimias ubicadas bajo un sistema de Geoposicionamiento Global (GPS en sus siglas inglesas) que se genera de una concepción geoesférica de la Tierra y su biota. Se explican algunos problemas en el desarrollo de los sistemas y en la construcción de las bases de datos bióticas: control de calidad de datos, por ejemplo. Se muestra que el uso de tales sistemas es fundamental para responder a numerosas preguntas de frontera en los actuales estudios de biodiversidad y bioconservación. En particular, se detallan algunas aplicaciones en biogeografía y su importancia

1. Museo de Zoología, Facultad de Ciencias. UNAM. Apdo. Postal 70-399. México 04510 D.F.

2. Instituto de Ciencias Naturales. Universidad Nacional de Colombia.

3. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza, UNAM.

4. Instituto de Ecología, UNAM. México.

para modelar distribuciones, contrastar e identificar áreas de conservación de endemismos y riqueza biótica, y su uso como herramienta en lo que denominamos faunística predictiva y experimental. Finalmente se destaca el proceso en cuanto a su relevancia a niveles nacional y regional.

Palabras clave: Sistemas de Información Geográfica, Faunística predictiva, Sistemas de Información en Biodiversidad, colecciones científicas, bases de datos, áreas de distribución, Análisis de discontinuidades, biogeografía.

Abstract

Some aspects of the new instrumentalization and methodological elements that make up Information Systems in Biodiversity (ISB) are described. The use of accurate geographically referenced data allows a broad range of available sources: natural history collections and scientific literature require the use of data bases and Geographic Information Systems (GIS). The conceptualization of ISB and GIS, based in the use of extensive data bases, has implied detailed modeling and the construction of authoritative archives: exhaustive catalogues of nomenclature and synonymies, complete bibliographic lists, list of names proposed, historico-geographic gazetteers with localities and their synonyms united under a Global Positioning System which produces a geospheric conception of the earth and its biota. Certain difficulties in the development of the system and the construction of the biological data bases are explained: quality control of data, for example. The use of such systems is basic in order to respond to many questions at the frontier of current studies of biodiversity and conservation. In particular, some applications in biogeography and their importance for modeling distributions, to identify and contrast areas of endemism and biological richness for conservation, and their use as tools in what we identify as predictive and experimental faunistics are detailed. Lastly, the process as well as its relevance are emphasized at national and regional levels.

Key words: Geographic Information Systems, Predictive faunistics, Information Systems of Biodiversity, scientific collections, data bases, distribution areas, discontinuity analysis, Biogeography.

Introducción

Las tareas de proteger, manejar y usar la biodiversidad a nivel nacional llegan a ser simplemente imposibles sin el uso de modernas y poderosas herramientas informáticas (Soberón & Koleff, 1998a). En la actualidad, la información biológica alcanza magnitudes insospechadas y se encuentra en continua depuración. Además, día a día se generan grandes cantidades de datos que deben ser estandarizados, sistematizados y puestos a disposición de la comunidad científica mundial. Tan solo en México existen cerca de 80 sedes institucionales con poco más de 180 colecciones científicas, las cuales albergan aproximadamente 10,000,000 de ejemplares (Llorente & Koleff, 1997; Llorente *et al.*, 1999). Realizar una estimación de la cantidad de información o de los datos que contienen las colecciones, y la que es posible extraer de los ejemplares, es impresionante, en especial si se incluyen otras fuentes de datos como las notas de libretas de campo, los distintos catálogos de las colecciones y la bibliografía especializada. Duckworth *et al.* (1993) calculan 2500 millones de ejemplares en las colecciones de historia natural del mundo, además de varios millones de publicaciones relacionadas con la biota. Todos estos datos son susceptibles de organizarse para utilizarse en el desarrollo de estrategias de conservación y manejo

sustentable de los recursos, siempre y cuando estén disponibles y estructurados lógicamente para su consulta. Varios modelos de información taxonómica han sido publicados en años recientes y los aspectos bioinformáticos se han hecho una nueva especialidad (Berendsohn, 1997; Berendsohn *et al.*, 1999).

En los últimos años se han desarrollado Sistemas de Información sobre Biodiversidad (SIB) y Geográficos (SIG), los cuales son herramientas que permiten conjuntar los datos almacenados para hacer interpretaciones y realizar aplicaciones prácticas en el campo de la conservación, a partir de patrones biogeográficos descubiertos al integrar los datos. El proceso se puede concebir e ilustrar como un continuo flujo de información y retroalimentación (Figura 1). A continuación serán descritas las principales etapas en que se lleva a cabo este proceso.

Obtención de datos y sus fuentes

Al menos se han reconocido tres fuentes de datos básicas en taxonomía y biogeografía con influencia sobre biodiversidad: los provenientes de colecciones y museos,

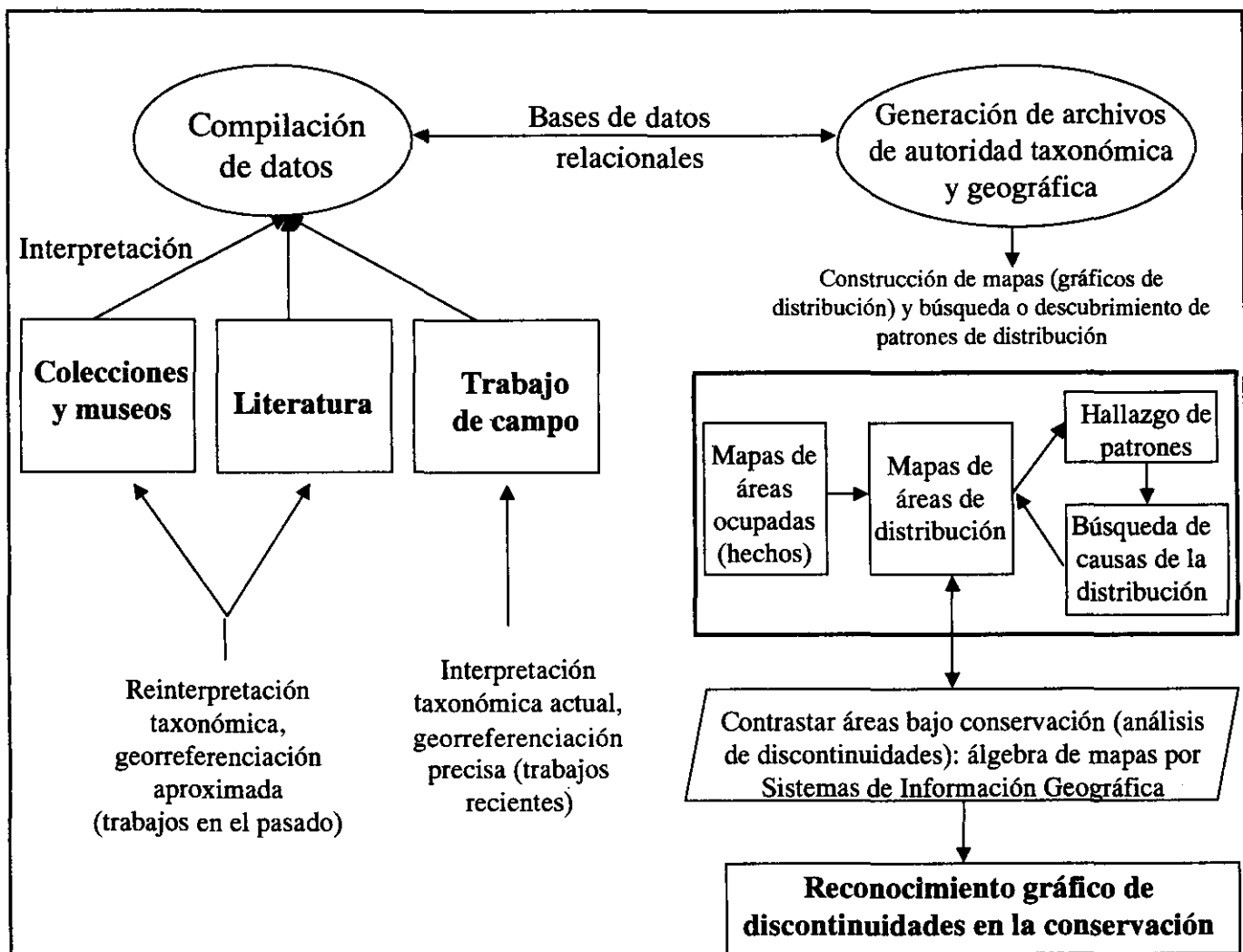


Figura 1. Proceso de integración, almacenamiento y aplicación de los datos biológicos en biogeografía.

la hemerobibliografía biológica, y el trabajo de campo reciente. En los dos primeros, debido a que en su gran mayoría se trata de trabajo histórico, es necesario considerar que puede existir una interpretación taxonómica diferente a la actual, y que la georreferenciación sólo se llevó a cabo de manera aproximada. Al contrario, los datos que se están generando hoy en día a partir del trabajo en campo, son realizados bajo una perspectiva taxonómica contemporánea (a menudo con mayor información), y las herramientas de georreferencia (por ejemplo: imágenes de satélite, Sistemas de Posicionamiento Global o GPS) permiten conocer con mayor grado de exactitud la ubicación y características de las localidades de recolecta.

Colecciones y museos. La información que poseen los especímenes proporciona una de las bases para los inventarios

nacionales. Con frecuencia de ellos se tienen datos de localidad geográfica, colector, fecha y nombre, pero se reconoce que esa información contiene cierto grado de incertidumbre taxonómica y geográfica. A pesar de sus limitaciones, tales datos han constituido la base para muchos estudios biogeográficos clásicos, y son el campo común donde la sistemática, la biogeografía y a veces la ecología contribuyen a la biología de la conservación. Algunos resultados básicos que producen los datos de etiquetas de ejemplares en herbarios y museos son listas de taxones y áreas de distribución (ocupación) de taxones. Ambos tipos de información biogeográfica son esenciales para aplicaciones prácticas de políticas de conservación. Adicionalmente, la información de las etiquetas tiene importancia de tipo histórico, y su uso puede ser extremadamente útil para planeación y monitoreo ecológico (Soberón *et al.*, 1996).

En México, poco más del 65% del material depositado en las colecciones está incorporado a colecciones de consulta, pero su accesibilidad aún es muy reducida. Los propios especialistas se ven a veces abrumados por la magnitud de la información de su colección al no contar con herramientas que les permitan un manejo ágil y eficiente de la información (Llorente & Koleff, 1997; Llorente *et al.*, 1999).

De los especímenes albergados en las colecciones, en algunos casos se pueden desprender datos biográficos que están aunados a los datos de sus etiquetas, pues se encuentran parte de los itinerarios, y se puede contar con notas adicionales a partir de las libretas de campo de los colectores.

Bibliografía. Los medios impresos proporcionan datos de alta confiabilidad en la aportación de datos crudos, entre ellos están las monografías, revisiones, descripciones originales y redescripciones, listas de referencia de especies (*check-list*), catálogos, y otros. Para una definición de estos tipos de trabajos puede consultarse el libro de Papavero & Llorente (1999).

Trabajo de campo. El trabajo de campo actual se encuentra bastante transformado ya que no está sometido a las limitaciones que existían en el pasado. Se han desarrollado técnicas, instrumentos y metodologías que permiten realizar muchos tipos de estudios, entre los que se encuentran las tradicionales exploraciones y trabajos florísticos y faunísticos, así como los modernos trabajos de distribución local bajo un parcelamiento ecológico o geográfico a distintas escalas y extensiones, o bien con transectos altitudinales.

Los datos obtenidos de las tres fuentes anteriores deben interpretarse para poder emplearse en conjunto. Actualmente la compilación de grandes cantidades de datos y su integración son posibles gracias a los desarrollos contemporáneos en los sistemas de información. Si es factible realizar lo anterior, entonces podemos hablar de una cuarta fuente de datos: las fuentes electrónicas, que incluirían en primer término bases de datos dentro de un sistema de información, discos y otros dispositivos de almacenamiento, CD-ROMs, y redes electrónicas (Figura 2).

Bases de datos y Sistemas de Información

Antes de enfocarse a la idea de un sistema de información, es necesario entender algunos conceptos básicos, que a continuación se expresarán.

Un dato es la representación simbólica de cualquier fenómeno que el ser humano puede conceptualizar, es

decir, se refiere a hechos concernientes a personas, objetos, eventos, u otros (Koleff, 1997). En una etiqueta de un espécimen de una colección, ejemplos de datos pueden ser el nombre que le fue asignado al realizar la determinación, la localidad en donde fue recolectado, la vegetación que lo rodeaba, entre otros muchos datos.

La información puede considerarse un conjunto de datos que al analizarlos nos permite tomar decisiones. Estos datos, que han sido procesados y presentados de una forma adecuada para su interpretación, frecuentemente tienen el propósito de revelar tendencias o descubrir patrones (Koleff, 1997). A partir de los datos de localidades de recolecta de varias etiquetas de especímenes y con otros datos de la literatura y estudios en campo, es posible proponer el área de distribución de un determinado taxón o su probabilidad de aparecer cuando existan determinadas condiciones ambientales (distribución potencial), esto es un constructo teórico y metodológico (Vuilleumier, 1999).

Entonces, una base de datos es un conjunto de información relacionada con un tema o propósito particular, la cual, si está bien estructurada y es precisa, puede recuperarse posteriormente y, en general se maneja a modo de archivos computarizados en uno o más sitios (Microsoft Corporation, 1994; WCMC, 1997). Dentro de una base de datos, los datos pueden compartirse por diferentes usuarios y mantenerse independientes de sus aplicaciones, también su definición y descripción deben almacenarse junto con ellos. Los procedimientos de actualización habrán de ser capaces de conservar la integridad, la seguridad y la confidencialidad del conjunto de datos (Escalante & Rodríguez, 1998).

Se han identificado principalmente dos tipos de bases de datos útiles para el trabajo de los taxónomos: las curatoriales (referentes a los especímenes de las colecciones) y las taxonómicas (referentes a las especies). Entre las bases de datos auxiliares de las taxonómicas y las curatoriales se encuentran las geográficas, las cuales contienen información sobre localidades de recolecta. A partir de las bases de datos curatoriales se pueden generar otras como las biogeográficas, que contendrían información acerca de la distribución de las especies con respecto a sistemas de clasificación biogeográfica establecidos y cartografiados (Peláez, 1994). Otra base de datos que siempre es importante pero puede ser parte de una taxonómica es la referente a la bibliografía.

Los sistemas de bases de datos pueden clasificarse de acuerdo con las estructuras de datos y los operadores que se presentan a los usuarios. En primer término, los sistemas más

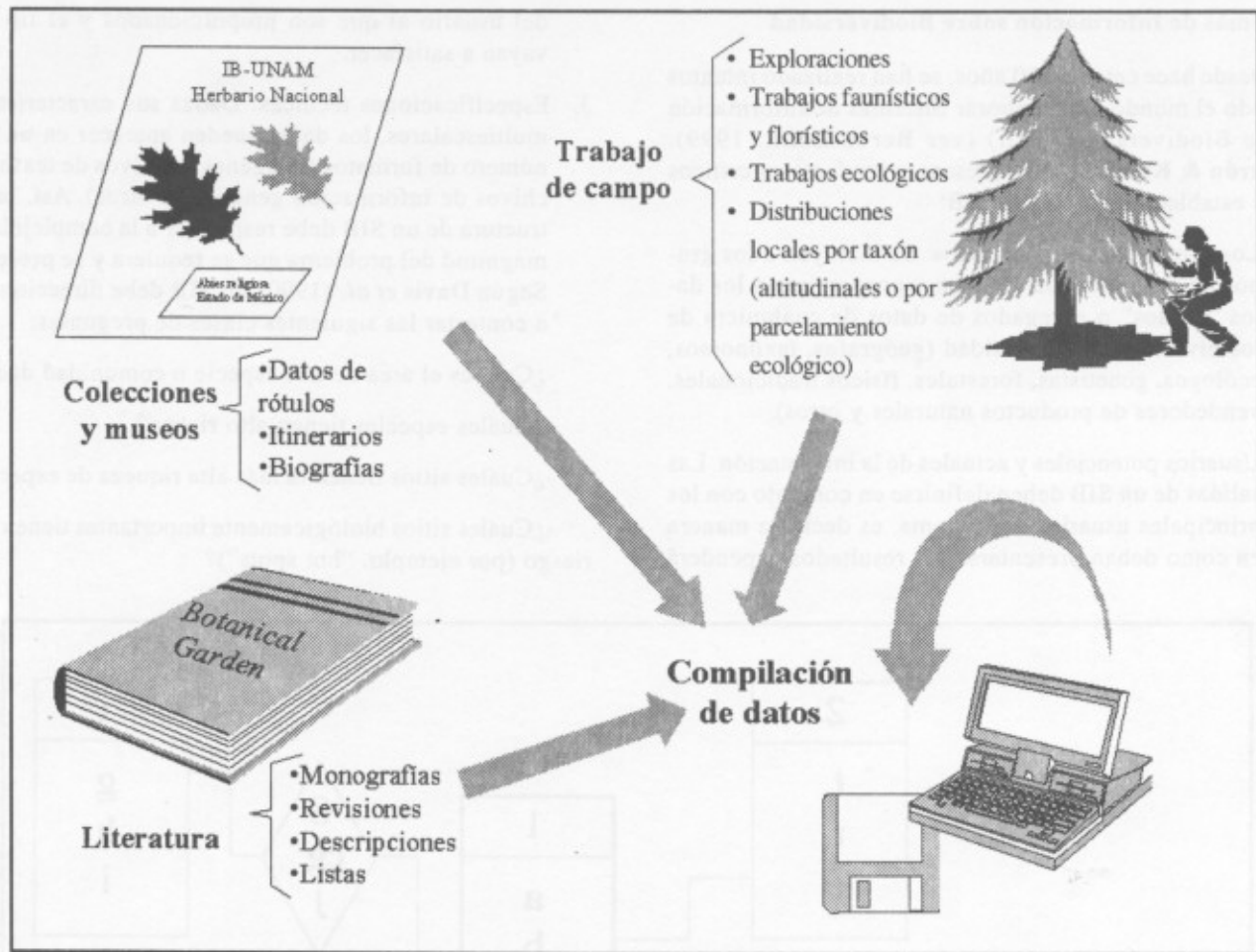


Figura 2. Principales fuentes de datos biológicos en la actualidad.

antiguos entran en tres categorías amplias: de lista invertida, jerárquicos y de red. En fechas más recientes se reconocen los sistemas relacionales y otros tales como los sistemas orientados a objetos (Date, 1998). Algunos de ellos ya se han aplicado al desarrollo de sistemas de cómputo para colecciones biológicas, pero indudablemente los sistemas relacionales son los más utilizados. En adelante, únicamente se hará referencia a bases de datos de tipo relacional.

Un sistema relacional es aquel en el cual el usuario percibe los datos únicamente en forma de tablas, y donde los operadores al alcance del usuario generan tablas nuevas a partir de las existentes (Date, 1998). Como característica adicional, las bases de datos de tipo relacional generalmente están compuestas de dos o más tablas que se comunican por medio de igualdades. Las tablas de las bases de datos relacionales están constituidas por dos elementos principales: registros o renglones, y columnas. En

el caso de bases de datos de especímenes, debe entenderse por registro uno o varios ejemplares recolectados en la misma fecha, en la misma localidad (aquel punto geográfico que tiene la misma georreferencia y nomenclatura), por la misma persona, que corresponden al mismo taxón, y que, en un momento dado, hayan sido incorporados dentro de un catálogo con el mismo identificador (por ejemplo: número de catálogo cronológico de la colección o museo).

De esta manera, un sistema de información se puede definir como un conjunto estructurado de procesos, personal, *hardware* y *software*, para convertir datos en información (WCMC, 1997). Es el medio por el cual los datos fluyen de un usuario a otro, además proporciona servicios a todos los demás sistemas de una organización y enlaza todos sus componentes en forma tal que éstos trabajen con eficiencia para alcanzar el mismo objetivo.

Sistemas de Información sobre Biodiversidad

Desde hace cerca de 20 años, se han realizado intentos en todo el mundo para elaborar Sistemas de Información sobre Biodiversidad (SIB) (ver **Berendsohn**, 1999). **Soberón & Koleff** (1998) presentan los factores críticos en el establecimiento de un SIB:

1. Los proveedores de los datos. Se incluyen a los grupos de personas que generan y proporcionan los datos "crudos" o agregados de datos de cualquiera de los niveles de biodiversidad (geógrafos, taxónomos, ecólogos, genetistas, forestales, físicos tradicionales, vendedores de productos naturales y otros).
2. Usuarios potenciales y actuales de la información. Las salidas de un SIB deben definirse en conjunto con los principales usuarios del sistema, es decir, la manera en como deban presentarse los resultados dependerá

del usuario al que son proporcionados y el fin que vayan a satisfacer.

3. Especificaciones técnicas. Dadas sus características multiescalares, los datos pueden aparecer en un sinnúmero de formatos (imágenes, archivos de texto, archivos de información genética, u otros). Así, la estructura de un SIB debe responder a la complejidad y magnitud del problema que se requiera y se presente. Según **Davis et al.** (1990) un SIB debe direccionarse a contestar las siguientes clases de preguntas:

-¿Cuál es el área de una especie o comunidad dadas?

-¿Cuáles especies tienen alto riesgo?

-¿Cuáles sitios tienen la más alta riqueza de especies?

-¿Cuáles sitios biológicamente importantes tienen alto riesgo (por ejemplo: "hot spots")?

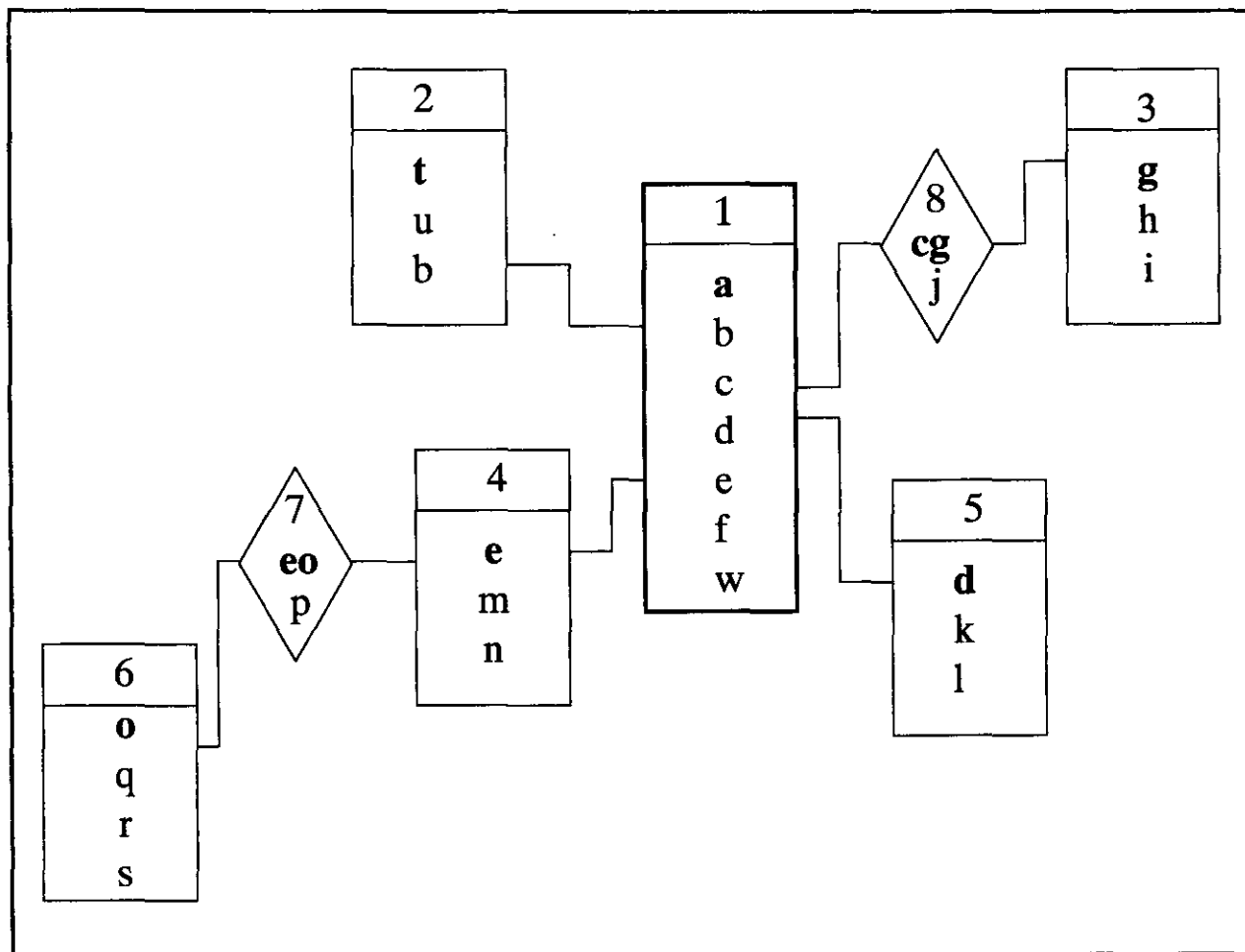


Figura 3. Esquema que representa un sistema de bases de datos de tipo relacional.

- ¿Cuáles ecosistemas están adecuadamente protegidos?
- ¿Qué factores ambientales están relacionados a sitios de alta diversidad? ¿Puede predecirse la diversidad sobre la base de esos factores?
- ¿Dónde puede ocurrir desarrollo sustentable ecológicamente con impacto aceptable sobre la biodiversidad?
- ¿Cuáles son las tendencias actuales de las especies y diversidad de ecosistemas?

Uno de los criterios importantes para caracterizar un SIB es si está basado en datos “crudos” o “atómicos” o sobre información interpretada. Un proyecto de un SIB hipotético, capaz de resolver preguntas de todo tipo sobre biodiversidad se muestra en la figura 4. El elemento

núcleo de los datos (o dato atómico) es el espécimen (Soberón & Koleff, 1998).

Generalmente, los SIB almacenan datos cuya estructura de información está organizada en forma de bases de datos que pueden ser centralizadas o distribuidas, según una arquitectura determinada. En una base de datos centralizada, todos los datos están localizados en un sitio único y los usuarios en sitios remotos pueden tener acceso a ella utilizando facilidades de comunicación (por ejemplo, redes). En cambio, una base de datos distribuida se encuentra dispersa físicamente a través de computadoras en múltiples lugares (McFadden & Hoffer, 1991).

Davis *et al.* (1990) identificaron cuatro aplicaciones primarias de un SIB:

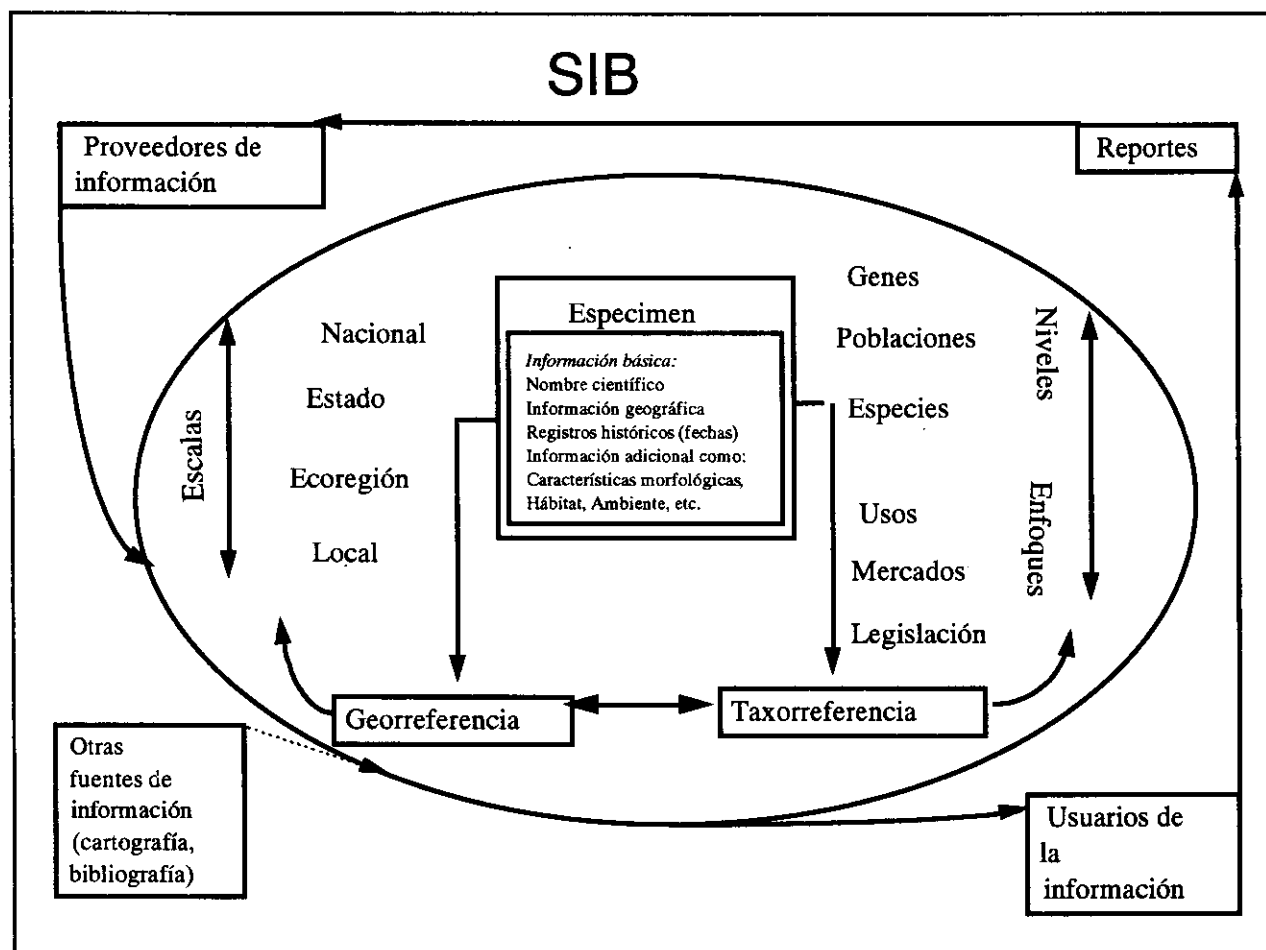


Figura 4. Proyecto de un Sistema de Información de Biodiversidad ideal, capaz de responder todo tipo de preguntas sobre biodiversidad (Proporcionado por Soberón y Koleff, 1998).

1. Evaluación y análisis de la biodiversidad. Incluye el solapamiento automatizado de mapas de riqueza de especies y otros temas como vegetación, uso de suelo y sustentabilidad para determinar la extensión de la pérdida de la biodiversidad.
2. Análisis de discontinuidades y conservación. Una estrategia ampliamente utilizada para conservar la diversidad biológica es localizar tierras para reservas naturales (ver más adelante).
3. Impacto de desarrollo. Ayudar a la evaluación de los efectos sobre la diversidad biológica en proyectos de impacto ambiental.
4. Investigación científica. Un SIB general debe dar la invaluable ventaja a los investigadores científicos, para minimizar el tiempo de análisis de datos, contrastar teorías y probar hipótesis de localización de riqueza o endemismo, así como la verificación y la actualización de datos.

La importancia de construir un SIB de envergadura nacional, y alcanzar una escala global, ha sido discutida en foros de todo el mundo, durante los últimos seis años, como el llevado a cabo en 1994, en relación con la Agenda Sistemática 2000. Entre las misiones que se propusieron en ese entonces, cabe destacar la tercera: "organizar la información derivada de este programa global en una forma de recuperación eficiente, con el fin de satisfacer mejor las necesidades de la ciencia y de la sociedad". Así, los beneficios de un sistema de información sistemática eficiente incluyen (*Systematics Agenda 2000*, 1994):

1. Permitir a quienes formulan las políticas aplicar decisiones con base en una mejor información en relación con el manejo sustentable de los recursos.
2. Proveer una mejor documentación sobre la extinción y los cambios en la distribución de las especies.
3. Manejar los recursos biológicos con un mayor factor costo-beneficio, dado que las bases de datos electrónicas proveen una comunicación eficiente de la información sistemática y asociada.
4. Proporcionar un acceso rápido al conocimiento sistemático para la solución de problemas.
5. Facilitar nuevas clases de comparaciones y asociaciones entre datos biológicos y de otras fuentes, especialmente en biotecnología.
6. Mejorar la comunicación y colaboración global y reducir la duplicación de esfuerzos científicos.

Sistemas de Información Geográfica

Desde su origen, los Sistemas de Información Geográfica (SIG) han sido considerados como un caso especial dentro de los sistemas de información general (López, 1998). Un SIG es un conjunto organizado de conocimientos sistemáticos sobre las diversas formas de integrar y analizar la información acerca de entidades geográficas (Maguire *et al.*, 1991). También se ha definido como una colección organizada de *hardware*, *software*, y datos geográficos, diseñada para captura, almacenamiento, actualización, manipulación o simulación, análisis, y despliegue de todas las formas de información geográficamente referenciada (ESRI, 1996).

Los principales componentes de un SIG se pueden agrupar en tres conjuntos (Burrough, 1989; López, 1998), figura 5:

1. Elementos físicos (*hardware*)

La unidad central de procesamiento está ligada a una unidad de almacenamiento, el cual proporciona espacio para guardar los datos y el *software*. Un digitalizador u otro instrumento es utilizado para convertir datos de mapas y documentos a formatos digitales y enviarlos a la computadora. Un *plotter* es usado para presentar los resultados del procesamiento de los datos, y una unidad de cinta guarda los datos o programas en cintas magnéticas, o para comunicarse con otros sistemas. El usuario controla la computadora y sus periféricos a través de una unidad de despliegue visual.

2. Elementos lógicos (conjunto de programas o *software*)

Los programas individuales permiten realizar una secuencia de funciones para obtener resultados del análisis de la información. Cada uno de esos programas individuales permite realizar un conjunto de órdenes estructuradas lógicamente que facilitan la solución de consultas (*queries*). Existen cinco grupos de funciones o subsistemas que se realizan:

- (a) Entrada y verificación de los datos.
- (b) Almacenamiento de los datos y manejo de la base de datos.
- (c) Salida y presentación de los datos.
- (d) Transformación de los datos.
- (e) Interacción con el usuario.

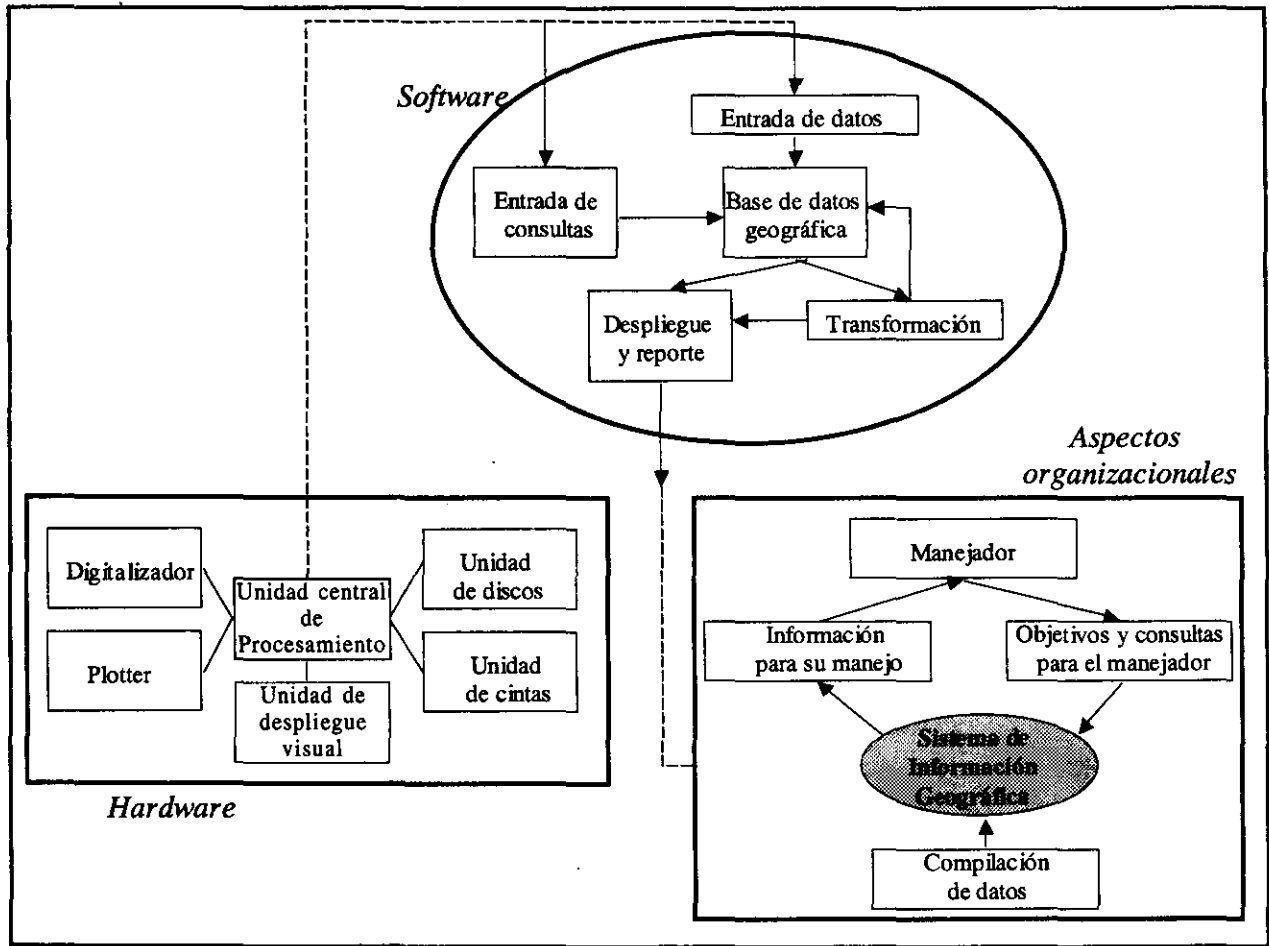


Figura 5. Componentes de un SIG: elementos físicos (*hardware*), elementos lógicos (*software*), y aspectos de organización (Redibujado de Burrough, 1989).

3. Aspectos de organización

Los cinco subsistemas técnicos anteriores determinan la forma en la cual la información geográfica puede procesarse, pero no por sí misma garantizan que sean efectivamente usados. Un SIG necesita estar localizado en un contexto organizacional adecuado, debe considerarse especialmente el entrenamiento del personal y los manejadores que usarán esta tecnología, así como modificaciones a la estructura institucional en donde se inicie el empleo de los SIG.

La tecnología de los SIG frecuentemente se ha confundido con otras ciencias y tecnologías que manejan datos espaciales, tales como percepción remota, cartografía, geodesia, fotogrametría, y, por supuesto, la ciencia "padre" de los SIG, la geografía. Como un ejemplo, se define a la percepción remota como una tecnología de

fuente de datos, y a un SIG como una tecnología de procesamiento de datos (Parker, 1988).

Las posibilidades de aplicaciones de los SIG son muy amplias. Los límites más comunes son los que dan la profundidad de los conocimientos, la claridad de los objetivos, la experiencia, el ingenio, la imaginación y la creatividad del grupo de usuarios que trata de aplicar dicha tecnología (López, 1998). El desarrollo y uso de los SIG pueden facilitar problemas de integración de datos y el consumo de tiempo que toma el procesamiento de síntesis de enormes cantidades de información para el examen de datos espaciales (Walsh, 1985).

Los SIG se caracterizan por los elementos espaciales de entrada de datos: puntos, líneas o polígonos que representan hechos geográficos que deben convertirse a un formato que pueda ser almacenado, manipulado, y

desplegado por un sistema de información basado en computadoras. La información espacial representada en un mapa primero debe transformarse dentro de un arreglo de coordenadas X , Y y Z que describen los datos (Walsh, 1985). Sobre un mapa plano, las coordenadas X y Y se refieren a una localización que corresponde a la misma localización sobre la superficie esférica de la Tierra. Así, el eje X representa la dirección este-oeste, y el eje Y o vertical la norte-sur (ESRI, 1996). La coordenada Z indica el valor de la celda dentro de una retícula sobre un mapa plano (Walsh, 1985).

Un mapa representa gráficamente una porción de un espacio real sobre la superficie de la Tierra, entonces, las coordenadas X y Y corresponderán a la georreferencia o referencia geográfica de un determinado elemento (por ejemplo, las coordenadas geográficas expresadas en latitud y longitud respectivamente). Sin embargo, la georreferencia está compuesta de un tercer elemento, la altitud, que no necesariamente corresponde a la coordenada Z en un mapa plano de retícula. Para que este dato sea empleado de la mejor manera, es necesario recurrir a otra forma de representación de datos geográficos, los modelos digitales de terreno.

Control de calidad de los datos: Archivos de autoridades

Una tarea fundamental dentro de un sistema de información, es la necesidad de llevar a cabo un control de calidad de los datos. La información de los especímenes en las bases de datos es obtenida de fuentes muy diversas, así, es necesario el proceso de control de calidad porque los datos presentan numerosos problemas, tales como determinaciones mal realizadas, inestabilidad taxonómica y nomenclatural, entre otros. A menudo, el proceso de control de calidad genera bases de datos más pequeñas pero más confiables (Soberón & Koleff, 1998; Soberón *et al.*, 2000).

Cuando existen errores en los datos, la computadora generalmente los puede detectar como series de caracteres diferentes, lo que ocasiona que se "duplique" la información. El corregir estos errores, e incluso visualizarlos, es difícil sin la consulta de índices profesionales reconocidos, bibliografía especializada, u otros estándares o patrones, sean nacionales o internacionales. Entonces, la solución es contar con diccionarios (estándares) incluidos en la base de datos a los cuales se pueda recurrir cada vez que se captura un registro nuevo, o cuando se tiene una base de datos elaborada y se requiere verificar la información (Escalante & Rodríguez, 1998).

Por lo tanto, para ser utilizados, los datos deben confrontarse con estándares, los cuales juegan un papel crucial en la actividad coordinativa (Green, 1994). Sin embargo, debe tenerse cuidado que la "homogeneización de los datos" elimine información de valor, el proceso de uso de diccionarios debe permitir comunicación. Los estándares son mecanismos usados en la recolección, manejo e intercambio de datos. Los beneficios de usar estándares son (WCMC, 1997):

1. Obtención de mayor consistencia, consolidación y comunicación.
2. Incremento en la eficiencia del conjunto de datos.
3. Menores costos al realizar transacciones de intercambio de datos.
4. Los datos pueden utilizarse en diversas aplicaciones.

El desarrollo de estándares generalmente requiere esfuerzos interdisciplinarios para revisar, formalizar y publicar los estándares, además deben establecerse procesos de revisión de los mismos (WCMC, 1997). No se trata de uniformizar un lenguaje sin considerar la naturaleza de los errores en la toma e interpretación de datos taxonómicos y geográfico-ecológicos; así, debe ponerse especial atención en el desarrollo de estándares.

Existen dos clases principales generales de estándares según Green (1994):

Atributos estándares: Se refieren a la información que es esencial para todos los datos.

Estándares de control de calidad: Son indicadores de validación y precisión de los datos, como referencias a glosarios o autoridades usadas para los nombres y códigos que incluyan las clases de error en el ingreso de los datos.

Se reconocen al menos dos tipos de estándares fundamentales para realizar el control de calidad de los datos de ejemplares: taxonómicos o nomenclaturales, y geográficos. Dentro de los primeros se encuentran los *archivos o diccionarios de autoridad taxonómica* (nomenclaturales), y de los segundos se consideran revisiones de nomenclatura de localidades y rutinas de validación de georreferencia. Adicionalmente, los diccionarios nomenclaturales pueden estar ligados a archivos bibliográficos, que de acuerdo con los códigos de nomenclatura vigentes regulan la validación y aceptación de nombres.

Los archivos o diccionarios de autoridad taxonómica, son listas de los nombres aceptados de un taxón, es decir,

cir, son archivos que contienen la información jerarquizada dentro de un sistema de clasificación para un determinado grupo de organismos. El diccionario consiste de los nombres correctos de los taxones de todas las categorías taxonómicas. En el caso de los nombres de las especies debe incluir además la información del autor y año (Escalante & Rodríguez, 1998). La idea de computarizar diccionarios taxonómicos e información de colecciones científicas fue desarrollada formalmente desde 1970. A partir de entonces ha habido una diversidad de iniciativas de diferentes instituciones en el mundo, y en México se han comenzado a desarrollar y aplicar ampliamente con éxito. Con tales diccionarios es posible detectar gran número de inconsistencias nomenclaturales, como son la escritura incorrecta (errores de "tecleo") y sinonimia.

El control de calidad geográfica incluye la revisión de los nombres de las localidades y la georreferencia de las mismas. Los nombres de localidades presentan algunos problemas para poder utilizarse en análisis posteriores. Papavero & Llorente (1999) han identificado algunos de ellos:

- no se tiene indicación alguna de la localidad; lo cual es muy frecuente en localidades tipo,

- para localidades antiguas, la citación es extremadamente vaga,

- la localidad dejó de existir y ya no aparece en mapas actuales,

- la localidad cambió de país y puede encontrarse en la literatura antigua,

- la localidad viene mal indicada, por insuficiencia de datos, o por estar mal escrita o transcrita,

- la localidad cambió de nombre,

- existen nuevas localidades homónimas en la misma área, y

- la localidad citada es tan pequeña que no se encuentra en diccionarios geográficos, listas toponímicas, mapas, u otros medios.

Para verificar la nomenclatura de localidades se cuenta con atlas, gaceteros o nomenclatores, cartografía a diferentes escalas, listas municipales y, en ocasiones, archivos electrónicos de autoridades con esta información. Todos ellos pueden permitir análisis de consistencia-inconsistencia de los datos geográficos, esto es su validación.

En la actualidad, la verificación de la georreferencia se puede llevar a cabo con rutinas sistematizadas de validación. Existen SIB que incluyen tales rutinas como Biotica⁴, desarrollado en México por la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO, 1998), donde se realizan rutinas de validación nacional y estatal. La validación por estado implica que se toman los sitios (definidos por sus coordenadas X, Y) de la base de datos, y se sobreponen a un tema de estados. El sistema entrega el número de sitios que indican un estado y sobre el mapa se encuentra en otro (número de inconsistencias), así como los sitios en los que se encontró correspondencia (consistencias) (CONABIO, 1998).

Además de los controles de calidad ya mencionados, debe considerarse un caso interesante de verificación de datos que se presenta en los datos llamados "históricos", es decir, datos recabados en el pasado. Algunos de ellos datan de dos siglos atrás y, por lo tanto, la forma en que eran recolectados dista mucho de parecerse a la actual, que es más organizada y sistematizada de acuerdo con los estándares actualmente establecidos. Los nombres de los taxones probablemente no estaban bien definidos, no había los Códigos de Nomenclatura que hoy conocemos, ni referencias a autoridades ni a sistemas de clasificación. Otros datos de las etiquetas con frecuencia eran omitidos, como fechas y tipos de vegetación o asociaciones, así como nombre del recolector y las iniciales que los acompañaban.

Los datos histórico-geográficos también carecían de referencia geográfica, o si existía, era de muy dudosa exactitud. Algunos podían provenir de localidades hoy alteradas o transformadas, lo cual puede significar que sólo son valiosos si se reconoce su contexto ecológico de origen, también algunos nombres de localidades están en desuso, se han transformado lingüísticamente o son de difícil ubicación geográfica por su historia accidentada (Llorente *et al.*, 1997). Papavero & Llorente (1999) presentan algunas formas de descubrimiento de las localidades-tipo antiguas o de las modernas pero imprecisas, como son el examen directo del material-tipo, el examen de los libros de registro (catálogos cronológicos), las libretas de campo o bitácoras, el levantamiento del itinerario de viaje del naturalista, incluso enciclopedias y bibliografías de viajes de exploración naturalista. Para localidades imprecisas también se puede recurrir al propio colector (si aún está vivo) o de la institución en donde trabajó, a los informes anuales publicados por dichas instituciones, e incluso, consultando a otros especialistas. Todo esto es, en buena parte, hacer historia de la historia natural, que puede ser de gran valor para rescatar datos aparentemente perdidos.

Aplicaciones de las bases de datos en biogeografía

La habilidad para reunir grandes bases de datos, junto con las herramientas computacionales requeridas para analizarlos, está incrementando el valor de las colecciones, museos, y el trabajo de los taxónomos alrededor del mundo. Las aplicaciones científicas de las bases de datos son de gran interés, como las implicaciones prácticas para prospección de especies importantes, restauración y reforestación, planeación ecológica, localización de áreas prioritarias a la conservación, y monitoreo o evaluación de estudios de impacto ambiental, entre otras (Soberón *et al.*, 1996).

Las bases de datos taxonómicas no sólo proporcionan acceso rápido a una cantidad sin precedente de información de interés para el sistemático, sino que también pueden usarse en el trabajo de ecólogos, biogeógrafos y para otros propósitos o aplicaciones (Soberón *et al.*, 2000_a). Una de las partes más gratificantes de un trabajo taxonómico es la obtención de patrones de distribución, que sirven de base para interpretar la historia biogeográfica del grupo. Para realizar esto, es necesario contar con la mayor cobertura geográfica posible, es decir, examinar el mayor número posible de ejemplares, al estudiar el mayor número posible de colecciones (Papavero & Llorente, 1999_a), y la forma moderna de almacenar, recuperar y analizar la información recabada son las bases de datos. En principio, las bases de datos de especímenes deben ser capaces de resolver dos preguntas relacionadas, las cuales son centrales en biogeografía y macroecología: (1) ¿Qué especies se encuentran en una localidad dada?, y (2) ¿Cuál es la distribución geográfica de cada especie? Sin embargo, no hay procedimientos universalmente aceptados para evaluar las bases de datos de especímenes en cuanto al esfuerzo de recolecta que podría ocultar los patrones reales y evita contestar esas preguntas (Soberón *et al.*, 2000_a).

Se han realizado algunos trabajos para analizar bases de datos desde la perspectiva de la debilidad de su uso para dos importantes objetivos de conservación: la obtención de listas de especies y la estimación de áreas de distribución (Soberón, *et al.*, 2000_a). Otros estudios pretenden conocer la representación de especímenes de un determinado grupo en un área geográfica. En México se han llevado a cabo análisis para conocer la proporción de recolección de cada estado o a nivel nacional, con la finalidad de hacer comparaciones. Se ha encontrado que conviene utilizar cocientes del número de individuos entre el número de localidades o bien el número de registros entre el número de localidades, ya que esto consideraría

qué tan ampliamente distribuidas están en el espacio geográfico y, en términos temporales, cómo se manifiestan las recolecciones. Si uno quiere perfeccionar tales índices, sería recomendable considerar la complejidad geográfico-ecológica, tomando en cuenta valores de variabilidad climática, vegetacional y fisiográfica para un estado determinado, tal vez un factor sobre ello afinaría el índice, lo cual puede lograrse si se tienen buenos mapas digitalizados de tales componentes geográficos (Peterson, *et al.*, 1996; Llorente *et al.*, 1997; Soberón *et al.*, 2000_a; Soberón *et al.*, 2000_b).

Un ejemplo de bases de datos de ejemplares se encuentra en el libro de Llorente *et al.* (1997), donde se conjuntaron 55,000 ejemplares de mariposas, de los cuales 13,807 provenían de la literatura. En el caso de esta fuente de datos deben tomarse en cuenta las implicaciones que tiene, ya que con frecuencia se sigue un criterio de conteo mínimo de ejemplares al incorporar los datos de la literatura en la base de datos, es decir, si no se indicaba la cantidad de ejemplares, sólo se registraba uno en la base de datos, lo cual implicaba una estimación mínima, pero al fin y al cabo una subestimación. Por otra parte, también debe advertirse que es posible que algunos datos registrados de ejemplares en la literatura, a menudo están depositados en colecciones que pudieron haber sido consultados (Llorente *et al.*, 1997), lo cual conduce a redundancia de ejemplares, pero no necesariamente de registros.

Aplicaciones de los SIG en biogeografía

Como se vio anteriormente, las bases de datos son un elemento constituyente de los SIG, lo cual implica más opciones de análisis de los datos cuando ya se cuenta con ellas.

La tecnología de los SIG está revolucionando la elaboración de mapas de áreas ocupadas ("puntos" georreferidos con latitud, longitud y altitud) y su trazo o interpretación en áreas de distribución. La incorporación de técnicas areográficas sistematizadas electrónicamente pronto será de uso cotidiano; en la actualidad, la oferta de programas computacionales para el diseño de mapas biogeográficos que ilustren o grafiquen la distribución de los taxones, especies o poblaciones ya es notable. A través de estas herramientas se ganan precisión, rapidez y homogeneización, pues facilitan la comparación entre escalas, y dan la posibilidad de introducir varios parámetros geográficos (clima, suelo, vegetación, topografía, u otros) que contextualizan los limitantes ecológicos en las distribuciones (Papavero & Llorente, 1999_b).

El análisis espacial es la tarea más común que realiza un biogeógrafo al utilizar los SIG, el cual es el estudio de las localizaciones y formas de los elementos o características geográficas y las relaciones entre ellos (ESRI, 1996); dentro de los análisis espaciales encontramos el álgebra de mapas. Generalmente se realizan las operaciones de unión y solapamiento espacial. Se entiende como solapamiento espacial al proceso de superposición de capas (temas) de datos geográficos que ocupan el mismo espacio con el fin de estudiar las relaciones entre ellos; en la unión, los atributos de los elementos de dos diferentes temas se juntan o unen basándose en las localizaciones relativas de los mismos (ESRI, 1996). Ver figuras 6 y 7.

Al utilizar los SIG se han descubierto algunas cuestiones interesantes en los datos de los ejemplares que antes eran difíciles o casi imposible de detectar. Los fenómenos de apiñamiento de puntos en los mapas a causa de los

síndromes de carreteras, de los colectores y localidades clásicas, o de cercanía a ciudades, universidades o estaciones de campo, repercuten en la redundancia observada en muchos de los mapas y a la vez quedan muchas áreas vacías. No obstante, los puntos disponibles con su caracterización geográfico-ecológica podrían ayudar a determinar, en gran parte, las restricciones para definir las áreas potenciales o áreas de distribución (Llorente *et al.*, 1997). Las redundancias pueden verse como aparentes, pues reafirman observaciones de la valencia ecológica para el trazo de la distribución potencial.

Análisis de discontinuidades para conservar la biodiversidad

Los biólogos de la conservación por años han utilizado, consciente o inconscientemente, el proceso llamado *gap analysis* para establecer prioridades de conservación a corto o largo plazo (Burley, 1990). Para el manteni-

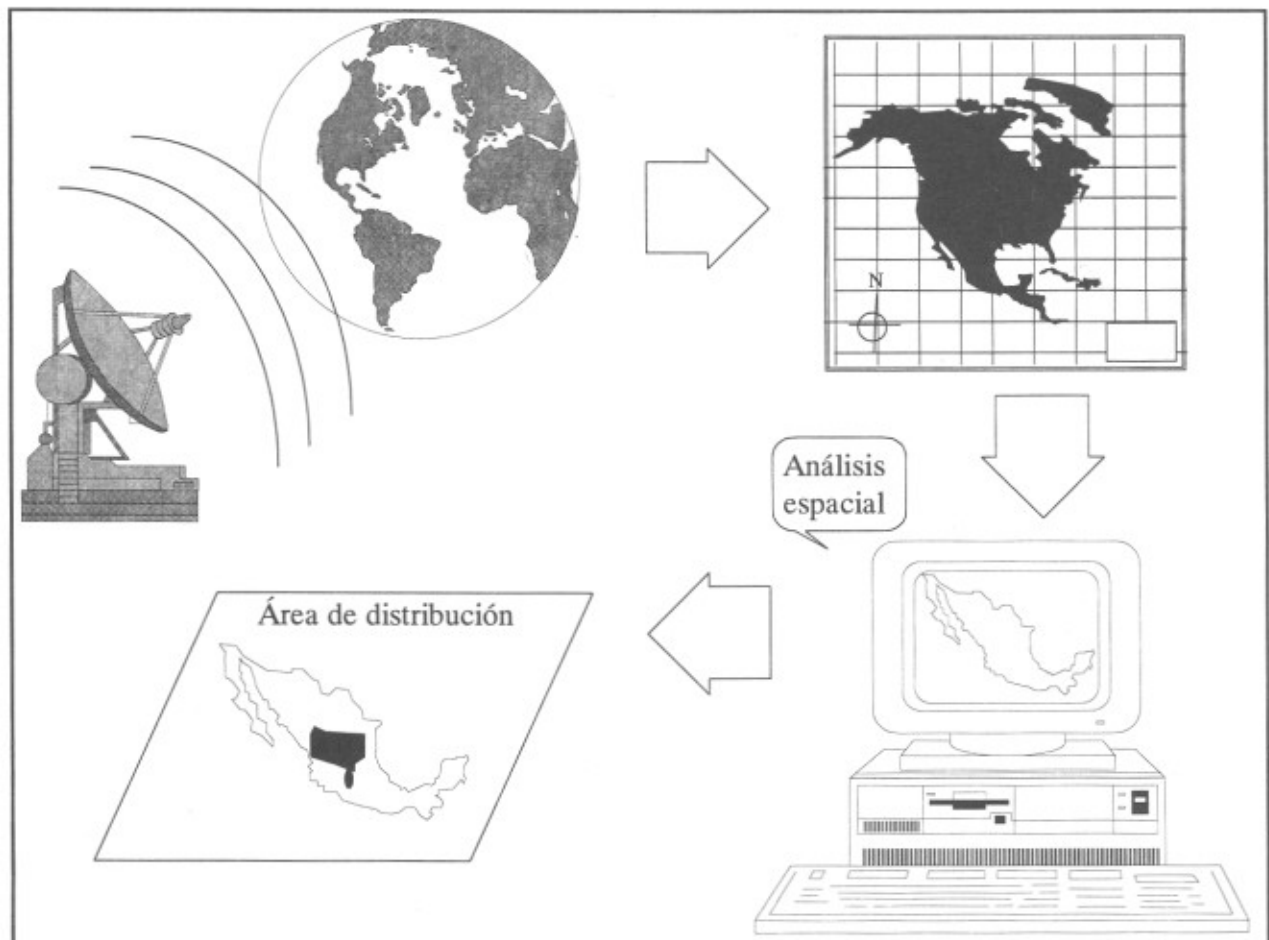


Figura 6. La tecnología de los SIG se ha aplicado al campo de la biogeografía para cartografiar la distribución de taxones.

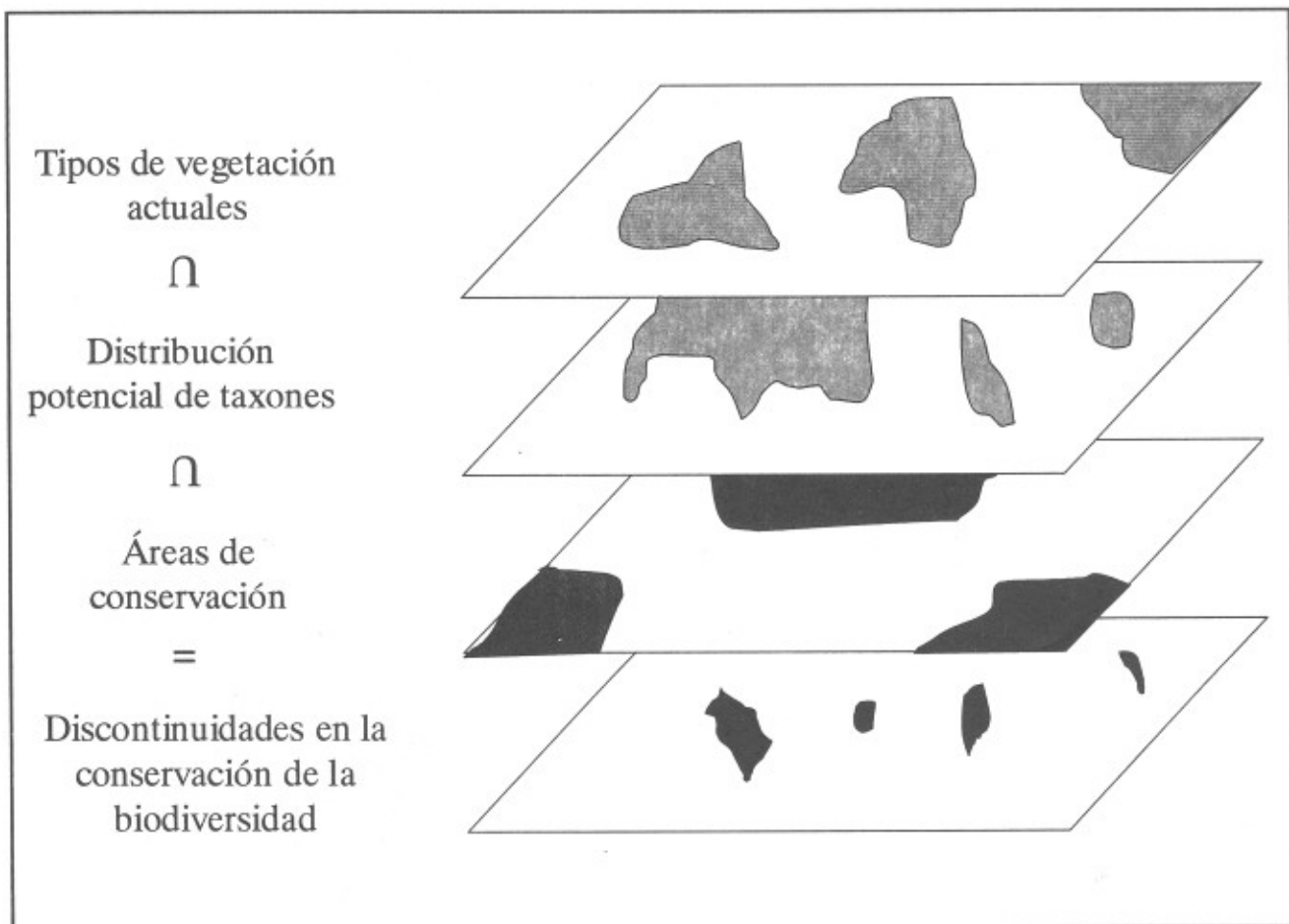


Figura 7. Análisis de discontinuidades (Redibujado de Upper Midwest Gap Analysis Home Page, 1998).

miento de la diversidad biológica, de manera convencional se ha procesado una especie cada vez. El *gap analysis* es una metodología para identificar "vacíos" o discontinuidades en la representación de la biodiversidad en áreas manejadas exclusivamente para un mantenimiento a largo plazo de poblaciones de especies nativas y ecosistemas naturales (Upper Midwest Gap Analysis Home Page, 1998).

El *gap analysis* (que aquí en adelante llamaremos análisis de discontinuidades o AD) inicialmente fue un programa del "National Biological Service" de los Estados Unidos de América, y actualmente su uso se ha difundido en todo el mundo. Utiliza dos tecnologías relativamente nuevas: detección por satélites remotos y SIG (figura 6), para asistir en la evaluación del estatus y distribución de varios elementos de la biodiversidad. Mientras no exista un sustituto para las medidas biológicas tradicionales, se piensa que el AD puede proporcionar una evaluación pa-

norámica preliminar de la distribución de diversidad de especies y biocenosis, el cual puede usarse para guiar investigaciones de campo futuras y proporcionar un sistema espacial para una estrategia nacional preliminar de conservación de la biodiversidad. El AD promete tener un desarrollo rápido de información sobre la distribución de diversos indicadores de biodiversidad en áreas específicas del mundo (Scott & Csuti, 1997).

El AD se efectúa por solapamiento de tres coberturas primarias de datos de SIG: cubierta de vegetación, mapas de distribución de especies, y mapas de posesiones públicas y de manejo para especies nativas; así, los vacíos en el manejo de la biodiversidad pueden identificarse. Estas capas de datos son desarrolladas, desplegadas y analizadas usando SIG. La meta del AD es garantizar que todos los hábitats o biomas, y las áreas ricas en diversidad de especies (riqueza y endemismo) estén adecuadamente representadas en la planeación, elección y manejo de la

biodiversidad. También puede usarse información de otros factores ambientales, tales como elevación, inclinación, aspecto, suelos, características acuáticas, y clima, con el fin de mejorar la precisión de los mapas de vegetación y de distribuciones de las especies. Igualmente, puede simularse o examinarse información adicional sobre atributos socioeconómicos de la tierra (por ejemplo: tendencia a proteger poblaciones, proyectos de vivienda iniciados, propietarios de tierras por estados y agencias federales, restricciones, etc.) para refinar los planes de manejo del uso del suelo (Scott & Csuti, 1997; Upper Midwest Gap Analysis Home Page, 1998). Ver figuras 6 y 7.

La metodología que sigue el AD es realmente simple: dentro de un país o región particular, primero se identifican y clasifican los diferentes elementos de la diversidad biológica. Entonces se examina la existencia de los sistemas propuestos de áreas protegidas y otras unidades de manejo de tierras que permiten conservar la biodiversidad. Finalmente, al usar varias clasificaciones se determina cuáles elementos (biomas mayores, tipos de vegetación, tipos de hábitats o especies) no están representados o están escasamente representados en el sistema actual de áreas de conservación. Una vez conocido esto con precisión razonable, se establecen prioridades para acciones de conservación. El proceso continúa indefinidamente, y el sistema de conservación se refina de acuerdo con los cambios de uso de suelo, de mejor información acerca de la distribución y estado de las especies, hábitats y biomas (Burley, 1990).

Faunística predictiva

Dentro de los estudios que realizan los taxónomos, los biogeógrafos y los conservacionistas resaltan varias preguntas importantes como ¿cuántas especies hay en un área dada?, ¿cuáles de esas especies son endémicas a la región?, y ¿qué esfuerzo de recolecta se requiere emplear para conocer la fauna en una región determinada? (Soberón & Llorente, 1993; Colwell & Coddington, 1994; Moreno & Halfter, 2000). Colwell (1997) instrumentó estadísticamente formas de estimación automatizada para riqueza de especies a través de muestreos de distintos tipos.

Los trabajos de exploración e inventario, desde hace más de dos siglos, han sido las técnicas principales que permiten conocer las biotas locales. La exploración se inicia cuando no se tiene conocimiento alguno de lo que existe en un área determinada, y el propósito de los inventarios ha sido generar una lista de las especies que habita en un lugar. Sin embargo, actualmente se piensa

que no son las únicas formas de poder contestar las preguntas que se plantearon en el párrafo anterior.

La faunística predictiva, es decir, la capacidad de hacer conjeturas respecto a listas de especies en áreas donde se desconoce absolutamente su fauna, es un campo de amplia investigación futura, ya que es posible iniciarla a partir del conocimiento previo de las faunas de localidades geográficas determinadas. En la actualidad se ha comenzado a instrumentar con el uso de bases de datos y con el apoyo de los SIG. Algunas metodologías son las siguientes:

a) Curvas empíricas

b) *Garp*

c) Estimación de la riqueza de especies en un área dada por modelamiento teórico de curvas de acumulación de especies a partir de datos de museos (para más detalles ver los artículos de Soberón & Llorente, 1993, y Colwell, 1997).

d) Monitoreo de fauna

La formalización del trabajo taxonómico, especialmente el que conduce a la creación de listas locales de especies, fácilmente puede proveer de una potente herramienta predictiva, cuyo uso sería invaluable en la conservación y el manejo de los recursos bióticos. Esta formalización requiere, por una parte, del acuerdo de ciertos estándares mínimos para recolectar y referir las listas (curvas de acumulación de especies por área y por tiempo; distribución del esfuerzo de recolecta) y, por otra, de la sistematización y análisis de los datos así obtenidos para la proposición de reglas empíricas con valor predictivo (Llorente *et al.*, 1994). Un ejemplo de cómo se han aplicado diferentes modelos de acumulación usados para extrapolar predicciones de tamaños de las faunas, con base en datos de campo y colecciones en museos, se encuentra en el artículo de León-Cortés *et al.* (1998).

Otra pregunta que resulta de gran interés es ¿existe el mismo número de especies en áreas del mismo tamaño que tienen las mismas características ecológicas pero en zonas diferentes?

La distribución actual de una especie dada cambia de un momento a otro en el tiempo (Vuilleumier, 1999). A pesar de ello, existe un área de distribución potencial durante un tiempo determinado (Llorente, 1984). Esta área es el conjunto de áreas donde una especie puede obtener o exhibir inmediatamente hábitat y nicho. Hay algunos factores que determinan tales distribuciones; por lo tan-

to, una aproximación para determinar una distribución de especies es analizar factores a gran escala como características de clima, altitud y vegetación, que pueden ser ligadas a las especies para inferir su distribución potencial. Este estudio es el inicio para entender la historia biogeográfica de un taxón, así, las alteraciones ambientales pasadas y futuras pueden estar correlacionadas a distribuciones previas y futuras hipotéticas de las especies, siendo de importancia en la biología de la conservación y biogeografía evolutiva (Cerqueira *et al.*, 1998).

El uso de las bases de datos de especímenes son una herramienta de gran valor, ya que para muchos grupos se tienen registradas sus variables ecológicas, y es posible construir listas hipotéticas de las especies que habitan en un área dada, puesto que existen factores ecológicos que determinan la riqueza, siempre considerando la ausencia de barreras. Pero con la aplicación de teorías de la biogeografía histórica se puede ir más allá en las predicciones, al incluir la vicarianza de biotas se puede complementar e indicar el grado de diferenciación de especies estenoecias. De esta manera, a partir de áreas ocupadas es posible dibujar áreas de distribución de las especies, con lo que se formulan hipótesis de extrapolación o generalización en áreas desconocidas con el uso de álgebra de mapas.

Por lo tanto, de la faunística de muchos grupos más o menos conocidos pueden derivar hipótesis de cuántas y cuáles especies habitan en un sitio de acuerdo con los factores ecológicos existentes, a partir de información vertida en sistemas de información, y, adicionalmente, pueden someterse a comprobación dichas hipótesis. A este proceso lo hemos llamado faunística experimental.

Agradecimientos

Juan José Morrone y Rodrigo Medellín revisaron de manera crítica el manuscrito preliminar. Tania Escalante agradece a la Dirección General de Estudios de Posgrado de la UNAM, ya que con el apoyo de la beca otorgada pudo realizarse este trabajo. Jorge Llorente tuvo el apoyo del proyecto IN 211397, una beca de DGAPA (1999-2000) y el apoyo de CONACyT (32002) y el Instituto de Ciencias Naturales (UNC). John D. nos ayudó con el Abstract.

Referencias

- Berendsohn, W. G. 1997. A taxonomic information model for botanical databases: The IOPI Model. *Taxon*, 46: 283-309.
- Berendsohn, W. G., A. Anagnostopoulus, G. Hagedorn, J. Jakupovic, P. L. Nimis, B. Valdés, A. Güntsch, R. J. Pankhurst & R. J. White. 1999. A comprehensive reference model for biological collections and surveys. *Taxon*, 48: 511-562.
- Burley, F. W., 1990. Monitoring biological diversity for setting priorities in conservation. En: Wilson, E. O. & F. M. Peter (eds.). *Biodiversity*. National Academy Press. pp: 227-230.
- Burrough, P. A., 1989. *Principles of geographical information systems for land resources assessment*. Clarendon Press, Oxford. 194 p.
- Cerqueira, R., G. Marroig & L. Pinder, 1998. Marmosets and Lion-tamarins distribution (Callitrichidae, Primates) in Rio de Janeiro State, South-eastern Brazil. *Mammalia*, 62(2): 213-226.
- Colwell, R. K. & J. A. Coddington. 1994. Estimating terrestrial biodiversity through extrapolation. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London, Series B*, 345: 101-118.
- Colwell, R. K. 1997. *Estimates. Statistical Estimation of species richness and shared species from samples. Version 5 User's Guide and Application*. <http://viceroy.eeb.uconn.edu/estimates>. University of Connecticut, Storrs, CT.
- CONABIO, 1998. Manual de usuario de Biotica^a v. 3.0. CONABIO. México.
- Date, C. J., 1998. Introducción a los sistemas de bases de datos. 5a ed. Vol. 1. Addison Wesley Longman. México. 860 p.
- Davis, F. W., D. M. Stoms, J. E. Estes & J. Scepán, 1990. An information systems approach to the preservation of biological diversity. *Int. J. Geographical Information Systems*, 4(1): 55-78.
- Duckworth, W. D., H. H. Genoways & C. L. Rose. 1993. *Preserving natural sciences collections: chronicle of our environmental heritage*. Washington.
- Escalante, T. & G. Rodríguez, 1998. Diccionario computarizado de nombres de taxones de plantas vasculares y vertebrados para bases de datos de colecciones biológicas. Tesis. Facultad de Estudios Superiores Zaragoza. Universidad Nacional Autónoma de México, México.
- ESRI, 1996. *Introduction to Arc View GIS*. Environmental Systems Research Institute, Inc. USA.
- Green, D., 1994. Databasing diversity- a distributed, public domain approach. *Taxon*, 43: 51-62.
- Koleff, P. 1997. *Introducción a las bases de datos en la Biología Comparada Contemporánea*, Publicaciones Docentes del Museo de Zoología "Alfonso L. Herrera", Número 1, UNAM. 37 pp.
- León-Cortés, J. L., J. Soberón-Mainero & J. Llorente, 1998. Assessing completeness of mexican sphinx moth inventories through species accumulation functions. *Diversity and Distributions*, 4: 37-44.
- López, J., 1998. Sistemas de información geográfica (SIG): conceptos, definiciones y contexto metodológico que involucra su uso. *Quivera*, 1(0): 27-38.
- Llorente, J. 1984. Sinopsis sistemática y biogeográfica de los Dismorphiinae de México con especial referencia al género *Enantia* (Huebner) (Lepidoptera: Pieridae). *Folia Entomológica Mexicana*, 58: 1-207.
- Llorente, J., I. Luna, J. Soberón & L. Bojórquez, 1994. Biodiversidad, su inventario y conservación: teoría y práctica en la taxonomía alfa contemporánea. En: Llorente-Bousquets,

- J. e I. Luna (comps.). *Taxonomía Biológica*. Fondo de Cultura Económica. pp.: 507-522.
- Llorente, J. & P. Koleff, 1997. La actividad taxonómica en México. *Biodiversitas* 13: 11-14.
- Llorente, J. E., L. Oñate-Ocaña, A. Luis-Martínez e I. Vargas-Fernández, 1997. *Papilionidae y Pieridae de México: distribución geográfica e ilustración*. UNAM - CONABIO. 226 p.
- Maguire, D. J., M. F. Goodchild & D. W. Rhind (eds.), 1991. *Geographical information systems: principles and applications*. Longman, U.K.
- McFadden, F. R., & J. A. Hoffer, 1991. *Modern database management*. The Benjamin/Cummings Publishing Company, Inc. U.S.A. 597 p.
- Microsoft Corporation, 1994. *Microsoft Access, Relational Database Management System for Windows, Version 2.0, User's Guide*, U.S.A.
- Moreno, C. E. & G. Halffter. 2000. Assessing the completeness of bat biodiversity inventories using species accumulation curves. *Journal of Applied Ecology*. 37: 149-158.
- Papavero, N. & J. Llorente, 1999. Levantamiento de localidades. En: Papavero, N. & J. Llorente (comps.). *Herramientas prácticas para el ejercicio de la taxonomía zoológica*. UNAM-Fondo de Cultura Económica. pp.: 189-198.
- Papavero, N & J. Llorente, 1999. Mapas de distribución geográfica. En: Papavero, N. & J. Llorente (comps.). *Herramientas prácticas para el ejercicio de la taxonomía zoológica*. UNAM-Fondo de Cultura Económica. pp.: 199-202.
- Parker, H. D., 1988. The unique qualities of a geographic information system: a commentary. *Photogrammetric Engineering and Remote Sensing*, 54(11): 1547-1549.
- Peláez, G., 1994. Bases de datos en taxonomía y colecciones científicas. En: Llorente-Bousquets, J. e I. Luna (comps.). *Taxonomía Biológica*. Fondo de Cultura Económica. pp.:259-277.
- Peterson. A. T., A. G. Navarro-Sigüenza, & H. Benítez-Díaz, 1996. The need for continued scientific collecting; a geographic analysis of mexican birds specimens. *Ibis*, 140: 288-294.
- Scott, J. M. & B. Csuti, 1997. Gap analysis for Biodiversity survey and maintenance. En: Reaka-Kudla, M. L., D. E. Wilson y E. O. Wilson (eds.). *Biodiversity II. Understanding and protecting our biological resources*. Joseph Henry Press, Washington, D.C. p: 321-340.
- Soberón, J. & J. Llorente, 1993. The use of species accumulation functions for the prediction of species richness. *Conserv. Biol.* 7: 480-488.
- Soberón, J., J. Llorente & H. Benítez, 1996. An international view of National biological surveys. *Ann. Mo. Bot. Gard.*, 83: 562-573.
- Soberón, J., J. Llorente & L. Oñate, 2000. The use of specimens-labels databases for conservation purposes: an example using mexican Papilionid and Pierid butterflies. *Biodiversity and conservation* (en prensa).
- Soberón, J., J. Llorente-Bousquets & A. Luis-Martínez, 2000. Modeling richness of Papilionid and Pierid butterflies (Lepidoptera: Papilionoidea) in Mexico on the basis of museum data. (manuscrito).
- Soberón, J. & P. Koleff, 1998. The mexican experience in the collection, organization and management of biodiversity data and information. En: *Framework for National Environmental Information Systems*. International Federation for Information and Documentation, Netherlands.
- Soberón, J. & P. Koleff, 1998. The National Biodiversity Information System of Mexico. en Contribution to the Second National Forum on Biodiversity and Human Society: The Quest for a Sustainable Future. National Academic Press.
- Systematics Agenda 2000, 1994. *Charting the biosphere*. Technical report. Produced by Sycematics Agenda 2000: a consortium of the American Society of Plant Taxonomists, the Society of Systematic Biologists and the Willi Hening Society in cooperation with the Association of Systematic Collections. USA. 34 pp.
- Upper Midwest Gap Analysis Home Page, 1998. <http://www.emtc.nbs.gov/umgaphone.html>.
- Vuilleumier, F. 1999. Biogeography on the eve of the twenty-first century: towards an epistemology of biogeography. *Ostrich*, 70(1): 89-103.
- Walsh, S. J., 1985. Geographic information systems for natural resources management. *J. of Soil and Water Conservation*, 40(2): 202-205.
- WCMC, 1997. *Darwin Initiative Handbook No. 2: Information Needs Analysis*. World Conservation Monitoring Centre, Cambridge, UK.

UNA NUEVA ESPECIE DE *GARCIBARRIGOA* (ASTERACEAE – SENECEONEAE) DE COLOMBIA

por

Santiago Díaz-Piedrahita* & Paola Pedraza* *

Resumen

Díaz-Piedrahita, S. & P. Pedraza: Una nueva especie de *Garcibarrigoa* (Asteraceae – Senecioneae) de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 343-346, 2000. ISSN 0370 – 3908.

Se describe e ilustra la segunda especie de *Garcibarrigoa* Cuatrec. un género hasta ahora considerado monotípico. El nuevo taxón es propio del flanco este de la Cordillera Oriental de Colombia y se distingue principalmente por presentar hojas oblanceoladas, glabrescentes, con base atenuada, cálculo con el doble número de brácteas, y flores liguladas carentes de papilas y provistas de estaminodios. Se incluye una clave diagnóstica.

Palabras clave: *Garcibarrigoa*, Asteraceae, Senecioneae, Colombia, Putumayo, taxonomía.

Abstract

The second species of *Garcibarrigoa* is described and illustrated. The new taxa is native to the east flank of the eastern range of the Colombian Andes and is characterized by: oblanceolate, glabrescent and attenuate leaves; calyculus with double number of bracts; and ligulate flowers with staminodia and without papillae. A species key is included.

Key words: *Garcibarrigoa*, Asteraceae, Senecioneae, Colombia, Putumayo, taxonomy.

Introducción

El género *Garcibarrigoa* fue propuesto por J. Cuatrecasas en 1986 como una entidad monotípica a la cual fue transferida *Senecio telembinus* Cuatrec.; este cambio se hizo teniendo en cuenta entre otras, las siguientes

características: posesión de hábito herbáceo y perenne; hojas con pecíolos auriculados y abrazadores, lámina lanceolado-elíptica y aserrulada, capítulos solitarios o pocos, subterminales o laterales, en ramas monocéfalas; flores amarillas o anaranjadas; ramas estigmáticas truncadas y con una corona apinzelada de pelos largos; y aquenios glabros. Por estos caracteres tan particulares *Garcibarrigoa* se separa claramente de *Senecio*. Sus especies prosperan tanto en las selvas húmedas de la costa del Pacífico en Colombia y Ecuador, como en las partes altas de la cordillera. De *G. telembina* se conocen en Colombia

* Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales, revista@accefyn.org.co

** Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, bog13423@inter.net.co

tres localidades, una en la región de Barbacoas, en la cuenca del río Telembí, otra en la región de Altaquer, corregimiento de Junín y alrededores, y la tercera en la región de Tumaco, siempre formando poblaciones densas. El rango altitudinal varía entre el nivel del mar los 1200 m. En Ecuador esta especie alcanza niveles cercanos a los 3000 m de altitud, en la vía Tulcán a Maldonado (km 48) (Mapa 1).

El género *Garcibarrigoa* Cuatrec. (*Caldasia* 15 (71-75): 6-7. 1986), fue dedicado al profesor Hernando García Barriga (* Bogotá, 1913), descubridor de la especie típica y quien ha dedicado su vida al servicio del Herbario Nacional Colombiano (COL) y al estudio de las plantas medicinales de la flora nacional.

Redescripción del género

Plantas herbáceas con un tallo basal reptante, fistuloso, nodoso y radicífero. Ramas foliosas ascendentes nodosas, los espacios internodales menores en la parte superior de las ramas; hojas alternas pecioladas, ensanchadas en una vagina basal, lámina oblanceolada a anchamente lanceolada o elíptico lanceolada, margen repanda, mucronado dentada, nervios secundarios paralelos, ascendentes, próximos entre sí y divergiendo del nervio medio en ángulo agudo; vaginas nodales tubulosas y abrazando los tallos.

Inflorescencias sencillas, subterminales o laterales, ejes estriados, rectos, monocéfalos o con una o dos ramas estioladas monocéfalas y subtendidas por pequeñas brácteas subuladas. Capítulos radiados, involucre acampanado; cálculo formado por 12 - 23 bractéolas subverticiladas, crasiúsculas, subuladas, bractéolas subtendentes 3 - 4, más pequeñas; filarias 20 - 22 por capítulo, ápice oblongo y con el margen anchamente escarioso, al menos las interiores.

Flores radiales liguladas, 16-22 por capítulo; corola amarillo-naranja, glabra. Ramas estigmáticas con dos líneas adaxiales gruesas y paralelas y ápice triangular penicilado. Ovario oblongo, glabro y con 6-10 nervios. Pappus blanco, pelos dispuestos en 2-3 series. Flores del disco 60-254; corola amarilla-naranja, porción tubular angosta y gradualmente ampliada hacia arriba, limo tubuloso-infundibuliforme, lóbulos triangular-oblongos. Anteras con la base redondeada o truncada, apéndice apical obtuso o bien ovado y agudo, collar anterífero alargado y cilíndrico. Ramas estigmáticas engrosadas y con el ápice penicilado y alargado, líneas estigmáticas adaxiales dos, paralelas. Ovario oblongo, glabro, con 6-10 nervios. Aquenios oblongos, negruzcos, con 6-10 cos-

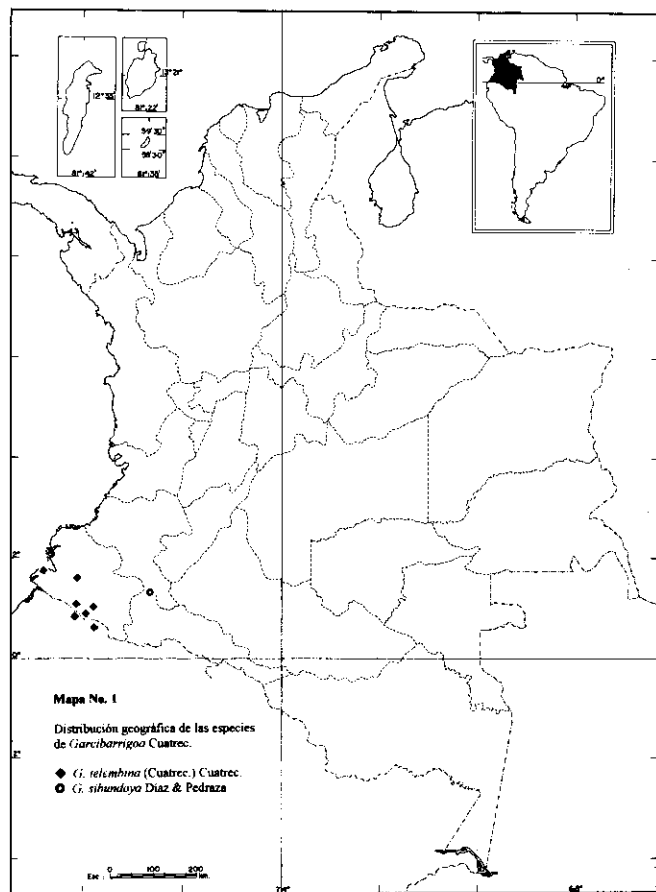
tillas. Setas del pappus similares a las de las flores liguladas. Receptáculo plano.

Clave para las especies de *Garcibarrigoa* Cuatrec.

1. Hojas elíptico-lanceoladas, con la base cuneada. Cálculo formado por 12-14 bractéolas. Flores radiales con lígula papilosa. Aquenio papiloso...
..... *G. telembina*
- 1' Hojas oblanceoladas, con la base atenuada. Cálculo formado por 23 bractéolas. Flores radiales con lígula lisa. Aquenio liso
..... *G. sibundoya*

Garcibarrigoa sibundoya Díaz & Pedraza, sp. nov. Fig. 1

Herbae caule fistuloso nodoso base reptanti radiferi. Rami foliosi ascendentes nodosi internodiis sursum brevioribus. Folia alterna petiolata basi vaginantia. Lamina foliaris oblanceolata 4.3-11 X 1.3-3 cm glabriuscula basi attenuata margine repande paucis dentato - mucronata



apice acuminata, nervis secundariis proximis parallelis in angulo acuto ascendentibus. Vagine ad nodos amplectentes basim tubulosae ramos cingentes.

Inflorescentiae simplissimae subterminales vel laterales, axe erecto striato 25-40 cm longo monocephalo vel saepe 1-2 ramis striolatis monocephalis usque ad 24 cm longis cum bractea subtendenti brevi munitis, reliquis nudis.

Capitula radiata. Involucrum campanulatum ad 15-20 mm latum 10-13 mm altum. Calyculus 23 bracteolis subverticillatis lanceolatis 5.2-7.1 X 0.8-1 mm membranaceis saepe 3-4 alteris brevioribus leviter inferis. Phyllaria 22 uniseriata oblanceolata 8.7-9.5 X 1.2-2.4 mm membranacea margine late scariosa apice acuminata 1-4 nervata.

Flores radii ligulati 16 in capitulo. Corolla 15.5-16.8 mm longa tubulo 6-6.8 mm longa lutea glabra; lamina lanceolata 9.5-1 X 1.6-3.2 mm crassiuscula 2-3 dentata adaxiale laevia. Staminodiis circa 4. Rami styli adaxiale duobus lineis stigmatosis crassis parallelis discretis apice triangulato-penicillati. Ovarium oblongum 6-8 nervatum glabrum. Pappus 6-7 mm longus albus pilis 2-3 seriatis.

Flores disci 203 hermaphroditi. Corolla lutea vel aurantiaca 7.1-9.9 mm longa tubulo 6.3-8 mm longo angusto sursum gradatim ampliato limbo 0.8-1.9 mm longo tubuloso-infundibuliformi lobis 1.2-1.6 mm longis triangulari-oblongis. Antherae basi truncatae appendice apicali ovate acutaque. Collum antheriferum longum cylindricum cum filamento crassius cellulis quadragularibus. Rami styli crassiusculi, apice convexo peni-cillato-coronato longioreque piloso-caudato adaxiale duobus lineis stigmatosis marginalibus crassis parallelis discretis. Ovarium oblongum 6-8 nervatum glabrum. Achae-nia brunnescentia circa 1.2-1.6 mm longo oblonga utrinque truncata argute 6-8 costata laevia. Pappus 6-7 mm longus albus setis strictis minute strigulosis 2(-3) seriatis basi breviter connatis. Receptaculum planum in sicco 5-6 mm diam.

Typus: COLOMBIA, PUTUMAYO: Carretera Sibundoy - Mocoa, Cordillera del Portechuelo. 2200 m de altitud. 8 Oct. 1965. *H. García - Barriga, Y. Hashimoto & M. Ishikawa, 18645* (Holotypus COL) "Erecta. Flores y lígulas amarillo-naranja".

Garcibarrigoa sibundoy y *G. telembina* son muy afines; las diferencias fundamentales que permiten separar a *G. sibundoy* son: la forma de la lámina foliar que es



Figura 1.- *Garcibarrigoa sibundoy* Díaz & Pedraza. Ejemplar típico, *H. García-Barriga, Y. Hashimoto & M. Ishikawa 18645* (COL). Fotografía de Alejandra Correa.

oblanceolada, más angosta y fuertemente atenuada, presentando además, menos indumento y menor número de dientes marginales; los ejes de los capítulos están densamente cubiertos con indumento viloso. En relación con las brácteas que rodean el involucre, en la nueva especie el cálculo es más numeroso (contiene el doble de piezas) y el involucre está formado por un solo tipo de filarias, donde es imposible distinguir entre exteriores e interiores. De otra parte, las lígulas de las flores radiales carecen de papilas en su superficie adaxial y presentan esta-minodios filiformes en su base; además, los aquenios de las flores del disco muestran un menor número de costillas (6-8 vs. 10) y carecen de papilas.

Hasta ahora *Garcibarrigoa sibundoy* se conoce únicamente de la región de Sibundoy donde prospera a una altitud de 2200 m, en la vertiente del río Putumayo, Hoya

del río Amazonas, en contraste con *G. telembina* cuyas poblaciones crecen en la vertiente del Pacífico (Mapa 1).

Garcibarrigoa telembina (Cuatrec.) Cuatrec. *Caldasia* **15** (71-75): 1-14 1986.

Senecio telembinus Cuatrec. *Ciencia Méx.* **24** (1-2): 123-124 (1965)

Material examinado. COLOMBIA, NARIÑO: Tumaco, Granja experimental Tangareal, 150 m, 17 Jun 1980, *O. de Benavides* 2401 (PSO); Barbacoas, corregimiento de Junín, alrededores de la población, 1200 m de altitud, 5 Dic 1986, *O. de Benavides* 7620 (PSO); 3 Km al occidente de Altaquer por la carretera a Junín, 1200 m, Oct 1989, *R. Bernal & G. Galeano* 905-A (COL); Altaquer, 3500 pies, 10 Nov 1946, *M. B. Foster & R. Foster* 2087 (COL); Vía Pato - Tuquerres, 2-8 km al este de Junín, 1100 m, 26 Jul. 1988 (MO); Barbacoas,

corregimiento de Junín, alrededores de la población, 1300 m, 8 Nov. 1991, *O. de Guerrero* 196 (PSO); Barbacoas 10 km antes de Junín, 1270 m, 24 Jun. 1980, *G. López & J. Riascos*, 635 (PSO); Barbacoas - Altaquer, entrada de la parte elevada de la población, 1150 m, 28 Oct. 1980, *G. López & J. Riascos* 691 (PSO); Barbacoas, kilómetro 5 de la carretera Junín - Barbacoas, 1150 m, 8 Mar 1995, *G. Lozano et al.* 6864 (COL); 1.15° N - 78.09° W, 1100 m, 26 Jul. 1986, *A. Gentry et al.* 55250 (MO, US); **ECUADOR, CARCHI:** 2940 m, 27 Ene. 1977, *J.D. Boeke* 864 (AAU [no visto]); 2400-2450 m, 19 Ene. 1988, *E. Molau & Fredrikson* 2605 (GB [no visto]); 00.51° N - 78.02° W, 2000 m, 20 May. 1991, *W. Palacios & D. Rubio* 7239 (MO, US)

Bibliografía

Cuatrecasas, J. 1986. Dos nuevos géneros de Compositae de Colombia. *Caldasia* **15** (71-75): 6-10.

ISIDODENDRON, UN NUEVO GÉNERO NEOTROPICAL DE ÁRBOLES DE LA FAMILIA TRIGONIACEAE

por

José Luis Fernández-Alonso*, Jorge A. Pérez-Zabala**
& Alvaro Idarraga-Piedrahita***

Resumen

Fernández-Alonso, J. L., Pérez-Zabala J. A. & Idarraga-Piedrahita A. *Isidodendron*, un nuevo género neotropical de árboles de la familia Trigonaceae. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 347-357, 2000. ISSN 0370-3908.

Se describe e ilustra un nuevo género de la familia Trigonaceae, que crece en el bosque húmedo tropical, en la cuenca media del río Magdalena (Colombia). La única especie hasta ahora conocida, presenta hojas alternas, inflorescencias racemosas simples y frutos samaroides. Su posición taxonómica dentro de la familia Trigonaceae y la implicación fitogeográfica del hallazgo, apenas empieza a ser evaluada.

Palabras clave: Trigonaceae, Euphroniaceae, *Isidodendron*, *Trigoniastrum*, nuevo género, fitogeografía, Neotrópico, Colombia.

Abstract

A new genus of Trigonaceae, *Isidodendron*, from the rain forest of the Magdalena Valley (Colombia) is described and illustrated. The only species known, have alternate leaves, simple racemose inflorescences and samaroid fruits. The taxonomic position within the Trigonaceae, and the phylogeographical implications of the discovery is scarcely known.

Key words: Trigonaceae, Euphroniaceae, *Isidodendron*, *Trigoniastrum*, New genus, Phyto geography, Neotropics, Colombia.

* Herbario Nacional Colombiano, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495. Santafé de Bogotá, D.C. Colombia. e-mail: jlfern@ciencias.ciencias.unal.edu.co

** Herbario MEDEL, Departamento de Biología, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, Apartado 3840, Medellín, Colombia. e-mail: jperez@perseus.unalmed.edu.co

*** Herbario HUA. Departamento de Biología, Universidad de Antioquia, Apartado 1226, Medellín, Colombia. e-mail: alvaro34@hotmail.com

Introducción

Recientemente se estudiaron algunas colecciones antiguas provenientes de la región del Carare-Opón (Santander, Magdalena Medio, Colombia), que habían permanecido en los herbarios bajo nombres tentativos, en familias tan diversas como Chrysobalanaceae, Celastraceae, Moraceae, Flacourtiaceae o Trigoniaceae y que corresponden a una especie forestal conocida en el centro del país, con el nombre vernáculo de "Marfil". Del mismo modo, un segundo grupo de muestras, recolectadas en parcelas estudiadas recientemente en la misma región, sirvió para complementar el hallazgo de un nuevo género monotípico perteneciente a la familia Trigoniaceae, y que más adelante se describe.

Trigoniaceae Endl., es una familia pequeña del orden Vochysiales Dumort (Takhtajan, 1997), con distribución restringida a zonas bajas tropicales. Era conocida hasta la fecha por cuatro géneros; *Trigoniastrum* Miquel, monotípico, confinado en la Península Malaya, Sumatra y Borneo; *Humberti dendron* J. Leand., de Madagascar, también monotípico y dos géneros más en el neotrópico: *Trigonia* Aubl. de hojas opuestas y frutos capsulares, que cuenta con unas 26 especies, distribuidas desde México hasta Paraguay (8 de ellas presentes en Colombia) y *Trigoni dendron* Guimaraes et J. Miguel, con solo una especie de Brasil, de hojas alternas y frutos también capsulares. A ellos hay que añadir, el que ahora se describe, *Isidodendron*, el cual presenta la siguiente combinación de caracteres: hojas alternas, inflorescencias racemiformes simples y frutos samaroides con alas soldadas longitudinalmente, género aparentemente también monotípico y restringido al valle del río Magdalena en el centro de Colombia.

Isidodendron tripterocarpum Fern.-Alonso, Pérez-Z. & Idarraga *gen. et sp. nov.* figs. 1, 2

Affine generi Trigoniastrum Miquel, sed inflorescentis racemosis simplicibus, brevioribus -folia aequantibus vel brevioribus-, bracteis inflorescentiae eglandulosis, corolla luteola, staminodia 4-6, glandulis disco hypogyno absentibus, et samara triptera cum alis erectis et per totam longitudinem connatis differt.

Typus: Colombia. SANTANDER. Mpio. de Vélez, Puerto Parra, 8 km al sur de Campo Capote, 200 m, n.v.: "marfil", 12 nov 1969, Arbol. 30 m. fl., fr. *I. Cabrera* 823 (Holotypus COL128718, Isotypus MEDEL 39740, COL, CUV, JAUM, HUA, MO, NY, UDBC, US)

Arbol de hasta 30-35 m de altura y 50 cm DAP, fuste recto, cilíndrico, acanalado en los primeros dos metros y

con raíces tabloides incipientes en la base. Corteza externa de blanco-grisácea a blanco-crema, lenticelada, rugosa, de capas superpuestas, con ritidoma exfoliable en placas pequeñas, de consistencia dura. Corteza viva seca y quebradiza, amarilla con vetas amarillo intenso. Madera blanco-amarillenta, dura, con duramen escaso, de color gris. Copa pequeña y generalmente alargada, con ramas mas o menos patentes o erecto-patentes, con follaje tupido, verde oscuro, las jóvenes con abundante indumento simple, hirto, blanquecino. Yemas estacionales formando pérula, con catáfilos subcoriáceos, rojizos, de 1,5-4 mm. Hojas dísticas en las ramas, prefoliación conduplicada. Estípulas 2, laterales, conspicuas en las ramas jóvenes, de 5-13 x 2(3) mm, linear-lanceoladas, largamente hirtopilosas. Pecíolo muy corto, de 1-3 mm, hirto-piloso. Láminas discoloras, verde intenso por el haz, al inicio piloso-aracnoideas, en la madurez muy lustrosas, envés blanquecino-azulado, en la madurez subcoriáceas, oblongo-lanceoladas, de (40)43-55 x (20)22-34(38) mm, en hojas jóvenes hasta 100 x 40 mm, truncado-subcordadas en la base y agudas en el ápice, por lo general sinuoso-onduladas en la margen, sin glándulas, con (10)11-12 nervios a cada lado, nervio medio con tricomas simples erectos, frecuentemente con indumento aracnoideo persistente en la haz y lanoso-blanquecino en el envés. Domacios poco conspicuos, pilosos, dispersos en la lámina, frecuentemente dispuestos en la confluencia de los nervios secundarios con el nervio medio. Inflorescencias terminales o subterminales en ramas cortas, cuando jóvenes espiciformes y compactas, con botones florales blanco-argénteos y brácteas pardas. Racimos en la antesis, de 2.5-6(7) cm, con brácteas florales caducas. Pedicelo floral verde, de 2-3.5 mm, con 2(3) bractéolas a diferente nivel, con pubescencia blanca. Flores zigomorfas. Sépalos purpúreos (*vide I. Cabrera, in schaedis*), libres, salvo en la base, ovado-lanceolados, de 3-3.5 x 1-1.4 mm, con pubescencia blanco-seríceas en el exterior. Corola pseudopapilionácea, pétalos amarillo cremosos (*vide I. Cabrera*) desiguales, espatulados con margen ondulado, de 5-5.8 mm de longitud y de 2-3 mm de ancho, uno de ellos mas ancho, a modo de estandarte, pero en posición interna en el botón, cóncavo e irregularmente plegado, dos pétalos a modo de quilla, con una proyección sacciforme central y convexa en la cara interna, y cuarto y quinto pétalos, estrechos y sinuosos. Estambres amarillo claro, de c. 3 mm de longitud, monadelfos, filamentos estaminales connados en c. 1/2 a 2/3 de su longitud, anteras 7, marrón claro, de 0.4-0.5 mm, anchamente elipsoides, basifijas o submedifijas, con dehiscencia longitudinal, 4(6) estaminodios de c. 2 mm de longitud, en posición anterior en el "tubo estaminal", ligeramente concrecentes

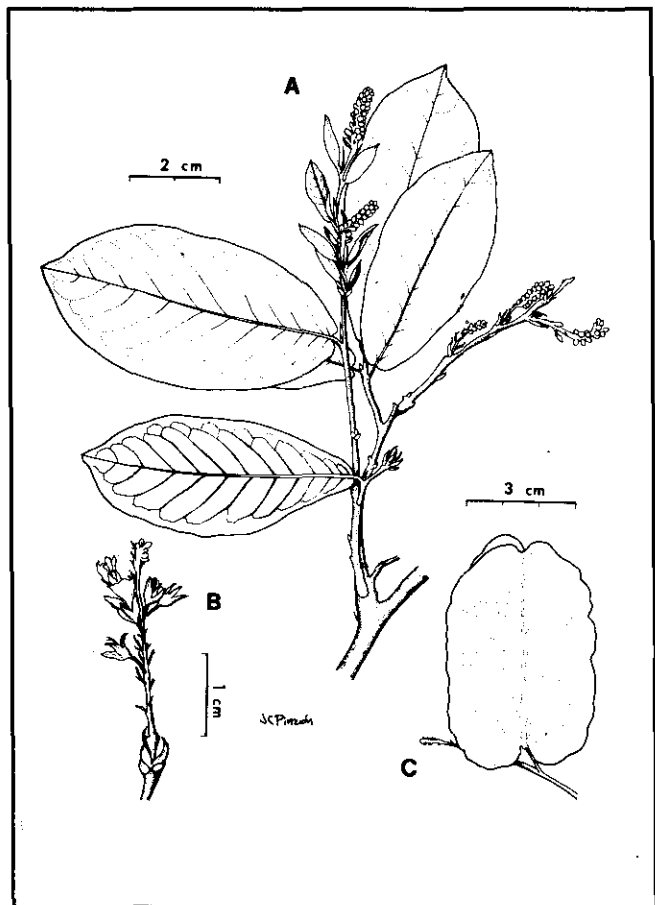


Figura 1. *Isidodendron tripterocarpum* Fern.-Alonso, Pérez-Z. & Idarraga. A. Rama con inflorescencias jóvenes (flores en botón). B. Detalle de una inflorescencia con catáfilos en su base. C. Fruto. A, B y C. dibujados a partir de la serie típica. (Cabrera 823).

la base. Estaminodios constituidos por una porción sinuoso-globosa basal, mas o menos carnosa y un apéndice o prolongación setácea y sigmoide, aguda. (fig. 2J) Polen triporado, oblado, triangular-convexo, psilado, de 27-31 micras de diámetro ecuatorial. Gineceo con ovario aparentemente trilocular y con 6-9 óvulos aplanados en posición central; en el exterior, densamente lanuginoso, de c. 2 mm de longitud y 1.5mm de anchura; estilo recto, blanco en la base, estigma ligeramente capitado. Fruto sámara, de tres alas membranosas longitudinales, formando angulos de 120 grados entre ellas, de 4-7 cm de longitud x 2.5-4 cm de ancho, de contorno oblongo-elíptico, emarginado en el ápice y en la base, alas con superficie estriada y con pubescencia lanosa dispersa. Semillas 1-3? por fruto, aladas, de c. 2 cm x 1.5 cm de ancho. Parte carnosa de 11 x 1.5 mm (inmadura). Plántulas fanerocotilares, con el primer par de hojas opuestas (fig. 3).

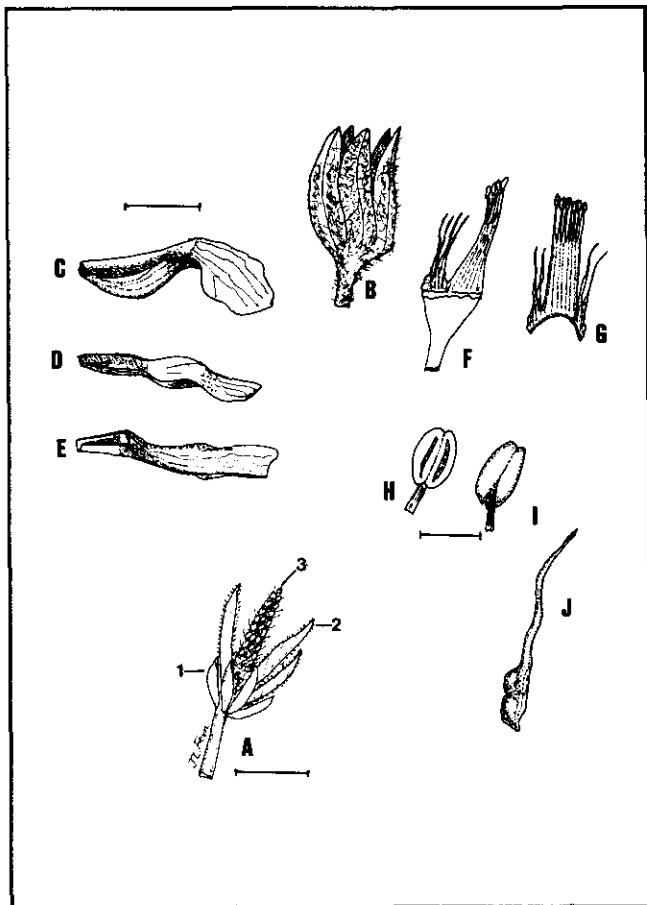


Figura 2. A. Detalle de una inflorescencia joven de *Isidodendron tripterocarpum* Fern.-Alonso, Pérez-Z. & Idarraga. A1. Catáfilos. A2. Hojas jóvenes con prefoliación conductuplicada. A3. eje de la inflorescencia. B. Detalle de caliz floral, mostrando cierta zigomorfía en la parte anterior (ventral). C. Pétalo ventral (a modo de estandarte), "saccado" en la base y sigmoide. D. Pétalo tipo 2 (alas). E. Petalo tipo 3 (quilla), con un prominencia o callosidad en la zona basal. F. Tálamo floral (obliquo) y androceo. G. Disposición de estambres y estaminodios. H. Antera en vista ventral. I. Antera en vista dorsal. J. Detalle de un

Etimología

Género dedicado al dendrólogo colombiano Isidoro Cabrera, nacido en San Martín, Meta, en 1922, probablemente uno de los primeros botánicos que recolectó éste árbol, (en la década de los 60), colección que ahora es designada como serie típica de ésta especie. El epíteto específico hace referencia al fruto trialado.

Otro material revisado: COLOMBIA. Antioquia. Mpio. de Puerto Nare 1999, árboles 15-30 m., A. Riascos & D. Romero 8, 21 y 46 (JAUM). BOLIVAR. Serranía de San Lucas, 80-800 msnm, 20 ene 1968, n.v.: "marfil", es-

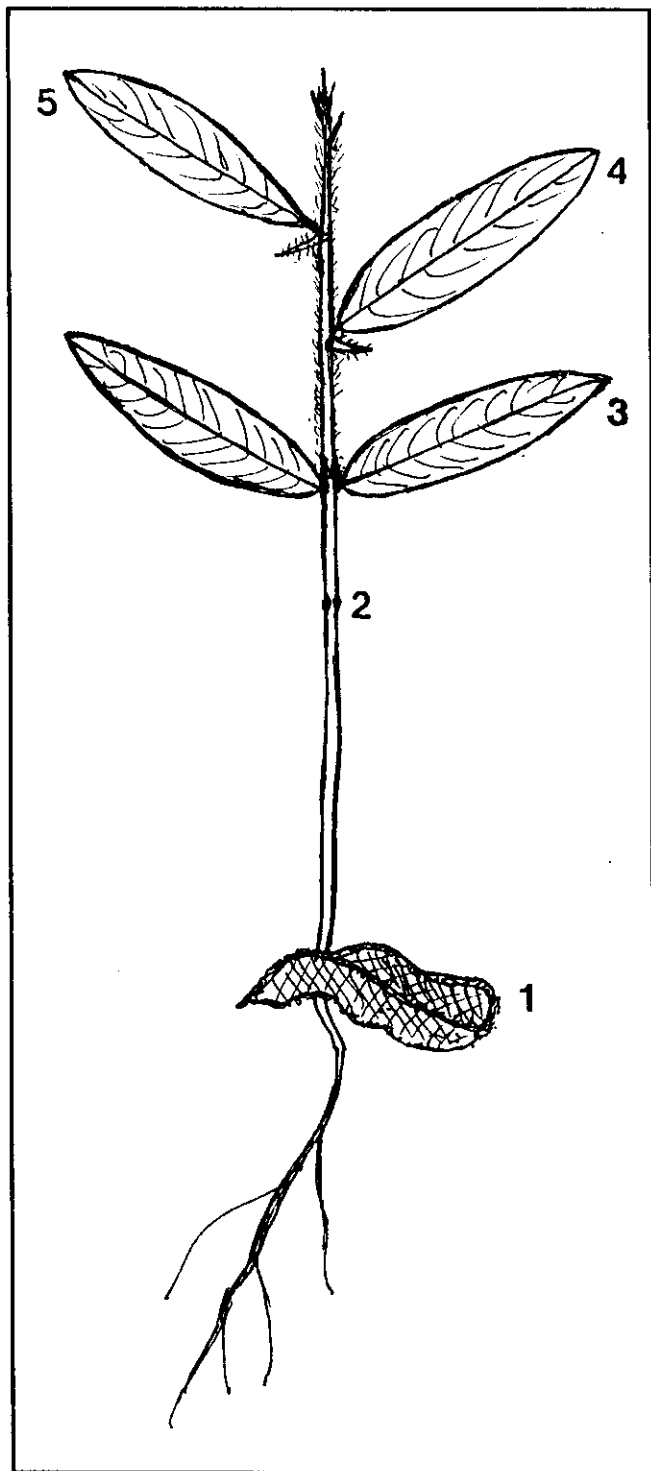


Figura 3. Plántula de *Isidodendron tripterocarpum*. (Dibujada a partir de Mahecha & Ortiz 11192-UDBC).

téril, *H. Jimenez-Saa* (UDBC 2341). SANTANDER. Región del Carare-Opon, bosque húmedo tropical, n.v.: "marfil", 1968, espécimen estéril, *R. Abascal & R. Juyó s.n.* (UDBC 3288); ibídem, bosque húmedo tropical, 150 msnm., n.v.: "marfil", dic 1962, estéril, *D. Goitia* (UDBC 432, UDBC 460); .); Mpio. de Puerto Parra, Estación Forestal de Campo Capote, 21 mar 1999, *A. Idarraga 1199* (MEDELL, HUA); Carare, 11-15 may 1969, n.v.: "marfil", estéril, *G. Mahecha* (UDBC 9684); ibídem, 17 dic 1981, plántulas, n.v.: "marfil", *G. Mahecha & E. Ortiz s.n.* (UDBC- 11192); ibídem, Carare-Opón, año 1969, estéril, *G. Mahecha s.n.* (UDBC 11869, 2 pl.); ibídem, Carare-Opón, año 1985, n.v.: "marfil", *G. Mahecha V. s.n.* (UDBC 11883, 2 pl); Mpio de Cimitarra, c. 10 Km al sur de Campo Capote, 6° 38' N, 73° 55' W, 100-200 m, bosque húmedo con zonas taladas y aclaradas, 27 mar 1971, n.v.: "marfil", estéril, *S. Mori & M. Nee 3804* (COL 172357); ibídem, Estación Forestal Campo Capote, 200 m, 21 mar 1999, *J. Pérez & al. 629* (MEDEL, COL, HUA); Mpio. de Simacota, vereda Pueblo Nuevo, Hacienda La Estrella, 6° 44' 43"N, 73°15'6"W, 100 m, estéril, *J.G. Vélez A. 2201* (JAUM); Mpio. de Cimitarra, Puerto Araujo, Finca Betania, 6°34'67"N, 74°2'41"W, *J. A. Velez 1312* (JAUM); ibídem, Carare, n.v.: "marfil", estéril, *sin colect. n° 19* (UDBC 4823).

Afinidades taxonómicas

Caracteres vegetativos

El hábito arbóreo y las hojas alternas relacionarían a *Isidodendron* mas directamente con *Trigoniasstrum* y con *Trigonioidendron*, que con los otros dos géneros de la familia. Las plántulas de *Isidodendron*, coinciden básicamente con las descritas en *Trigoniasstrum* (*Van Steenis*, 1949; *Ng*, 1972), siendo fanerocotilares, de germinación epígea y por presentar el primer par de hojas opuestas y el resto regularmente alternas. La presencia de yemas estacionales protegidas por catáfilos endurecidos en *Isidodendron*, que originan las inflorescencias, no ha sido en principio señalada en otros géneros de la familia.

Caracteres reproductivos

Las inflorescencias racemosas de *Isidodendron*, son dentro de las descritas para la familia (*Lleras*, 1978; *Guimaraes & Rodríguez*, 1987), de uno de los tipos más simples, junto con las cimas trifloras descritas para *Humbertioidendron*. En *Trigoniasstrum* y *Trigonioidendron*, se presentan panículas, mientras que *Trigonia*, que exhibe una mayor variación, se presentan diferentes inflorescencias de tipo compuesto, (tirso, panículas). Aunque *Lleras* (1978) incluye además al racimo, al ha-

blar de las inflorescencias de *Trigonia*, se trata siempre de inflorescencias compuestas (racimos de cincinos). Los racimos simples de *Isidodendron* probablemente provengan de la simplificación de un tipo de inflorescencia mas compleja (panícula), simplificación que puede explicarse por la presencia en los pedicelos florales de *Isidodendron*, de 2-3 bracteolas. En este sentido y en relación con los tipos de inflorescencia conocidos en la familia Trigoniaceae, la condición racemosa en *Isidodendron*, debe considerarse como un estado derivado.

En lo referente al periantio, es clara su zigomorfía, tanto en el cáliz (dispuesto de modo oblicuo sobre el tálamo floral y constituido por sépalos subiguales), como en la corola, fácilmente encuadrable en el tipo papilionoide o pseudopapilionaceo descrito en Trigoniaceae y en Polygalaceae. *Isidodendron* es el único género de Trigoniaceae sin glándulas conspicuas en posición anterior, en el disco de origen estaminal. Sí se presenta, un tipo particular de estaminodios, engrosados en la base, que pueden representar un estado transicional hacia las típicas glándulas nectaríferas del disco. Dentro de la familia, solo se habían descrito estaminodios en algunas especies de *Trigonia*. De acuerdo con el criterio de Lleras, (1978), *Trigonia*, con un alto número de estambres (algunos reducidos a estaminodios), representa una condición primitiva en el androceo, siendo similar a la de *Isidodendron*. Por el contrario, la reducción del androceo observada en los otros tres géneros de la familia, sería derivada o especializada, al presentar glándulas en el disco y no estaminodios. En lo referente al polen, *Isidodendron*, al igual que el resto de las Trigoniaceae, presenta pólenes triporados y no tricolporados como ocurre en familias próximas como Euphroniaceae y Vochysiaceae (Lleras, 1978, Marcano Berti, 1989). El polen es de tamaño ligeramente menor (en el escaso material estudiado), que el referido en la literatura para *Humbertiendron* y *Trigoniastrum* y de tamaño similar al de algunas especies de *Trigonia* (27-31 micras d. ecu.). *Isidodendron*, es el único género dentro de las Trigoniaceae neotropicales que presenta fruto samaroides, condición hasta ahora restringida a los géneros paleotropicales *Trigoniastrum* y *Humbertiendron*. (Perrier & Leandri, 1955; Wong, 1955).

Relación con *euphronia* (euphroniaceae)

El género *Euphronia*, actualmente tratado como familia Euphroniaceae o como género de las Vochysiaceae, según los diferentes autores (Lleras, 1976; Steyermark, 1987; Marcano Berti, 1990; Takhtajan, 1997), ha sido a veces incluido también dentro de la familia Trigoniaceae

con la que presenta claras afinidades (Warming, 1875; Metcalfe & Chalk, 1951; Hutchinson, 1959). Sin embargo, *Euphronia* se separa con facilidad por presentar flores con 3 pétalos, ninguno de ellos "saccato", estambres agrupados en mas de un fascículo, polen tricolporado y frutos siempre en cápsula y con semillas aladas. Al igual que *Isidodendron* presenta inflorescencias de tipo racemoso, al menos 1 estaminodio, y carece de glándulas como tal en el disco nectarífero. A la clave para la separación de los géneros de la familia Trigoniaceae que se presenta mas adelante, con fines prácticos se le añadió el género *Euphronia*.

A falta de estudios detallados sobre las prefloraciones, óvulos y semillas, que solo podrán llevarse a cabo con la consecución de nuevas muestras fértiles, *Isidodendron*, está aparentemente mas íntimamente relacionado con *Trigoniastrum* que con otros géneros de la familia, por presentar ambos hojas alternas y frutos alados.

Caracteres de campo

Por su aspecto general, y por la presencia de hojas alternas con estípulas, como se comenta en la introducción, esta planta ha sido confundida en los herbarios con plantas de otras familias. Quizás el mayor parecido en estado vegetativo, sea con algunas especies de *Licania* (Chrysobalanaceae), con hojas de color y consistencia similar, e incluso algunas, también con indumento algodonoso-aracnoide en la haz y blanquecino en el envés. No obstante, *Isidodendron* presenta hojas subcoriáceas, lustrosas cuando adultas, con bases truncado-subcordadas y con márgenes ligeramente ondulados, combinación de caracteres que no se presenta en ninguna de las crisobalanáceas existentes en la región del Magdalena medio, como: *Licania apetala* (E. Mey.) Fritsch, frecuente en Antioquia y Santander (Ramírez- 1778, COL; Moreno 14, COL) ó *Licania silvae* Prance (Cogollo 1226, COL). Por último, fue también identificada bajo el nombre *L. hebantha* Mart. (Rodríguez Rojas & Sibille, 1996) en una publicación sobre maderas tropicales. Esta última especie es conocida en Colombia solo de la región amazónica (Guaviare).

Hábitat y ecología

Isidodendron crece en ambientes de bosque húmedo tropical, por lo general, en relieve de colinas bajas en la zona de influencia del río Magdalena. Se encuentra tanto en bosque primario, como en bosque secundario y en zonas alteradas, donde muestra buena regeneración (G. Mahecha com. pers.).

Son numerosas las colecciones depositadas en los herbarios, provenientes de los bosques húmedos de la región del Carare, y en especial de la localidad típica y zonas aledañas (Campo Capote, Mpio. de Puerto Parra, Santander), -lugar visitado por varios botánicos y dendrólogos-; sin embargo es muy poco lo que se ha publicado al respecto. Para documentar a grandes rasgos éste tipo de formación vegetal y basándonos principalmente en la información recogida el Herbario Nacional Colombiano, recolectores como Alvaro Areira, Isidoro Cabrera, Alwyn Gentry, Oscar Haugth, Enrique Rentería, Michael Nee, y Rafael Romero Castañeda, se elaboró un catálogo preliminar y representativo de ésta flora, haciendo énfasis en los árboles y arbustos. Aunque, como cabría esperar, las familias con mayor número de especies fueron Fabaceae s.l. (39 sp) y Rubiaceae (29 sp.), se observó una alta representación en algunas familias como: Lecitydaceae (20 sp.), Bignoniaceae (16 sp.), Annonaceae (12 sp), Apocynaceae (11 sp) y Violaceae. (11 sp.). De igual modo, otras familias, mas o menos ricas en bosques húmedos de tierras bajas, mostraron escasa representación, como: Lauraceae (3 sp) y Myrtaceae (1 sp). Para complementar esta información, se incluye al final un pequeño anexo, con las cinco familias que consideramos diferenciales, las mejor representadas, excluyendo Rubiaceae y Leguminosae. (Anexo 1).

Por otra parte, de acuerdo con el seguimiento efectuado en parcelas en el sector de Antioquia (**Riascos & Romero, en prep.**), *Isidodendron* es una especie muy frecuente en terrenos bien drenados, en ambiente de colinas bajas. En esta zona crece con especies como: *Protium apiculatum* Swart. (Burseraceae), *Andira chigorodoensis* T.B. Pennington (Fabaceae), *Zuelania guidonia* (Sw.) Britton & Millsp. (Flacourtiaceae), *Ocotea rubrinervis* Mez (Lauraceae), *Gustavia hexapetala* (Aubl.) Sm (Lecitydaceae), *Matayba elegans* Radlk (Sapindaceae) y *Ampelocera* sp. (Ulmaceae). Muchas de éstas especies son diferentes a las coleccionadas en el sector de Santander, lo que da una idea de la riqueza y diversidad de estos bosques húmedos del Magdalena. La familia Trigoniaceae está además representada en la región por *Trigonia virens* Macbr. (*Gentry 20.060*, COL, UIS), especie que presenta amplia distribución y que crece en bosques de galería temporalmente anegados.

Ecología

A diferencia de lo señalado para *Trigonia*, que habitualmente crece en ambientes despejados y bien iluminados (bosques de galería, claros y bordes de bosque o zonas alteradas de carretera) y que presenta dispersión de

semillas por el viento o el agua (Lleras, 1978), *Isidodendron* es propio de bosques primarios húmedos, al igual que *Trigoniastrum*.; en ambos casos, se trata de árboles de gran porte (dosel o emergentes), que presentan dispersión de los frutos por el viento.

Yemas estacionales

Un carácter importante de comentar aquí, es la presencia de lo que hemos llamado "yemas estacionales". En períodos previos a la floración, se activa una serie de yemas terminales o subterminales en las ramas cortas, que progresivamente originan una inflorescencia espiciforme, con botones y brácteas florales densamente dispuestas, y además, en posición basal, 3 a 4 hojas que tienen desarrollo paralelo a la inflorescencia. Por último, en posición externa e imbricadas, una serie de catáfilos endurecidos y desplegados de la yema original o pérula (fig. 2).

Dado que la planta crece en ambientes de bosque húmedo tropical, con mas de 2500 mm de precipitación anual, sin estaciones secas críticas que provoquen un defoliación completa del árbol, y que tampoco exista una relación clara con grupos de origen Laurasiano u Holártico, los que con frecuencia presentan yemas estacionales reminiscentes en las especies de reciente establecimiento en la franja tropical, -como es el caso de *Quercus*, *Alnus*, *Billia*, *Myrica*-, no encontramos una explicación clara, a la presencia de éstas yemas estacionales en *Isidodendron*. Probablemente representen al igual que en *Quercus* alguna relación ancestral, que aún no ha sido evaluada, bien en la ruta de diversificación de ésta familia (Austral?) o bien en la filogenia de algunas familias de la Subclase Rosidae, en especial las del complejo Rosanae y Geranianae (Takhtajan, 1997), donde pueden encontrarse sin duda algunas semejanzas (Rosaceae-Chyso-balanaceae, Vochysiaceae s.l., Polygalaceae). Para reforzar ésta idea, sirva el caso de *Trigonobalanus excelsa* Lozano & Hernández, fagácea típicamente tropical, que presenta las yemas desnudas, a diferencia *Quercus* y de otras fagáceas holárticas (Lozano & al. 1979, Nixon & Crepet, 1989).

Distribución y fitogeografía

Hasta donde se conoce, *Isidodendron* es endémico del sector de Santander-Bolívar-Antioquia, en la región del Carare-Opón y Serranía de San Lucas, entre 160-400 (800) m de altitud. Estos bosques húmedos de la región del Carare-Opón, se caracterizan por la presencia de especies como el "Arenillo" *Catostemma digitata* Sopherd & Alverson y el "Carrá" *Huberodendron patinoi* Cuatr. (Bombacaceae), en

ambos casos, especies emergentes comunes al Magdalena medio y a la planicie pacífica de Colombia, o como el "Guamo rosado" *Brachycylis vageleri* (Harms) Rusby (Fabaceae-Caesalpinoideae) y *Romeroa verticillata* Dugand (Bignoniaceae), dos géneros endémicos de los bosques húmedos del Magdalena Medio, que al igual que el que se describe son monotípicos. (Dugand, 1952; Neill, 1998). En los tres casos, se trata de elementos taxonómicamente aislados, dentro de sus respectivas familias, lo que da un valor añadido a ésta muestra de flora endémica del centro de Colombia.

Fitogeografía de las trigoniaceae

El análisis que ahora puede hacerse de la fitogeografía de ésta familia, difiere sensiblemente del presentado por el monógrafo hace ya más de 20 años (Lleras, 1978). Mientras

en la década de los 70, en el neotrópico estaba solamente representado el género *Trigonia*, con más de 20 especies de arbustos escandentes o lianas con frutos capsulares, los otros dos géneros monotípicos de árboles con frutos samaroides, (*Trigoniastrum* y *Humbertiodendron*) podían muy bien conectarse en términos biogeográficos, ya que estaban relegados a la isla de Madagascar y al sudeste de Asia. (Lleras, 1978). La situación actual, a la luz de los recientes hallazgos (Guimaraes & Rodríguez, 1987, y el presente), sigue igual en el paleotrópico, pero es diametralmente distinta en el neotrópico, con 3 de los 5 géneros, endémicos de éste territorio, con los diferentes biotipos representados, y con los diferentes patrones de foliación, inflorescencias y de tipos de frutos. Es pertinente evocar aquí, los casos hasta cierto punto similares, de los géneros *Caryodaphnopsis* (Lauraceae), *Trigonobalanus* (Fagaceae) y de *Pakaraimaea* y *Pseudomonotes* (Monotaceae Murray ex Takhtajan), que

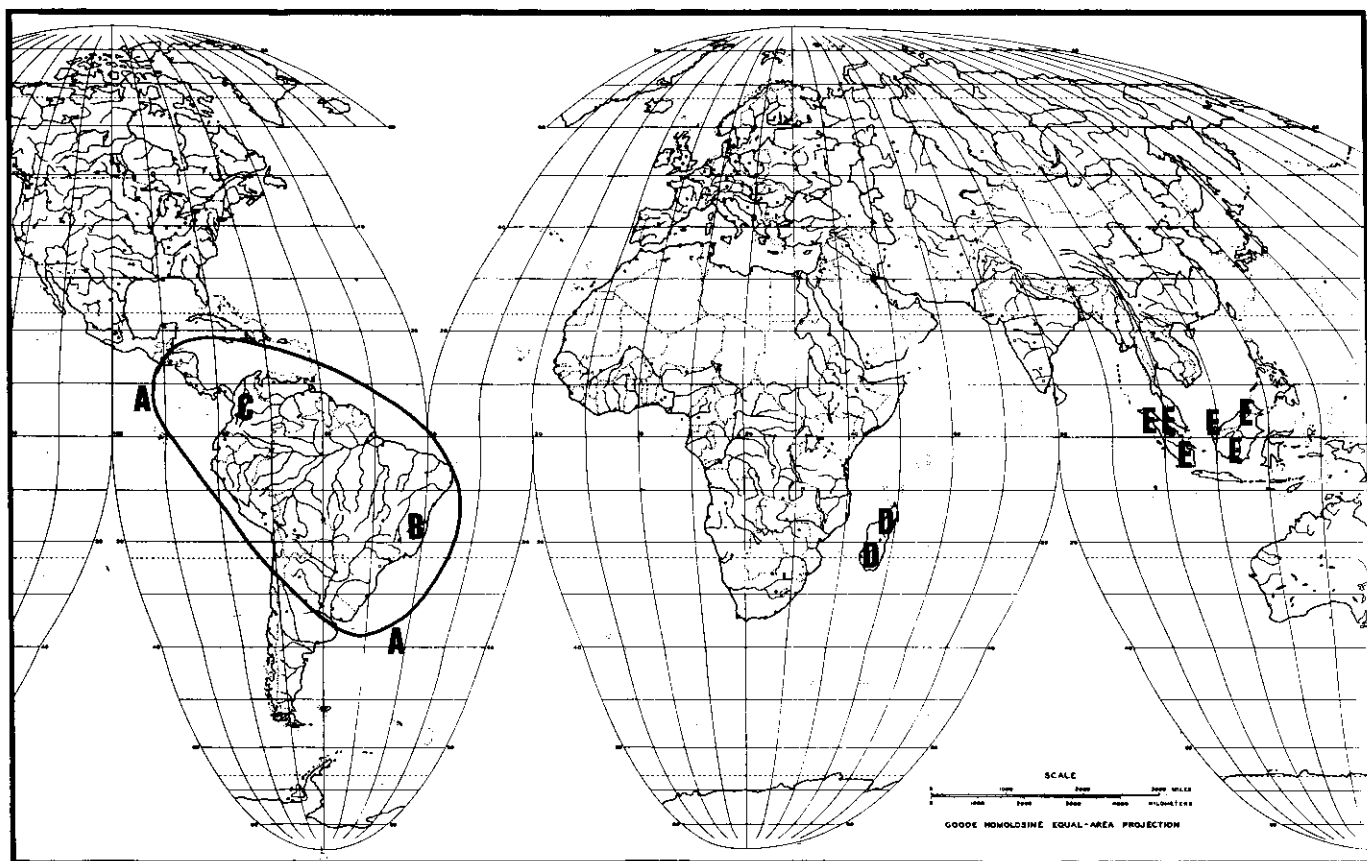


Figura 4. Distribución conocida de los géneros de la Familia Trigonaceae. A. *Trigonia*. B. *Trigoniodendron*. C. *Isidodendron*. D. *Humbertiodendron*. E. *Trigoniastrum*.

han sido documentados extensamente en las últimas dos décadas (Maguire, 1977, Maguire & Ashon, 1977, Lozano & al., 1979, Van der Werf & Richter, 1985, Nixon & Crepet, 1989, Van der Werf, 1986, 1991, Londoño, & al. 1995, Takhtajan, 1997). Se sigue repitiendo en diferentes grupos, la situación en que, géneros o familias que se creía endémicos de regiones paleotropicales o primordialmente paleotropicales, pasan a estar también representados en el neotrópico. Como en los casos arriba mencionados, *Isidodendron*, con base en los datos disponibles, podría también ser catalogado como elemento relictico de un grupo que tuvo una mayor diversidad y distribución en el pasado. Las posibles afinidades con los otros dos géneros de trigoniaceae neotropicales, como se documentó anteriormente, no son claras ni evidentes.

En cuanto al patrón de distribución de las Trigoniaceae (fig. 4), Thorne (1973) y Raven & Alxelrod (1974), postularon una posible extinción de la misma en el continente africano, lo que explicaría su distribución actual Anfipacífica-Malgache. La ausencia de la familia en África, al igual que en el caso de las Dichapetalaceae, habría que explicarla por una extinción debida a drásticos cambios climáticos. La presencia en Asia, provendría de la conexión del subcontinente indio con el resto de Asia y posterior migración (Lleras, 1978).

Nombres vernáculos y usos

El "Marfil del Magdalena", es un árbol y un tipo de madera bien conocida en el ámbito forestal colombiano, desde hace casi medio siglo, a juzgar por los testimonios de herbario y por las referencias escuetas aparecidas en algunos informes sobre maderas colombianas. El hecho de que haya otras especies maderables a las que se da la denominación de "Marfil", en territorio colombiano como: *Simarouba amara* Aubl. (Simaroubaceae) y *Qualea sp.* (Vochysiaceae), *Casearia sp.* (Flacourtiaceae), quizás haya contribuido a que ésta planta haya permanecido por largo tiempo ignorada. En algunas publicaciones sobre maderas del Magdalena medio (Jiménez-Saa, 1970; Rojas, 1971), se asocia el "Marfil" a la familia Celastraceae (*Zinowewia sp.* / *Elaeodendron sp.*), al parecer con base en las características anatómicas de la madera. En dicha publicación se incluye información técnica sobre las propiedades de ésta madera, que es de color amarillo-marrón o amarillo-rojizo, con estrias de color crema claro, (en seco) y la albura de color amarillo claro. Se trata de una madera extremadamente dura y difícil de trabajar, no obstante, se está utilizando en la actualidad en la región del Carare-Opón, para la elaboración de pisos de tableta o parqués. Existe una muestra de madera depositada en el U.S.D.A. Forest Products Laboratory, Madison, Wisconsin, USA. con el número

MADw 25572, cuyo pliego de referencia en herbario es *M. Nee & S. Mori 3804* (COL), recolectado en Marzo de 1971.

De acuerdo con el Ingeniero Forestal León Morales (MEDEL), se remitieron muestras botánicas del "Marfil" a instituciones forestales de Bolivia, Ecuador, Perú, Venezuela y Estados Unidos, en relación con un proyecto de "Identificación y nomenclatura de las maderas tropicales comerciales en la subregión Andina", publicado por la Organización Internacional de Maderas Tropicales (Rodríguez & Sibille, 1996). En ésta publicación se documentan fotográficamente aspectos de la morfología vegetativa de la planta y de la madera del "marfil" del Magdalena, asociándola como ya se comentó, al nombre *Licania hebantha* Mart. ex Hook. f.

Clave para la separación de los géneros conocidos de las familias Trigoniaceae y Euphroniaceae

1. Hojas opuestas 2
- 1' Hojas alternas 3
 2. Frutos en sámara, con 1-3 semillas, inflorescencias sencillas en dicasio trifloro
..... 1. *Humbertioidendron*
 - 2' Fruto en cápsula con 6 o más semillas, inflorescencias compuestas (tirso o panícula) 2. *Trigonia*
 3. Fruto en sámara, con 1-3 semillas 5
 - 3'. Fruto en cápsula trilobular, con numerosas semillas por lóculo 4.
 4. Corola con 3 pétalos, ningún pétalo "saccado",
..... *Euphronia* (Euphroniaceae)
 - 4'. Corola con 5 pétalos, pétalo posterior "saccado" 3. *Trigonioidendron*
 5. Inflorescencias en panícula de más de 15 cm de longitud, brácteas de la inflorescencia con glándulas marginales conspicuas, sámara constituida por tres carpelos unidos solo en la porción basal, con las alas libres
..... 4. *Trigoniastrum*
 - 5' Inflorescencias en racimos de hasta 6-7 cm de longitud, brácteas de la inflorescencia desprovistas de glándulas, sámara trilobada con las alas soldadas en toda su longitud,
..... 5. *Isidodendron*

Agradecimientos

A Antoine Cleef (U) y Carlos Aedo (MA), por su oportuna y generosa ayuda con la literatura solicitada. A Giovanni Bogotá y Luis Carlos Jiménez, del Laboratorio de Palinología del Instituto de Ciencias Naturales, su colaboración en la observación del polen de ésta planta y otras ayudas técnicas. A Darío Sánchez, director del herbario MEDEL, a Horacio León Morales Soto, responsable del Herbario Forestal de la Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, por haber facilitado el estudio de las colecciones de esta especie. A Rocío Cortés y Luis E. Ace-ro, Curadores del Herbario UDBC, a Philip Silverstone, curador del Herbario CUVC y a Alvaro Cogollo, curador del herbario JAUM, por haber facilitado la consulta de las colecciones. A Gilberto Mahecha, quien conocía desde hace mucho tiempo en el campo éste árbol, por la valiosísima información sobre ésta especie forestal. A Isidoro Cabrera, debemos la existencia de una completa serie de duplicados (fértiles), que constituyen ahora el material tipo del género y de la especie de *Isododendron tripterocarpum*.

Bibliografía

- Dugand, A. 1952. Un nuevo género de Bignoniáceas. *Mutisia* 8: 1-8.
- Guimaraes, E.F. & J. Rodríguez Miguel. 1987. Contribucao ao conhecimento de Trigonaceae brasileiras. VI. - *Trigoniodendron* Guimaraes et J. Miguel, n. gen. *Rev. Brasil. Biol.* 47(4): 559-563.
- Hutchinson, J. 1959. The families of flowering plants. 3 vols. 2d ed. Oxford.
- Jiménez-Saa, H. 1970. Árboles más importantes de la Serranía de San Lucas. Bogotá, FAO-INDERENA-PDNU/FE 240.
- Leandri, J. 1949. Sur la presence d'une Trigonacee dans la flora malgache. *Compt. Rend. Acad. Sci.* 229: 846-848.
- Lleras, E. 1976. Revision and taxonomic position of the genus *Euphronia* Martius ex Martius & Zuccarini (Vochysiaceae). *Acta Amazonica* 6: 43-47.
- _____ 1978. Trigonaceae. *Flora neotropica Monograph* 19: 1-73. New York.
- Londoño, A.C. E. Alvarez, E. Forero & C. M. Morton. 1995. A new genus and species of Dipterocarpaceae from the Neotropics. I. Introduction, taxonomy, ecology and distribution. *Brittonia* 47(3): 225-236.
- Lozano-C., G. J. Hernández-Camacho & J. Henao. 1979. Hallazgo del género *Trigonobalanus* Forman 1962 (Fagaceae), en el Neotrópico. I. *Caldasia* 12: 517-537.
- Maguire, B. 1977. Pakaraimoideae: Dipterocarpaceae of the Western Hemisphere. I. Introduction. *Taxon* 26: 341-342.
- _____ & P.S. Ashton, 1977. Pakaraimoideae. Dipterocarpaceae of the Western Hemisphere II. Systematic, geographic and phyletic considerations. *Taxon* 26: 343-368.
- Marcano Berti, L. 1989. Euphroniaceae: una nueva familia. *Pittieria* 18: 15-19.
- _____ 1990. Descripción y tipificación de la nueva familia Euphroniaceae. *Ernstia* 57: 5-7.
- Metcalf, C. & L. Chalk. 1951. *Anatomy of the Dicotyledons* 1: 133-145.
- Neill, D.A. 1998. *Ecuadendron* (Fabaceae: Caesalpinioideae: Detarieae), a new genus from western Ecuador. *Novon* 8: 45-49.
- Ng, F. P. 1972. Trigonaceae. In: *Tree flora of Malaya* 1: 449-450.
- Nixon, K.C. & W.L. Crepet. 1989. *Trigonobalanus* (Fagaceae): Taxonomic status and phylogenetic relationships. *Amer. J. Bot.* 76(6): 828-841.
- Perrier, H. & J. Leandri 1955. Trigonaceae (Trigonaceae) in: H. Humbert (ed.) *Flore de Madagascar*. 108(bis): 1-4.
- Raven, P.H. & D.I. Axelrod. 1974. Angiosperm biogeography and past continental movements. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 61(3): 539-673.
- Rodríguez Rojas, M. & A. M. Sibille Martina 1996. En: Manual de identificación de especies forestales de la subregión andina. Organización Internacional de Maderas Tropicales e Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias del Perú. Lima. pp. 270-273
- Rojas L., H. 1971. Maderas colombianas. Fondo promoción de Exportaciones (Proexpo), Bogotá. 117 pp.
- Steyermark, J. 1987. Flora of the Venezuelan Guyana II. A Reevaluation of the genus *Euphronia* (Vochysiaceae). *Ann. Missouri Bot. Gard.* 74: 89-94.
- Takhtajan, A. 1997. Diversity and classification of flowering plants. Columbia University Press.
- Thorne, R.F. 1973. Floristic relationships between tropical Africa and tropical America. Pp. 27-47
- in: B. Meggers, E. Ayensu & W.D. Duckworth (eds.), *Tropical Forest Ecosystems in Africa and South America: A comparative Review*. Smithsonian Instit. Press. Washington.
- Van der Werf, H. 1986. A new species of *Caryodaphnopsis* (Lauraceae) from Perú. *Syst. Bot.* 11(3): 415-418.
- _____ 1991. New species of Lauraceae from Ecuador and Perú. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 78(2): 409-423.
- _____ & H.G. Richter. 1985. *Caryodaphnopsis* Airy-Shaw (Lauraceae), a genus new to the neotropics. *Syst. Bot.* 10(2): 166-173.
- _____ & N.K. Dao. 1999. A new species of *Caryodaphnopsis* (Lauraceae) from Vietnam. *Novon* 9: 548-586.
- Van Steenis, C.G.G.S. 1949. Trigonaceae. *Flora Malesiana* 4(2): 59-60.
- Warming, E. 1875. Trigonaceae. In: Martius, *Flora Brasiliensis* 13(2): 118-144.
- Wong, K. M. 1995. *Tree flora of Sabah and Sarawak*. 1: 467-469.

ANEXO 1

Las cinco familias mas ricas de árboles y arbustos en la Flora de la región del Carare-Opón, (Magdalena Medio, Santander-Antioquia), excluidas Leguminosae y Rubiaceae

Lecythydaceae (20 sp.)

<i>Cariniana pyriformis</i> Miers	Gentry 20094
<i>Couratari guianensis</i> Aubl.	Cabrera 846, Romero 4829
<i>Eschweilera coriacea</i> (A.DC.) Mart.	Romero 4941
<i>E. gracilis</i> Kosterm.	Haugth 1414
<i>E. papillata</i> L.Uribe	Rentería 1514
<i>E. pittieri</i> R. Knuth	Cabrera 892, Romero 4806
<i>E. sclerophylla</i> Cuatr.	Rentería 1472
<i>E. vagelery</i> Knuth	Nee 3761
<i>Grias haugthii</i> Knuth	Romero 4993
<i>Gustavia augusta</i> L.	Romero 4893
<i>G. brasiliensis</i> Morr.	Cabrera 674, 783
<i>G. dubia</i> (Kulh.) Berg	Areira 410, Romero 5033
<i>G. longifolia</i> Poepp. ex Berg	Romero 4747
<i>G. longifuniculata</i> Mori	Nee 3801, Romero 4714
<i>G. poeppigiana</i> Berg.	Romero 4784
<i>G. romeroi</i> Mori & Garcia-Barriga	Romero 4708,4819
<i>Lecythis ampla</i> Miers	Cabrera 882
<i>L. magdalenica</i> Dugand.	Rentería 1558
<i>L. mesophylla</i> Mori	Nee 3738, Romero 4836
<i>L. minor</i> Jacq.	Rentería 2109

Bignoniaceae (16 sp)

<i>Ceratophytum tetragonolobum</i> (Jacq.) Sandw.	Rentería 1486
<i>Distictella magnolifolia</i> (HBK) Sandw.	Gentry 1996
<i>Jacaranda caucana</i> Pitt. subsp. calycina A. Gentry	León 881
<i>J. copaia</i> (Aubl.) Don. subsp. <i>spectabilis</i> (A.P.DC.) Gentry	Romero 4728, 4773
<i>J. hesperia</i> Dugand.	Gentry 15434
<i>Lundia densiflora</i> DC.	Romero 4844
<i>Mansoa erythraea</i> (Dug) Gentry.	Romero 4727, Gentry 19942
<i>Memora aspericarpa</i> A.Gentry.	Romero 4862, 4872
<i>Phryganocidis corymbosa</i> (Vent.) Bur. & Ksch.	Rentería 1486
<i>Pleonotoma variabilis</i> (Jacq.) Miers	Romero 4310
<i>Romeroa verticillata</i> Dugand.	Romero 4347
<i>Styzyphyllum riparium</i> (HBK) Sandw.	Gentry 20090
<i>Tabebuia chrysantha</i> (Jacq.) Nichols. ssp. <i>pluvicola</i> Gentry.	Gentry 15436
<i>Tanaecium nocturnum</i> (B. Rodr.) Bur. & Sch.	Rentería 1556
<i>T. guayacan</i> (Seem.) Hemsl.	Gentry 15388
<i>Thynanthus panurensis</i> (Bur.) Sandw.	Rentería 2058
Annonaceae (12 sp)	
<i>Duguettia antioquiensis</i> H. Leon & P. Maas.	Rentería 2092
<i>D. spixina</i> Mart.	Romero 4743
<i>D. trichostemon</i> R.E.Fr.	Haugth 1554
<i>Fussaea longifolia</i> (Aubl.) Safford.	Romero 4933

<i>Guatteria cargadero</i> Tr. & Pl.	Rentería 2144	<i>Odontadenia grandiflora</i> (E.F.Mey.) Miquel.	Rentería 2151
<i>G. novogranatensis</i> R.E.Fr.	Haugth 1485	<i>Stenosolen efferssi</i> Mgf.	Romero 4833
<i>Oxandra venezuelana</i> R.E.Fr.	Romero 4710	<i>S. grandifolius</i> Mgf.	Romero 4869
<i>Raimondia cherimoliodes</i> (Tr. & Pl.) R.E.Fr.	Rentería 2082	<i>Tabernaemontana markgrafiana</i> J.J.Macbr.	Romero 4348,4865.
<i>Unonopsis avieeps</i> Maas.	Rentería 2098	Violaceae (11 sp.)	
<i>U. pacifica</i> R.E.Fr.	Romero 4781	<i>Gloeospermum sphaerocarpum</i> Tr. & Pl.	Romero 4974
<i>Xylopia amazonica</i> R.E.Fr.	Cabrera 676	<i>Leonia glycyarpa</i> R. & P.	Rentería 433
<i>X. polyantha</i> R.E.Fr.	Romero 4717, Rentería 2088	<i>L. triandra</i> Cuatr.	Romero 4308,4756.
Apocynaceae (11 sp)		<i>Rinorea cordata</i> Smith & Fernandez.	Haugth 1388
<i>Aspidosderma spruceanum</i> Benth. ex Mull. Arg.	Areira 721, Romero 4795,4820.	<i>R. falcata</i> (Mart.) Ktze.	Rentería 2114
<i>Aspidosderma</i> sp.	Cabrera 1003	<i>R. haugthii</i> Smith & Fernandez	Haugth 1470
<i>Couma macrocarpa</i> Barb. Rodr.	Cabrera 853, Nee 3771	<i>R. laurifolia</i> Smith & Fernandez	Haugth 1908
<i>Himatanthus sucuba</i> (Mull. Arg) Woods.	Romero 4718,4921.	<i>R. lindeniana</i> (Tul.) Ktze.	Romero 4353, Rentería 2130.
<i>Lacmellea floribunda</i> (Poepp.) Benth.	Romero 4709,4752.	<i>R. pubiflora</i> (Benth.) Spr. & Sandw..	Romero 4737,4774.
<i>Mandevilla villosa</i> Woods	Rentería 735	<i>R. viridifolia</i> Rusby.	Romero 4356
<i>Mesechites acuminatus</i> (R. & P.) M. Arg.	Rentería 2079	<i>R. ulmifolia</i> (HBK) Ktze	Haugth 1395

NOVEDADES EN LA TRIBU ALCHORNAE (EUPHORBIACEAE)

por

José Murillo-A.¹

Resumen

Murillo-A., J.: Novedades en la tribu Alchornae (Euphorbiaceae). Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(92): 359-370, 2000. ISSN 0370-3908.

Con base en un análisis filogenético de la subtribu Conceveibinae se presentan varias novedades taxonómicas dentro de la tribu Alchornae. La subtribu aparece como un taxón formado sólo por el género *Conceveiba*, que se divide en la sección *Conceveiba* con 10 especies y la sección *Gavarretia* con 4 especies, dos de ellas nuevas para la ciencia. Se reducen como sinónimos *Polyandra* bajo *Conceveiba* y *Adenophaedra prealta* bajo *Conceveiba prealta*, además se ratifica la inclusión de *Gavarretia* en *Conceveiba* y se revalida a *Conceveiba krukoffii* con base en los caracteres de la inflorescencia femenina y del ovario. Las dos especies africanas que habían sido consideradas dentro de *Conceveiba* se excluyen de Conceveibinae y pasan a la subtribu Alchorninae en un género nuevo.

Palabras clave: Euphorbiaceae, Acalyphoideae, Alchornae, Alchorninae, Conceveibinae, *Conceveiba*, *Gavarretia*, *Polyandra*.

Abstract

Several taxonomic novelties are identified in the tribe Alchornae, based on a phylogenetic analysis of the subtribe Conceveibinae. The subtribe is presented as a taxon formed only by the genus *Conceveiba* which is divided into the section *Conceveiba* with 10 species and the section *Gavarretia* with 4 species, two of them new for science. *Polyandra* is included in *Conceveiba* and *Adenophaedra prealta* is included in *Conceveiba prealta* as synonyms, the inclusion of *Gavarretia* is ratified in *Conceveiba*, and *Conceveiba krukoffii* is validated based on the characters of the female inflorescence and the ovary. The two African species that had been *Conceveiba* are excluded of Conceveibinae and assigned to the subtribe Alchorninae in a new genus.

Key words: Euphorbiaceae, Acalyphoideae, Alchornae, Alchorninae, Conceveibinae, *Conceveiba*, *Gavarretia*, *Polyandra*.

¹ Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia, Apartado 7495, Bogotá, Colombia.
E-mail: jmurillo@ciencias.ciencias.unal.edu.co

La tribu Alchorneae hace parte de la subfamilia Acalyphoide, dentro de la familia Euphorbiaceae, y se divide en las subtribus Alchorneinae y Conceveibinae (Webster 1975, 1994). Conceveibinae se considera formada por *Conceveiba* que incluye 7 – 8 especies y por *Gavarretia* y *Polyandra*, ambos géneros monoespecíficos (Webster 1975, 1994). No existe un acuerdo para conservar los tres géneros (Baillon 1860, 1874, Bentham & Hooker 1880, Jablonski 1967, Leal 1951, Pax & Hoffmann 1914, Secco com. pers., Webster 1975, 1994b) o para tratar a *Conceveiba* como único género (Murillo 1996, Müller 1874), debido a la superposición de las características florales que los definen. Los caracteres que han sido más utilizados para establecer los géneros son: el cáliz femenino libre y el ovario tricarpelar en *Conceveiba* (Aublet 1775), mientras que para *Gavarretia* se presenta el cáliz gamosépalo y el ovario bicarpelar (Baillon 1860), y para *Polyandra* la inflorescencia masculina axilar y las anteras míticas (Webster 1975, 1994b). Recientemente, Murillo (1996) con base en mayor número de colecciones y de material más completo objeto la validez y constancia de tales caracteres, los cuales se superponen y no permiten una separación generica.

Por otro lado, se describieron dos especies africanas que fueron incluidas en *Conceveiba* (Thomas 1990, Breteler 1994); sin embargo, algunos caracteres anatómicos (Mennega 1994) y reproductivos (Murillo 1996) no concuerdan con las características que definen la subtribu (Webster 1975, 1994), por lo que se propuso excluirlas de Conceveibinae (Murillo 1996).

Dentro del análisis filogenético de la subtribu Conceveibinae (Murillo 2000, Murillo & Orozco en prep.) y tras la evaluación de caracteres vegetativos, anatómicos y de morfología floral que permiten establecer mejor las relaciones de parentesco entre los diferentes taxones, se encontró una serie de inconsistencias que permite confirmar varios cambios taxonómicos y nomenclaturales, los cuales se registran en el presente estudio.

Tribu Alchorneae (Hurusawa) Hutchinson, Amer. J. Bot. 56: 752. 1969.

La tribu Alchorneae, se caracteriza por presentar granos de polen tricolporados con opérculo y, esta formada por las subtribus Alchorneinae, con 6 géneros y ca. de 60 especies con distribución pantropical (Webster 1994) y Conceveibinae, con un género y 14 especies neotropicales.

Subtribu Alchorneinae Hurusawa, J. Fac. Sci. Univ. Tokyo, sect. 3, Bot. 6: 302. 1954.

La subtribu Alchorneinae está formada por los géneros *Alchornea*, *Aparisthium*, *Bocquillonina*, *Bossera*, *Coelobogyne* y *Orfilea* (Webster 1994) y se caracteriza por tener especies dioicas o monoicas, con indumento de pelos simples o estrellados, estambres en número menor de 12, pistilodio presente o ausente y ovario con dos o tres carpelos. De acuerdo con los resultados encontrados mediante el análisis filogenético (Murillo 2000, Murillo & Orozco en prep) y con base en datos morfológicos, anatómicos, florales, del fruto y de la tipología de las inflorescencias, las especies africanas *Conceveiba leptostachys* y *Conceveiba macrostachys* no hacen parte de la subtribu Conceveibinae, dado que presentan una condición monoica, un número reducido de estambres (7 - 12), presencia de pistilodio y semilla elipsoide sin arilo, caracteres presentes en Alchorneinae; además, los granos de polen son tricolporados y con opérculo (Punt com. pers.), carácter importante en la definición de la tribu Alchorneae (Webster 1975, 1994). Por lo tanto, éstas dos especies deben ser consideradas bajo la subtribu Alchorneinae, la cual muestra una posible relación con *Bossera*, un género monotípico de Madagascar (Leandri 1962; Webster 1994), por la condición monoica, la presencia de pistilodio y la posesión de pelos simples; sin embargo, se diferencian de *Bossera* por la ausencia de carúncula y por los estambres libres, motivo por el cual se propone incluirlas en un género nuevo.

Aubletiana J. Murillo *gen. nov.*

Especie tipo: *Aubletiana macrostachya* (Bretteler) J. Murillo

Etimología. Taxón dedicado al botánico M.F. Aublet.

Arbores monoici, exsudatione carentes, cum indumento pilorum simplicium, stipulis lateralibus. Folium praeditum binis glandulis in basi laminae iuxta unionem cum petiolo. Inflorescentia mascula axillaris paniculata vel racemosa; floribus masculis 7–12 staminatis, pistillodio praesente. Inflorescentia feminea terminalis, racemosa vel uniflora; ovarium tricarpellare. Paries fructus papillosa; semina ellipsoidea, sine arillo.

Árboles monoicos, sin exudado, glabrescentes, cubiertos con pelos simples; estípulas laterales. Hojas simples, alternas, margen aserrada, dientes generalmente glandulares, con un par de glándulas en la base de la lámina, justo en la unión con el peciolo. Inflorescencia masculina axilar, en panícula o botrioide; flores masculinas en glomérulos, con sépalos connados, valvados; disco ausente; estambres 7 - 12, algunas veces estaminodios presentes; pistilodio presente, glabro o pubescente.

Inflorescencia femenina terminal, botriode (racimo) o uniflora; sépalos de las flores femeninas a veces con glándulas basales, ovario tricarpelar; pared del fruto con papilas; semillas elipsoides, sin arilo.

Composición y distribución

Aubletiana es un género formado por dos especies tropicales de Africa que se encuentran en Camerun y Gabón (Thomas 1990, Breteler 1994).

Clave para las especies de *Aubletiana*

1. Inflorescencias masculinas en panícula, inflorescencias femeninas unifloras, estilos indivisos
..... *A. macrostachys*
- 1' Inflorescencias masculinas y femeninas botrioides, estilos bifidos *A. leptostachys*

Aubletiana leptostachys (Breteler) J. Murillo *com. nov.*

Conceveiba leptostachys Breteler, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. **63**: 210. 1994.

Tipo. GABON, 5-15 km NNW of Ndjolé, 16 nov 1991 (fl, fr), *Breteler & Jongkind 10525* (Holotipo WAG, isotipo COL).

Aubletiana macrostachys (Breteler) J. Murillo *com. nov.*

Conceveiba macrostachys Breteler, Bull. Jard. Bot. Nat. Belg. **62**: 192. 1993

Conceveiba africana D.W. Thomas, Ann. Missouri Bot. Gard. **77**: 856. 1990.

Tipo. GABON, Ogooué-Ivindo Province: Lopé reserva, 0°30'S, 11°33'E, 27 nov 1986 (fl, fr), *J.M. & B. Reitsma 2618* (holotipo MO, isotipo NY)

Subtribu Conceveibinae emend. Webster, Taxon **24**: 597. (1975)

Tipo. *Conceveiba* Aubl., Hist. Pl. Guiane **2**: 924, t. 353. 1775

Árboles dioicos, cubiertos con pelos estrellados; exudado ausente; estípulas laterales. Sinflorescencias en holocaulo, antoblasto o antocaulo; inflorescencias masculinas terminales y/o axilares, generalmente en panículas, a veces botrioides (racimos) o fascículos de botrioides; las femeninas generalmente terminales; en botrioides, estaquioides (espigas), panículas o unifloras; flores

apétalas, disco ausente; flores masculinas en glomérulos, sépalos connados; estambres numerosos, a veces con estaminodios; anteras míticas o apiculadas; pistilodio ausente; flores femeninas con sépalos libres o unidos, ovario de 2 - 3 carpelos, un óvulo por lóculo, estilos connados o ausentes; estigmas bifidos, papilosos. Fruto en cápsula, pericarpio correoso, generalmente con aristas variadas, liso o rugoso. Semillas trígonoas, arilo carnoso.

Conceveibinae es un grupo natural que se caracteriza por la condición dioica, el indumento con pelos generalmente estrellados, la ausencia de látex, las estípulas laterales, las flores masculinas con numerosos estambres, el fruto con pericarpio correoso y las semillas trígonoas con arilo.

Composición y distribución

En la subtribu *Conceveibinae* se reconocen 14 especies y dos secciones *Conceveiba* y *Gavarretia*, en un único género *Conceveiba*. Las especies de la subtribu tienen distribución neotropical y se encuentran desde Costa Rica hasta la Amazonia de Bolivia y Brasil.

Conceveiba Aubl., Hist. Pl. Guiane **2**: 924, t. 353. 1775; Müell. Arg., DC. Prodr. **15**(2): 895. 1866; Benth., Gen. Pl. **3**: 316. 1880; Pax, Pflanzenr., **147**. VII. (Heft 63): 214. 1914; Jabl., Mem. New York Bot. Gard. **17**: 131. 1967; J. Murillo, Caldasia **18**(2): 239. 1996.

Gavarretia Baill., Adansonia **1**: 185, tab. 7 (1860). Tipo: *Gavarretia terminalis* Baill. [= *Conceveiba terminalis* (Baill.) Müll. Arg.]

Conceveibastrum (Müll. Arg.) Pax & Hoffm., Pflanzenr. **147**. VII. (Heft 63): 217 (1914). Tipo: *Conceveibastrum martianum* (Baill.) Pax & Hoffm. [= *Conceveiba martiana* Baill.]

Conceveibum A. Rich. ex Juss Euphorb. Tent. **42** (1824). Tipo: *Conceveibum ovatum* Rich. ap. Juss [= *Conceveiba guianensis* Aubl.]

Veconcibea (Müll. Arg.) Pax & Hoffm., Pflanzenr. **147**. VII. (Heft 63): 218 (1914). Tipo: *Veconcibea latifolia* (Benth.) Pax & Hoffm. [= *Conceveiba latifolia* Benth.]

Polyandra Leal Arq. Jard. Bot. Rio de Janeiro **11**: 63. (1951). Tipo: *Polyandra bracteosa* Leal [= *Conceveiba prealta* (Croizat) Punt ex J. Murillo]

Especie tipo: *C. guianensis* Aubl., Hist. Pl. Guiane **2**: 924, t. 353 (1755).

Árboles cubiertos con indumento de pelos estrellados, a veces mezclados con pelos furcados, fasciculados y sim-

ples; estípulas generalmente lanceoladas, sacciformes en *C. martiana* y *C. maynasensis*, persistentes o caedizas, generalmente glandulares en la base. Hojas pecioladas, simples, alternas, elípticas, ovadas u obovadas; base cuneada, aguda, obtusa, redondeada o cordada; margen aserrada o crenada, dientes glandulares; venación actinódroma o pinnada semicraspedódroma a pinnada craspedódroma; venación terciaria percurrente, oblicua o perpendicular. Inflorescencia terminal y/o axilar, flores apétalas, sin disco. Sinflorescencia masculina en holocaulo, antoblasto o antocaulo; en panícula, botrioides o en fascículos. Flores masculinas pediceladas; solitarias hacia el ápice de los ejes; cáliz en yema redondeado y umbonado; estaminodios centrales presentes o ausentes, cuando presentes los estambres fértiles en un verticilo externo a estos; filamentos libres, a veces algunos centrales connados; anteras basifijas o cordadas, glabras o cubiertas con escasos pelos fasciculados y simples. Sinflorescencia femenina en holocaulo o antoblasto; en botrioides, estaquioides, diplobotrioides, diplobotrioides frondosos o uniflora. Flores femeninas pediceladas o sésiles; sépalos con o sin glándulas en la base; ovario con un óvulo por lóculo; estigmas lineares o foliáceos en *C. maynasensis*. Fruto trilobulado, bilobulado o globoso; liso, rugoso en *C. rhytidocarpa*, generalmente con 2 - 3 aristas de tamaño variable. Semillas con el ápice truncado, lisas, de color castaño; arilo blanquecino.

Subdivisión del género

De acuerdo con el análisis morfológico y filogenético (Murillo 2000, Murillo & Orozco en prep.) se identifican claramente dos secciones, *Conceveiba* sección *Conceveiba* en donde están la mayoría de las especies (10) y *Conceveiba* sección *Gavarretia* propuesta por Müller (1865) formada por 4 especies, dos de ellas nuevas para la ciencia.

Claves para las secciones de *Conceveiba*

1. Inflorescencias masculinas terminales (antoblasto) o terminales y axilares (holocaulo) en panículas; anteras glabras *Conceveiba*
- 1'. Inflorescencias masculinas axilares (antocaulo) dispuestas en botrioides, fascículos o panículas subsésiles; anteras cubiertas con indumento de pelos simples o estrellados *Gavarretia*

Conceveiba sect. *Conceveiba*

Conceveiba sect. *Euconceveiba* Müll. Arg. In *Linnaea* 34: 166. (1865) *nom. illeg.*; Müll. Arg., DC. Prodr. 15(2):

896. (1866); Müll. Arg. In *Martius*, Fl. Bras. 11(2): 371. (1874).

Conceveiba sect. *Veconceveiba* Müll. Arg. In *Linnaea* 34: 167. (1865) *pro parte*.

Veconceveiba (Müll. Arg.) Pax & Hoffm., *Pflanzenr.* 147. VII. (Heft 63): 218 (1914).

Tipo. *Conceveiba guianensis* Aubl., *Hist. Pl. Guiane* 2: 924, t. 353 (1755).

C. sect. *Conceveiba* se caracteriza por presentar inflorescencias terminales (antoblastos) o axilares y terminales (holocaulos), las masculinas dispuestas en panículas; brácteas enteras; flores masculinas con anteras glabras, generalmente míticas; estaminodios ausentes o presentes. Inflorescencias femeninas diplobotrioides frondosas, diplobotrioides, botrioides o estaquioides; flores femeninas pediceladas, sépalos libres y ovario con 2 ó 3 carpelos. A esta sección pertenece la mayoría de las especies del género.

Inicialmente Müller (1865) incluyó a la especie típica del género *C. guianensis* y a las especies con ella relacionadas, dentro de la sección *Euconceveiba*; sin embargo, este no es un nombre válido; de acuerdo con el artículo 21 del Código Internacional de Nomenclatura Botánica (Greuter 1994), en el que se expresa que el nombre de una subdivisión genérica no debe coincidir con el nombre del género al cual pertenece, por adición del prefijo "Eu-". Por lo tanto, se propone a *Conceveiba* como nuevo nombre para la sección.

La sección *Veconceveiba* fue establecida por Müller (1865) y elevada al rango de género por Pax & Hoffmann (1914); se define por la ausencia de estaminodios en las flores masculinas; sin embargo, el estudio morfológico y cladístico (Murillo 2000, Murillo & Orozco en prep.) no permite una separación basada en este ni en ningún otro carácter.

Clave para las especies de *Conceveiba* sect. *Conceveiba*

1. Láminas con venación pinnada semicraspedódroma a pinnada craspedódroma 2
- 1'. Láminas con venación actinódroma 7
2. Flores masculinas sin estaminodios, estivación de los sépalos femeninos valvada o libre, sin glándulas 3
- 2'. Flores masculinas con estaminodios, estivación de los sépalos femeninos imbricada, glándulas basales presentes 4

- 3- Lámina elíptica, ovario con dos carpelos, norte de Colombia y Panamá *C. parvifolia*
- 3'. Lámina obovada, ovario con tres carpelos, noroccidente de la región amazónica
..... *C. latifolia*
4. Fruto sin aristas 5
- 4'. Fruto con aristas 6
5. Ovario con dos carpelos, fruto bilobulado, estilo presente *C. krukoffii*
- 5'- Ovario con tres carpelos, fruto redondeado, estigmas sésiles *C. hostmannii*
6. Fruto liso *C. guianensis*
- 6'. Fruto rugoso *C. rhytidocarpa*
7. Estípulas lanceoladas, oblongas u ovoidolanceoladas, base de la lámina redondeada a levemente cordada 8
- 7'. Estípulas sacciformes, base de la lámina ampliamente cordada 9
8. Inflorescencia femenina botrioide, flores pediceladas, frutos aristados *C. pleiostemona*
- 8'. Inflorescencia femenina diplobotrioide, flores subsésiles; frutos sin aristas *C. ptariana*
9. Estípulas enteras, base de la lámina por la haz con 2 prolongaciones de carácter foliar. Inflorescencias masculinas con los paracladios proximales acrotónicamente desarrollados, flores masculinas con estaminodios *C. martiana*
- 9'. Estípulas laciniadas, base de la lámina sin prolongaciones. Inflorescencias masculinas con los paracladios proximales cortos, flores masculinas solamente con estambres fértiles
..... *C. maynasensis*

Conceveiba guianensis Aubl., Hist. Pl. Guiane 2: 924, t. 353 (1755).

Conceveibum ovatum A. Rich. Euphorb. Tent. 43 (1824). Tipo. BRASIL. Prope Panuré o río Uaupés, oct 1852 - ene 1853 (fl. masc.), *R. Spruce* 2827 (P).

Conceveiba trigonocarpa Müll. Arg. In Fl. Bras. 11(2): 371 (1874). Tipo. BRASIL. Teffe. *Martius* sn. (Foto-tipo US)

Lectotipo. Hist. Pl. Guiane 2: t. 353 (1755), designado aquí.

Aublet (1775) en el protólogo de *C. guianensis* no hizo referencia a ninguna colección, de modo que no se conoce con exactitud cual es el material en el que se basó la descripción; solo se cuenta con una ilustración. En posteriores trabajos **Müller** (1865, 1874) menciona algunas colecciones de Guayana Francesa, que al parecer pudieron ser estudiadas por **Aublet**; sin embargo, ninguno de los revisores del género (**Müller** 1865, 1874; **Jablonski** 1967; **Gillispe** 1993) designó el espécimen tipo. Por lo tanto, la ilustración de **Aublet** es designada como el lectotipo de *C. guianensis*.

Distribución y ecología

C. guianensis es la mejor y más conocida dentro de las especies del género, se encuentra en la región de la Guayana y en la Amazonia en alturas inferiores a 500 m. Crece en diferentes ambientes, como tierra firme, algunas veces en areniscas, cananguchales y planos de inundación; se encuentra en sitios con diferente grado de intervención (**Murillo & Franco** 1995). De acuerdo con la etiqueta del ejemplar *L. Aristeguieta & J. Lizot* 7439 los frutos son comestibles y al parecer son consumidos por peces y loros.

Conceveiba hostmannii Benth., J. Bot. & Kew Misc. 6: 332. 1854.

Tipo. SURINAM, Oct 1843 (fl fem), *Hostmann* 1261 (P) Fototipo COL, NY

Es una especie relacionada con *C. guianensis*, de la cual se diferencia por las hojas lustrosas, los estigmas sésiles y el fruto globoso y sin aristas.

Distribución y ecología

C. hostmannii es un árbol de tierra firme que crece al noroccidente y al este de la región amazónica en Brasil; también se encuentra en Guyana y en Surinam, en altitudes menores de 200 m. Florece en octubre y noviembre y fructifica en enero y febrero.

Conceveiba krukoffii Steyerl., Field Mus. Publ. Bot. 17: 414. 1938.

Conceveiba simulata Steyerl., Field Mus. Pub. Bot. 17: 415, 1938. Tipo: BRASIL, AMAZONAS, Municipality São Paulo de Olivença; basin of creek Belém, 26 oct - 11 dec 1936 (fl. masc.), *B. A. Krukoff* 8616 (NY, P).

Tipo. BRASIL, AMAZONAS, Municipality São Paulo de Olivença; near Palmares, 11 sep - 26 oct 1936 (fl. fem.), *B. A. Krukoff* 8396 (NY, P, U).

C. krukoffii fue incluida por **Jablonski** (1967) dentro de *C. guianensis* por el parecido de las flores masculinas; sin embargo, en *C. krukoffii* el número de carpelos es de dos y el fruto generalmente carece de aristas o estas son inconspicuas, mientras que en *C. guianensis* hay tres carpelos y el fruto presenta tres aristas bien definidas. Estos caracteres no fueron tomados en cuenta en trabajos previos y de ahí la inclusión en *C. guianensis*.

Distribución y ecología

Esta especie crece al noroeste de la región amazónica en Brasil y en la Guayana Venezolana en alturas menores de 600 m. Se encuentra formando parte del bosque de tierra firme sobre suelos de arena blanca y también en varzea. Florece y fructifica de septiembre a mayo.

Conceveiba latifolia Benth., Hooker's Journ. Bot & Kew Misc. 6: 332, 1854.

Conceveiba magnifica Steyerl., Field Mus. Pub. Bot. 17: 414, 1938. Tipo: BRASIL, AMAZONAS, Municipality São Paulo de Olivença, basin of creek Belem. 26 oct - 11 dec 1936 (fl. fem.), *B.A. Krukoff* 8698 (NY).

Tipo. BRASIL, AMAZONAS, Prope Panuré ad Rio Uaupes, oct 1852 - jan 1853 (fl. masc), *R. Spruce* 2826 (Isotipo NY)

C. latifolia se distingue por presentar la inflorescencia masculina en una panícula con pocos paraclados basales y cortos y por las flores femeninas cuyos sépalos tienen estivación valvada. *C. magnifica* fue descrita con base en un ejemplar con flores femeninas, cuyas características morfológicas corresponden a las de *C. latifolia*, por lo tanto se considera como un sinónimo.

Distribución y ecología

La especie se distribuye al noroccidente de la región amazónica en Brasil, Colombia y Venezuela entre 200 y 400 m de altura, en bosque de tierra firme. Florece entre agosto y enero.

Conceveiba martiana Baill., Adansonia 5:221 1865.

Conceveiba megalophylla Müll-Arg., Linnaea 34: 167 (1866). Tipo. BRASIL, AMAZONAS, in Brasilia occidentali prope Ega *Poeppig* 2777 (n.v.).

Conceveibastrum martianum (Baill.) Pax & Hoffm., Pflanzennr. 147. VII. (Heft 63): 217 (1914).

Tipo. BRASIL, AMAZONAS, Japurá, *Martius* 2959 (n.v.)

Distribución y ecología

C. martiana es una especie que prospera en la región de la Guayana y en la Amazonia, en altitudes menores a 1000 m. Forma parte del bosque poco intervenido, pero generalmente crece en zonas con vegetación secundaria; en los planos sedimentarios del terciario y en los planos aluviales (**Murillo & Franco** 1995). Las estípulas son habitadas por hormigas.

Conceveiba maynasensis R. Secco, Bol. Mus. Para. Emilio Goeldi, ser. Bot. 14: 84. 1998.

Tipo. PERU, LORETO, Maynas, Puerto Almendras, 122 m alt, 9 sep 1983. (fl. fem.), *Vásquez & Jaramillo* 4590 n.v. (Holotipo MO, isotipo F)

Esta especie se relaciona con *C. martiana* con la cual ha sido confundida, pero *C. martiana* tiene estípulas con margen entera, las inflorescencias masculinas con los paraclados proximales acrotónicamente desarrollados, las inflorescencias femeninas botrioides o diplobotrioides y por los estigmas lineares.

Distribución y ecología

Esta especie está restringida a la amazonia de Perú. Crece sobre suelos arcillo-arenoso, con dominancia de arena blanca. Florece y fructifica de octubre a diciembre.

Conceveiba parvifolia McPherson, Novon 5: 287. 1995.

Tipo. PANAMA, DARIEN, Near Cana mine S of El Real (Cerro Pirré massif), 77° 40' W, 7° 45' N, 900 -1250 m alt, 26 Ago 1987 (fl. fem.), *G. McPherson* 11607 (Holotipo MO, isotipos COL, MEX, P, PMA).

Distribución y ecología

C. parvifolia se ha encontrado en Colombia y Panamá. En Colombia aparece hacia el noroccidente en la llanura del Pacífico y en la región Andina en la vertiente occidental de la cordillera Central en alturas menores a 1250 m. Florece y fructifica entre marzo y noviembre

Conceveiba pleiostemona D. Smith, Bot. Gaz. 54: 243. 1912.

Tipo. COSTA RICA, LIMON, Llanuras de Santa Clara, río Blanco, 300 m alt, Jul 1899, *H. Pittier* 13425 (n.v.).

C. pleiostemona se distingue por presentar hojas orbiculares con venación actinódroma y por los pedicelos de las flores masculinas articulados. Se relaciona con *C. ptariana*, de la que se diferencia por la lámina foliar elíptica a ampliamente elíptica, las inflorescencias femeninas en panícula, las flores femeninas sésiles y por el ovario y el fruto sin aristas.

Distribución y ecología

Crece desde Costa Rica hasta Colombia, donde se encuentra en las tres cordilleras en territorio de los departamentos de Antioquia, Cundinamarca, Santander y Tolima, y en la sierra de La Macarena en el Meta. Prospera encuentra en altitudes inferiores a 1900 m. Los frutos son consumidos por la Lapa verde (*Aras ambigua*) en Costa Rica.

Conceveiba ptariana (Steyerm.) Jabl., Mem. New York Bot. Gard. 17: 134. 1967.

Conceveibastrum ptarianum Steyerm., Fieldiana Bot. 28:308. 1952. Tipo: VENEZUELA, BOLIVAR, Ptari-tepui, 1585-1600 m alt, J. Steyermark 60021 n.v. (isotipo NY).

C. ptariana se distingue por las hojas coriáceas, el envés cubierto con abundantes pelos simples, las inflorescencias en panícula y las flores femeninas sésiles; se relaciona con *C. pleiostemona*, de la que se diferencia por las láminas foliares orbiculares, la inflorescencia femenina dispuesta en botrioide, las flores femeninas pediceladas y el ovario y el fruto con tres aristas.

Distribución y ecología

Es una especie propia de la Guayana Venezolana donde prospera en altitudes comprendidas entre 600 y 1600 m. Se han observado flores masculinas en enero, flores femeninas en marzo y frutos en agosto.

Conceveiba rhytidocarpa Müll. Arg., in Mart. Fl. Bras. 11: 372. 1874.

Tipo. PERU, LORETO, Maynas, Yurimaguas, *Poeppig* 2485 (n.v.)

C. rhytidocarpa se caracteriza por la inflorescencia masculina terminal, las flores masculinas con un grupo de estaminodios centrales y las flores femeninas con sépalos libres y basalmente glandulares. Es muy parecida a *C. guianensis*, pero se diferencia fácilmente (tanto de ésta especie como de las otras del género) por tener rugosa la superficie del fruto.

Distribución y ecología

Esta especie se distribuye en la región amazónica de Ecuador, Perú y Colombia, y en la sierra de La Macarena, en bosques con diverso grado de intervención. Florece y fructifica la mayor parte del año

Conceveiba sect. Gavarretia Müll. Arg. In Martius, C.F.P., Fl. Bras. 11(2): 372. (1874)

Tipo. *Conceveiba terminalis* Baill., Adansonia. 1: 185, t.7 (1860).

La sección se caracteriza por presentar inflorescencias masculinas axilares (antocaulos), en botrioides, fascículos o panículas subsésiles; brácteas trilobuladas en los nudos basales de cada paracladio; flores masculinas con anteras generalmente apiculadas, cubiertas con pelos simples o estrellados y estaminodios ausentes. Inflorescencias femeninas terminales (antoblastos), unifloras o estaquioides; flores femeninas generalmente sésiles, sépalos usualmente connados, libres en *C. prealta* y ovario con 2 ó 3 carpelos. A esta sección pertenecen las especies *Conceveiba prealta*, *C. terminalis*, *C. tristigmata* y *C. santanderensis*.

Clave para las especies de *Conceveiba* sect. *Gavarretia*

1. Inflorescencia femenina uniflora, sépalos femeninos libres *C. prealta*
- 1'. Inflorescencia femenina estaquioides, sépalos femeninos connados 2
2. Ovario con dos carpelos *C. terminalis*
- 2'. Ovario con tres carpelos 3
3. Hojas adultas con el envés densamente papiloso, papilas cilíndricas con ápices lobulados, anteras cordadas. Amazonas.
..... *C. tristigmata*
- 3'. Hojas adultas con el envés sin papilas o dispersamente papiloso, papilas en domo, ápice redondeado, anteras basifijas. Norte de Colombia *C. santanderensis*

Conceveiba prealta (Croizat) Punt ex J. Murillo *comb. nov.*

Cleidion prealtum Croizat J. Arnold Arb. 24: 167. 1943. Tipo: BRASIL, AMAZONAS, Municipality Humayta, near Tres Casas, 14 sep - 11 oct 1934 (fl fem), B.A. *Krukoffii* 6458 (U).

Adenophaedra prealta (Croizat) Croizat, Tropical Woods 88: 30-32. 1946.

Polyandra bracteosa Leal, Arq. Jard. Bot. Rio de Janeiro. 11: 63. 1951.

Tipo. BRASIL, AMAZONAS: Borba, río Madeira, 7 nov 1935 (fl. masc.), A. Ducke 35492 n.v. (RB).

C. prealta se distingue por las láminas foliares generalmente obovadas, la inflorescencia masculina axilar,

botrioides y la inflorescencia femenina reducida a una flor terminal. Esta especie fue descrita por Croizat (1943) dentro del género *Cleidion*, pero luego fue transferida a *Adenophaedra*; no obstante, las características morfológicas y reproductivas no permiten ubicarla en ninguno de estos dos géneros, dado que concuerda con los caracteres de *Conceveiba*. La colección en la cual se basó el nombre de *Polyandra bracteosa* (Leal 1951) proviene de la misma localidad del material estudiado de *C. prealta* y concuerda con las características de tal especie, motivo por el cual se confirma que se trata del mismo taxón descrito por Croizat (1943).

Distribución y ecología

Esta especie solamente se ha registrado en el noroccidente de la amazonia de Brasil. Florece entre septiembre y octubre.

Conceveiba santanderensis J. Murillo sp. nov. Fig. 1

Typus. COLOMBIA, SANTANDER: Región del Carare, 14 ago 1969 (fl. mas.), I. Cabrera 771 (Holotypus COL).

Etimología

El epíteto alude al departamento de Santander (Colombia), donde se encontró por primera vez.

Species valde affinis *Conceveibae tristigmatae* sed distinguitur foliis communiter obovatis, dorso sine papillis vel illis inconspicuis et brevibus, apice rotundato.

Árbol de (10-) 12 - 25 m; cubierto escasa a moderadamente con pelos estrellados de 4 - 8 brazos, ca 0.1 mm de diámetro; estípulas glandulares en la base, lanceoladas, 4 - 6 x 1.5 mm. Peciolo de (3-) 5 - 8 x 0.1 - 0.3 cm, con doble pulvínulo; a veces con pelos furcados a fasciculados de 0.2 - 0.4 mm de long., suberectos; lámina generalmente obovada a elíptica o elíptico-oblonga de (14-) 19 - 28 x (4.5) 6 - 10 (-13) cm, cartácea a coriácea; ápice acuminado a caudado, a veces mucronado; base aguda a obtusa, a veces redondeada a levemente cordada, generalmente con dos glándulas globosas en la unión con el peciolo por la haz; margen aserrada con dientes glandulares, a veces inconspicuos; haz glabra; envés con papilas ausentes o inconspicuas con forma de domo; máculas glandulares dispersas, mediales a marginales, a veces basilaminares; venación pinnada craspedódroma, venas secundarias (8-) 10 - 12 pares; venas terciarias 11 - 15 (-19), percurrentes, oblicuas. Inflorescencia masculina axilar (antocaulo), en fascículos o panículas subsésiles, 5 - 8 cm de long. Flores

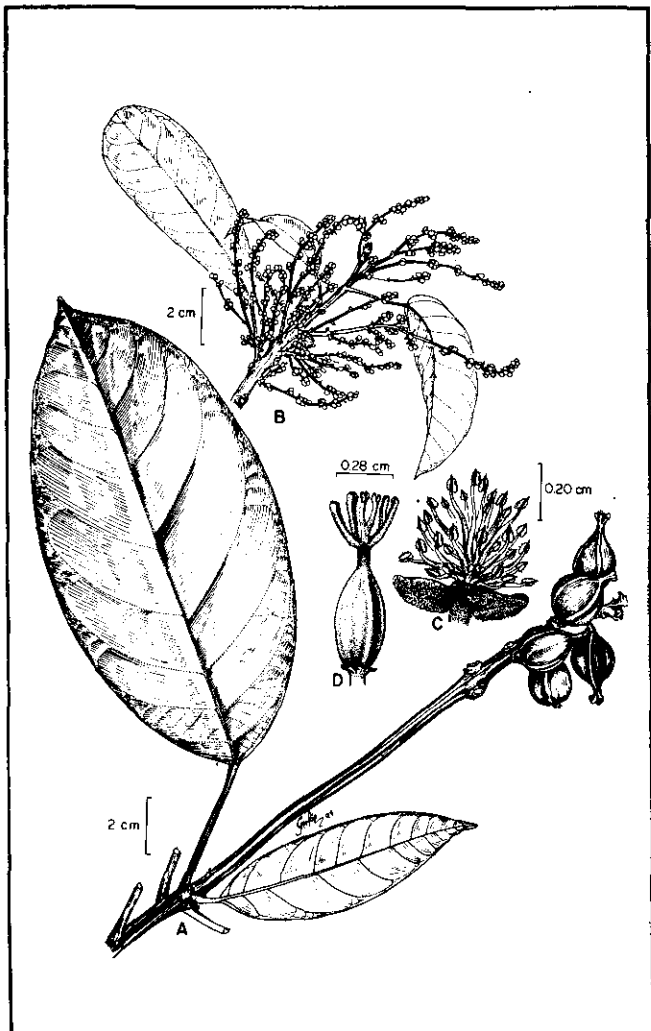


Figura 1. *Conceveiba santanderensis*
J. Murillo A. Rama fructífera
(J. de Bruijn 1596),
B. Rama florífera masculina
(I. Cabrera 771), C. Flor masculina,
D. Flor femenina (J. de Bruijn 1596).

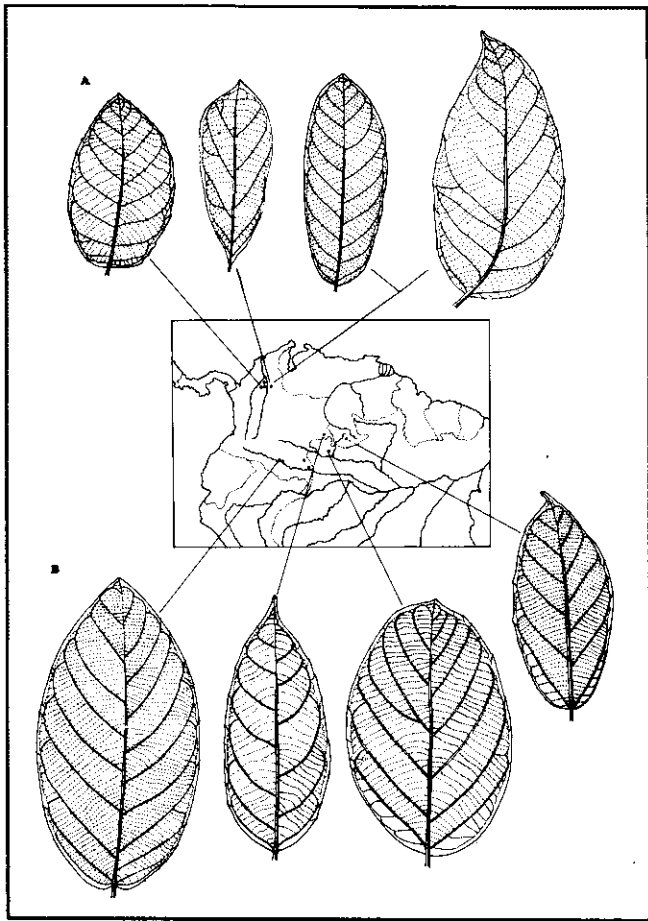


Figura 2. Distribución y variaciones de la forma de la lámina. A. *Conceveiba santanderensis* J. Murillo y B. *Conceveiba tristigmata* J. Murillo.

masculinas subsésiles, glomérulos con 3 - 4 flores; brácteas apicales lanceoladas de 1.5 - 2 mm de long., brácteas basales trilobuladas de 2 - 2.5 mm de long.; sépalos 2 - 3 lóbulos, 3 - 3.5 mm de long., cara externa cubierta moderadamente con pelos estrellados, cara interna glabra; estambres (28-) 32 - 40, 4 - 6 mm de long., a veces algunos connados; estaminodios ausentes; anteras apiculadas, basifijas, con pelos simples dispersos. Inflorescencia femenina terminal (antoblasto), estaquioides. Flores femeninas sésiles; brácteas biglandulares en la base; cáliz gamosépalo, cupuliforme, con abundantes pelos estrellados; ovario generalmente trilobulado, densamente tomentoso, carpelos (2-) 3, con (2-) 3 aristas, estilos connatos en una columna corta; estigmas bífidos, papilosos. Fruto globoso de 1.7 - 2 x 1.5 - 2 cm, con (2-) 3 aristas, cubierto moderada a abundantemente con pelos estrellados. Semilla de 1 x 1 x 0.7 cm, castaña.

Conceveiba santanderensis y *C. tristigmata* son dos especies afines que comparten muchos caracteres florales, pero que se pueden diferenciar porque las anteras de *C. santanderensis* son obtusas mientras que en *C. tristigmata* son cordadas. Una mejor separación se da en la lámina foliar; *C. santanderensis* carece de papilas por el envés o las presenta inconspicuas, con forma de domo y de ápice redondeado, en tanto que en *C. tristigmata* es densamente papilosa, las papilas son columnares y tienen el ápice trilobulado. La forma de la lámina foliar en las dos especies es variable (Fig. 2), no obstante, hay una tendencia en *C. santanderensis* a ser oblonga a ovado-oblonga y obovada y en *C. tristigmata* a ser elíptica a ovada. También se pueden separar porque en *C. tristigmata* el número de venas terciarias es mayor.

Las dos especies podrían confundirse con *C. terminalis* por presentar el cáliz gamosépalo, pero ésta última se separa por tener solo dos carpelos y carecer de glándulas en la base de la lámina justo en la unión con el peciolo por la haz. La diferencia en el número de carpelos y la unión de los sépalos femeninos permite establecer que los géneros *Conceveiba* y *Gavarretia* corresponden a un mismo taxón.

Distribución y ecología

Esta especie crece en bosques con moderado grado de intervención en la región del Magdalena medio (Colombia), en los departamentos de Antioquia, Santander y Bolívar en altitudes comprendidas entre 100 a 950 m (Fig. 2). Florece y fructifica entre agosto y septiembre.

Nombre común

Botón de Cosaco, Cosaco (Colombia)

Material examinado. COLOMBIA, ANTIOQUIA: Anorí, corregimiento Providencia, Buenos Aires, 500 - 700 m alt, 7 feb-1972 (fl. fem. fr.), *D. Soejarto et al.* 3267 (COL). Cáceres, corregimiento El Tigre, vereda Tamaná, hacia Alto Cigarrillo, Reserva Natural Regional Bajo Cauca-Nechí, 75°11'W 7°27'N, 500 m alt, 25 feb 1997 (fr), *A. Cogollo* 9023 (JAUM); 430 m alt, *A. Cogollo* 9033 (JAUM); Quebrada la Reversa, 75°12'W 7°27'N, 430 m alt, 21 feb 1977, *J. Ramírez et al.* 5975 (JAUM). San Luis, carreta de Monteloro al corregimiento de Prodigio, 74°50'W 6°04'N, 600 - 950 m alt., 8 mar 1990 (fr.), *D. Cárdenas & J. Ramírez* 2581 (COL, MO); SANTANDER: Campo Capote, 4 km SW of Campo Capote, 73°55'W 6°38'N, 100 - 200 m alt, 26 mar 1971 (fr), *M. Nee & S. Mori* 3739 (HUA). Region del Carare, cerca de 45 km SW de Bucaramanga, 74°5'W 6°40'N, 100 - 200 m alt, 7 mar 1967 (fr.), *J. de Bruijn* 1596 (COL, U). Región Carare-Opón, 1966, *G. Mahecha sn* (UDBC).

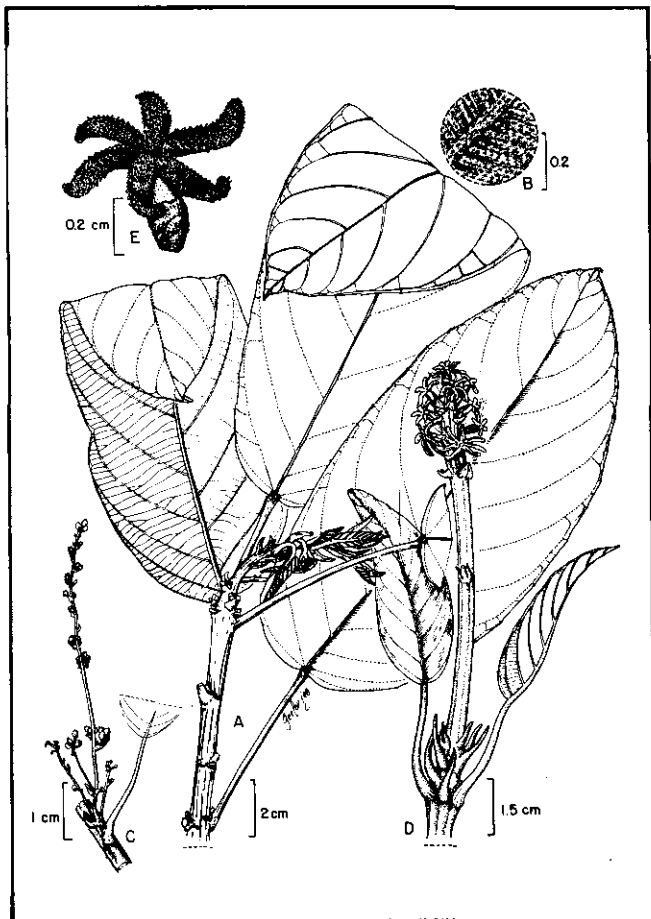


Figura 3. *Conceveiba tristigmata* J. Murillo
 A. Habito, B. Detalle del envés de la hoja,
 C. Rama florífera masculina (J. Murillo et al 435),
 D. Rama florífera femenina (J. Murillo &
 A. Matapí 115).

***Conceveiba terminalis* (Baill.) Müll. Arg. Linnaea 34: 167. 1865.**

Gavarretia terminalis Baill., Adansonia. 1: 185, t.7 (1860). Tipo: VENEZUELA, AMAZONAS, San Carlos del Río Negro, sep 1853 (fl. fem.), R. Spruce 3087 (P) (Isotipo NY, fototipo MO).

Se caracteriza por tener los peciolo cortos y con doble pulvínulo, la lámina obovada, glabrescente, con base cuneada a aguda y la margen crenada. Las flores masculinas carecen de estaminodios, la inflorescencia femenina es en estaquioides, con flores de sépalos connados y ovario bicarpelar.

Gillespie (1993) mencionó que *Gavarretia terminalis* posee pistilodio, carácter solo observado en el ejemplar

Ducke 23531; además, no ha sido descrito por otros autores (Jablonski 1967; Pax & Hoffman 1914). Los ejemplares provenientes de Surinam corresponden a un material diferente del que crece en la amazonia; tiene hojas elípticas con base redondeada y densamente cubiertas con pelos estrellados por el envés; por otro lado, las colecciones provenientes de la amazonía de Perú tienen hojas de la misma forma que en el resto de la región, pero con abundantes papilas en el envés. Al parecer estas características son variaciones locales que no permiten la diferenciación en otros taxones.

Distribución y ecología:

Se distribuye en la región de la Guayana y en la Amazonia de Venezuela, Colombia, Perú y Brasil en altitudes menores a 1200 m, en bosques con diverso grado de intervención o en sabanas pobladas de arbustos, principalmente sobre suelos de arena blanca; a veces se encuentra en sitios inundados. En Colombia también prospera en los Llanos Orientales en los departamentos del Vichada y de Guainía. Florece y fructifica de octubre a febrero. Los frutos son consumidos por insectos y aves (loros, tucanes).

Conceveiba tristigmata J. Murillo sp. nov. Fig. 3

Typus. COLOMBIA, AMAZONAS: Araracuara, carretera a Puerto Arturo, pista aérea, Feb 5 1992 (fl. fem.), J. Murillo & A. Matapí 115 (Holotypus COL, isotypus COAH).

Etimología

El epíteto específico hace referencia a los tres estigmas del pistilo.

Distinguitur foliis communiter ellipticis, abundantibus venis tertiariis; foliorum dorso dense papilloso, papillis columnaribus, apice trilobato.

Árbol de (2-) 12 - 20 (-30) m; ramas jóvenes y peciolo densamente cubierto por pelos estrellados, adpresos a erectos, ca. 0.2 mm de diámetro, a veces furcados; estípulas generalmente glandulares, lanceoladas, (3-) 6 - 11 (-14) x 1.5 - 3 (-4) mm. Peciolo de 3.5 - 8 (-10.5) cm de long., con doble pulvínulo, cilíndricos; lámina elíptica, a veces ovada, (10-) 19 - 27 (35) x (3.5) 10.5 - 12.5 cm, coriácea, ápice agudo a acuminado; base generalmente cordada, a veces redondeada a obtusa, generalmente con dos glándulas globosas en la unión con el peciolo por la haz; margen aserrada con dientes glandulares, a veces crenada; haz glabra, a veces con escasos pelos estrellados y furcados; envés cubierto moderada a abundantemente con pelos es-

trellados, 4 - 7 ramas, adpresos, ca 0.2 mm de diámetro, a veces furcados; densamente papiloso, papilas columnares con ápices trilobulados; máculas glandulares marginales, a veces basilaminares y mediales; venación pinnada semicraspedódroma, venas secundarias (8-) 10 a 12 pares; venas terciarias (8-) 23 - 27, percurrentes, oblicuas a perpendiculares. Inflorescencia masculina axilar (antocaulo), en panículas subsésiles o botrioides, 3 - 4.5 (-7) cm de long., cortamente pedunculadas. Flores masculinas con pedicelo de 1.5 - 3 mm de longitud, glomérulos de 3 (-4) flores; brácteas apicales ovadas, 2 - 2.5 x 1.2 mm, enteras; brácteas basales 3 - 3.5 mm de long., generalmente con tres lóbulos de longitud variable; cubiertas moderadamente con pelos furcados a fasciculados; cáliz, en yema, de 1.5 mm de diámetro; sépalos 2 - 3 (-4) lóbulos, 2 x 1.5 mm, cara interna glabra; estambres 19 - 25 (-36), 3 - 4 (-5) mm de long., a veces los centrales connados; estaminodios ausentes; anteras apiculadas, cordadas, cubiertas esparcidamente con pelos simples y furcados. Inflorescencia femenina terminal (antoblasto), estaquioide, 6.5 - 9.5 cm de long. Flores femeninas sésiles, cubiertas densamente de pelos estrellados; brácteas biglandulares, ovadas a triangulares, 3 x 3 - 4 mm, cara interna glabra, glándulas basales, globosas, 1.8 mm de long.; cáliz gamosépalo, 3 - 4 mm de long., cupuliforme; ovario trilobulado, 2.5 - 4 mm de long., carpelos (-2) 3, estilo 1.5 - 3 mm de long.; estigmas (-2) 3, bífidos, (3-) 5 - 7 mm de long., papilosos, persistentes. Fruto globoso de 1.2 - 1.5 x 1.2 - 1.3 cm, levemente con 3 aristas principalmente hacia el ápice, cubierto moderada a densamente de pelos estrellados, verde pálido. Semilla de 6.5 - 7 x 8 x 6 cm, castaña.

Se caracteriza por tener hojas generalmente elípticas, con un par de glándulas adaxiales basilaminares, abundantes venas terciarias, densamente papilosas por el envés, papilas de ápice trilobulado, los sépalos femeninos son connados y el ovario es tricarpelar.

Distribución y ecología

C. tristigmata es un árbol del dosel y de sitios poco intervenidos a muy intervenidos, crece sobre suelos de arena blanca en el noroeste de la región amazónica en Brasil, Colombia y Venezuela (Fig. 2). Florece y fructifica entre agosto y febrero.

Nombres comunes

Barasana, Ka-rá-ree-kö (Colombia), Carugano (Venezuela)

Material examinado: BRASIL, AMAZONAS: Cuenca del río Negro, carretera Camanaus-Uaupes, cerca a Camanaus, 1

nov 1971 (fr.), *G. Prance et al. 15985* (U). COLOMBIA, AMAZONAS: Araracuara, La Nevera, carretera de Puerto Arturo a la pista aérea, feb 1991, *J. Murillo & A. Matapí 236* (COL, COAH); carretera a Puerto Arturo, pista aérea, Transecto 113 *M. Sánchez et al. 1655* (COAH); Puerto Santander, trocha a Ciudad Perdida por Monochoa, 13 nov 1997, *J. Murillo et al. 728* (COL), 14 ago 1998, *Murillo et al. 1961, 1962, 1963* (COL); trocha a La Chorrera, 14 nov 1997, *J. Murillo et al. 755*, (COL). Villazul, camino al plano sedimentario, 16 nov 1997, *J. Murillo et al 859* (COAH, COL); CAQUETA: Araracuara, represa La Iguana, *J. Murillo 09* (COL, COAH). Guainía. Serranía de Naquén, Maimachi, 68°14'W 2°13'N, 17 jul 1992, *R. Córdoba et al. 107* (COL); Camino al cerro Minas, 68°13'W 2°12'N, 455 m alt, 9 abr 1993, *S. Madriñán & C. Barbosa 967* (COL). Vaupés. Río Piraparaná (tributario del río Apaporis), 70°30'W 0°15'S - 70°30'W 0°25'S, 10 sep 1952 (fr.), *R. Schultes & I. Cabrera 17391* (U). VENEZUELA, AMAZONAS: Yavita, 128 m alt, 30 ene 1942, *L. Williams 14083* (NY). A long Pimichin-Yavita road, near Pimichin, 130 - 140 m alt, 14 abr 1953 (fr.), *B. Maguire & J. Wurdack 35596* (NY). San Carlos de Río Negro, ca. 20 km S of confluence of río Negro and brazo Casiquiare, 4.3 km NE of San Carlos on Solano road, 67°03'W 1°56'N, 119 m alt, 21 sep 1978 (fr.). *H. Clark & P. Maquirino 6803* (MO).

Agradecimientos

Este estudio hace parte de mi tesis de maestría en Biología, línea Sistemática Vegetal de la Universidad Nacional de Colombia. La Fundación para la Promoción de la Investigación y la Tecnología del Banco de la República la patrocinó. El Instituto de Ciencias Naturales y el Herbario Nacional Colombiano de la Universidad Nacional de Colombia, la Fundación Tropenbos, CORPOICA regional Florencia y el Jardín Botánico de Medellín brindaron facilidades para realizar el trabajo. Los herbarios COAH, COL, MEX, HUA, JAUM, MEDEL y U permitieron la revisión del material en sus instalaciones y los herbarios AAU, CR, K, MO, NY, P, QCA, RB, U, UDBC y US enviaron colecciones en préstamo. A Clara Inés Orozco, directora de la tesis, colaboró ampliamente en el desarrollo del estudio. Germán López elaboró las ilustraciones de las especies nuevas. El Padre Pedro Ortiz tradujo las diagnósticas al latín y John Lynch corrigió el resumen en inglés.

Bibliografía

- Aublet, M. F. 1775. *Historie des plantes de la Guiane Française*. Tome second. Chez pierre-François DIDOT jeune. Libraire de la Faculté de Médecine. Paris.
- Baillon, H. 1860. *Genera Euphorbiacea tria nova*. *Adansonia* 1: 185

- Bentham, G. & J. Hooker.** 1880. *Genera Plantarum* 3: 239-340.
- Breteler, F.** 1994. *Novitates gabonenses* (17). *Conceveiba leptostachys*, a new Euphorbiaceae from Gabon and Cameroun. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 63: 209-213
- Croizat, L.** 1943. *Novelties in American Euphorbiaceae*. *J. Arnold Arb.* 24: 167.
- Greuter, W. (ed).** 1994. *International Code of Botanical Nomenclature (Tokyo Code)*. *Regnum Vegetabile* 131. Koeltz Scientific Books, Königstein.
- Guillespie, L.** 1993. *Checklist of Euphorbiaceae of Guyana*. *Brittonia* 45: 56-94
- Jablonski, E.** 1967. *Euphorbiaceae*. In: B. Maguire (ed.), *The Botany of the Guayana Highland-Part. VII*. *Mem. New York Bot. Gard.* 17: 80-190.
- Leandri, J.** 1962. *Notes sur les Euphorbiacées malgaches*. *Adansonia* 2: 216-220.
- Leal, C.** 1951. *Contribuição ao estudo da família Euphorbiaceae*. *Arq. Jard. Bot. Rio de Janeiro* 11: 63-69.
- Mennega, A.** 1994. *Description of the wood structure*. In Breteler, F. (ed.) *Novitates gabonenses* (17). *Conceveiba leptostachys*, a new Euphorbiaceae from Gabon and Cameroun. *Bull. Jard. Bot. Nat. Belg.* 63: 214-217
- Müller, J.** 1865. *Euphorbiaceae*. *Linnaea* 34: 1-224.
- _____. 1874. *Euphorbiaceae. Conceveiba*. In: C. F. P. von Martius. *Fl. Bras.* 11: 370-373.
- Murillo, J.** 1996. *El género Conceveiba (Euphorbiaceae) en Colombia*. *Caldasia* 18: 239-246.
- _____. 2000. *Revisión sistemática de la subtribu Conceveibinae (Euphorbiaceae)*. Tesis de maestría en Biología. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá.
- _____. & P. FRANCO. 1995. *Las Euforbiáceas de la Región de Araracuara*. *Estudios en la Amazonia Colombiana*. Vol IX. Editorial Presencia. Santafé de Bogotá.
- Pax, F. & K. Hoffman.** 1914. *Euphorbiaceae-Acalypheae-Mercurialinac*. In: H. G. A. Engler. *Pflanzenr.* 147. VII. (Heft 63): 213-219.
- Thomas, D.** 1990. *Conceveiba Aublet (Euphorbiaceae) new to Africa*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 77: 856-858.
- Webster, G.** 1975. *Conspectus of a new classification of the Euphorbiaceae*. *Taxon*. 24: 593-601.
- _____. 1994b. *Synopsis of the genera and suprageneric taxa of Euphorbiaceae*. *Ann. Missouri Bot. Gard.* 81: 33-144.

NUEVAS ESPECIES Y REGISTROS DE UREDINALES DE COLOMBIA

por

Víctor Manuel Pardo-Cardona*

Resumen

Pardo-Cardona, V. M.: Nuevas especies y registros de uredinales de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 371-381, 2000. ISSN 0370-3908.

Se incrementa la información acerca de la flora de uredinales de Colombia con nuevas especies, registros de especies conocidas pero nuevas para el país, nuevos hospedantes para especies ya descritas y hospedantes nuevos para especies ya registradas en Colombia.

Palabras clave: Uredinales, royas, Colombia.

Abstract

Colombian uredinological flora is increased with new species, records of species previously known but new for the country, and new hosts.

Key words: Uredinales, rust-fungi, Colombia.

Durante los años de 1998 y 1999 el autor ha continuado el trabajo de recolección, herborización, preservación y estudio de la flora de uredinales de Colombia. A continuación se presentan los resultados de tal trabajo.

Los especímenes estudiados y citados en el presente escrito están depositados en el herbario del Museo Micológico de la Universidad Nacional de Colombia en la ciudad de Medellín (MMUNM) bajo los números de colección mencionados en cada caso.

1. *Aecidium desmodii* P. Hennings, Hedwigia 35: 259. 1896.

Sobre *Desmodium tortuosum* (Sw) DC (Fabaceae), Colombia, Antioquia, Marinilla, vereda El Mercado, 2.200 m. alt., 5 Ago 1998, *M. Salazar* 70, MMUNM 1052.

D. tortuosum es un nuevo hospedante de *A. desmodii*. Esta especie había sido registrada previamente sobre *D. uncinatum* (J.) DC (**Buriticá & Pardo-Cardona** 1996); y sobre el mismo hospedante en Brasil (**Hennen et al.** 1982); también sobre *D. sericophyllum?* en Venezuela (**Dennis** 1970). Algunos uredinólogos como **Arthur** (1934) y **Hennen et al.** (1982) tratan a *A. desmodii* como uno de los anamorfos de *Uromyces hedysari-paniculati* (Schweinitz) Farlow, pero tal y como lo sostiene **Jackson** (1931) este

* Museo Micológico, Universidad Nacional de Colombia, apartado aéreo 3840, fax 2604489, e-mail: vmpardo@perseus.unalmed.edu.co, Medellín.



Figura 1. *Crossopsora mateleae*. Izquierda: teliosoro (1 cm = ; derecha: 160 μ m); derecha: aspecto parcial del teliosoro donde se aprecian los esporos (1 cm = 20 μ m). Fotografías a partir de MMUNM 1053.

estado jamás ha sido hallado junto con el teliomorfo u otro anamorfo, ni nunca se han efectuado cultivos que establezcan esta supuesta conexión. Por otra parte, la descripción original de la especie no presenta la de ningún anamorfo tipo *Aecidium*. Las razones anteriores nos llevan a considerarla como una especie aparte tal y como la tratan **Buriticá & Pardo-Cardona (1996)**.

2. *Crossopsora mateleae* Dale, Mycol. Papers C.M.I. 59: 4. 1955. Fig.1

Anamorfo: *Malupa mateleae* Buriticá, En: Buriticá & Pardo-Cardona, Rev. Acad. Colombiana Cienc. **20** (77):187.

Sobre: *Matelea hirsuta* (Vahl.) Woods (Asclepiadaceae), Colombia, Antioquia, Santa Fe de Antioquia, vereda El Espinal, centro Cotové Univ. Nacional, 550 m.

alt., 28 Jul 1997, *Pardo-Cardona 395*, MMUNM 1053, (anamorfo y teliomorfo).

M. hirsuta es nuevo hospedante de *C. mateleae*. En Colombia estaba registrada previamente sobre una especie indeterminada de *Matelea*. (**Buriticá & Pardo-Cardona 1996**).

3. *Endophyllum decoloratum* (Schweinitz) Whetzel & Olive, en: Olive & Whetzel, Am. Jour. Bot. 4:49. 1917.

= *Aecidium pumilio* Kunze, En: Weigelt, Exsicc. s.n.1827.

= *Aecidium decoloratum* Schweinitz, En: Berkeley & Curtis, J. Phila. Acad. Nat. Sci. II 2: 283. 1853

= *Aecidium wedeliae* Earle, Muhlenbergia 1:16. 1901.

= *Aecidium clibadii* Sydow, Ann. Myc. 1:333. 1903.

= *Endophyllum wedeliae* Earle Whetzel & Olive, En: Olive & Whetzel, Amer. J. Bot. 4: 49. 1917.

= *Endophyllum pumilio* (Kunze) H. & P. Sydow, Ann. Mycol. 28: 179. 1920.

Sobre: *Sphagneticola trilobata* (L.) Pruski (Asteraceae), Colombia, Sucre, en la carretera vieja entre los municipios de Tolú y Coveñas, a la orilla de la playa, 0 mts alt., 6 Ene 2000, V.M. Pardo-Cardona 411, MMUNM 1.166.

Según la colección anterior *Sphagneticola trilobata* es nuevo hospedante de *E. decoloratum* en Colombia ya que su actual registro en los diferentes índices y listas de los uredinales de Colombia se debe a un error originado en una lectura incompleta del texto de Mayor (1913). En efecto, durante su viaje hacia Colombia para realizar la conocida expedición micológica de Fuhrmann & Mayor, hicieron escala en Haití donde Mayor recolectó este uredinal sobre el mencionado hospedante (Mayor 135). En su índice comentado de los uredinales de Colombia, Kern *et. al.* (1933) mencionaron esta colección como de origen colombiano, error repetido por Dennis (1970) y por Buriticá & Pardo-Cardona (1996). El registro de la presente nota amplía la distribución geográfica de esta relación parasítica, además citada en Venezuela y Trinidad Tobago (Dennis 1970).

4. Phakopsora meibomiae (Arthur) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44:509. 1917.

= *Phakopsora crotalariae* Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44:509. 1917.

= *Phakopsora meibomiae* (Arthur) Trotter, en: Saccardo, Syll. Fung. 23:843. 1925.

= *Phakopsora diehlii* Cummins, Mycologia 66:892. 1974.

Anamorfo: *Malupa vignae* (Bresadola) Ono, Buriticá & Hennen, Mycol. Res. 96(10):831. 1992.

= *Uredo vignae* Bresadola, Rev. Myc. 13:66. 1891.

= *Aecidium crotalariicola* P. Hennings, Hedwigia Beibl. 38:70. 1899.

= *Uredo aeschynomenes* Arthur, Bot. Gaz. 39:392. 1905.

= *Physopella aeschynomenes* (Arthur) Arthur, N. Amer. Fl. 7:104. 1907.

= *Uredo teramni* Mayor, Mem. Soc. Neuchat. Sci. Nat. 5:587. 1913.

= *Uredo concors* Arthur, Mycologia 7:330. 1915.

= *Phakopsora aeschynomenes* (Arthur) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44:509. 1917.

= *Physopella concors* (Arthur) Arthur, Mycologia 9:60. 1917.

= *Phakopsora vignae* (Bresadola) Arthur, Bull. Torrey Bot. Club 44:509. 1917.

= *Physopella meibomiae* Arthur, Mycologia 9:59. 1917.

= *Phakopsora psoraleae* Jackson & Holway in Jackson, Mycologia 23:346. 1931.

= *Phakopsora vignae* Arthur ex Cummins, Bull. Torrey Bot. Club 70:73. 1943.

Sobre *Otholobium mexicanum* (L.f.) Grines (= *Psoralea mutissi* Kunth.) (Fabaceae), Colombia, Antioquia, municipio de Belmira, márgenes del río Chico, 2.100 m. alt., 11 Nov 1996, E. Niño 25, MMUNM 799; municipio de Bello, corregimiento San Félix, camino al estadero cuatro vientos, 2.200 m. alt., 14 Ene 2000, J.D. Palacio, MMUNM 1170.

Aunque no hemos examinado el tipo de *P. psoraleae* Jackson & Holway, su descripción coincide con MMUNM 799 y 1170.

O. mexicanum es nuevo hospedante para *P. meibomiae* y la relación parasítica es nueva para Colombia.

5. Puccinia caeomatiformis Lagerheim; Sydow, Monog. Ured. 1:24. 1902.

Sobre *Baccharis trinervis* (Lam.) Pers., Asteraceae, Antioquia, El Santuario, vereda Bodegas, 2.200 m. alt., 18 Abr 1999, S.P. Benítez, MMUNM 1139; La Estrella, vereda Quebradagrande, sector La Cascada, 1.850 m. alt., 14 Mar 1999, C. Ramírez & J.D. Palacio, MMUNM 1131.

B. trinervis es nuevo hospedante para Colombia de *P. caeomatiformis*, especie previamente registrada sobre *B. floribunda* H.B.K., *B. latifolia* (R.&P.) Pers., *B. polyantha* H.B.K. y *B. pululahuensis* Hieron. (Buriticá & Pardo-Cardona 1996).

6. Puccinia buriticae Pardo-Cardona, sp. nov.

Spermogonia, aecia et uredinia non observata. Telia hypophylla in areis flavescentibus, aggregata, copiosa, atro-cinnamomea vel atro-brunnea, minuta, pulverulenta,

orbiculata; teliosporis praecipue ellipsoideis, globosis, oblongis, raro triangularis, frequenter diorchidioideis, cum puccinioideis 22 - 35 x 15 - 23 μm , cum diorchidioideis 22.5 - 27.5 x 30 - 33 μm , mesosporis numerosis, ellipsoideis vel oblongis, 25 - 33 x 20 - 37 μm , 2 poris germinationis, unus duae in cellula basis, unus ad laterem proximus circa hilum, episporio laevi, brunnei-flavescenti, 1 - 5 μm crasso; pedicello persistenti, hyalino, gracilis, flexibilis, positio basis vel positio septum.

Espermogonios y soros anamórficos no observados. Teliosoros hipófilos, eruptivos, en grupos numerosos, café canela oscuros, diminutos, polvosos, organizados en forma orbicular, sobre manchas decoloradas epifilas; esporos de forma variable, principalmente elipsoides, globosos, oblongos, raramente triangulares, frecuentemente diorchidioides, cuando puccinioides 22 - 35 x 15 - 23 μm , cuando diorchidioides, 22.5 - 27.5 x 30 - 33 μm , abundantes mesosporos elipsoides a oblongos, 25 - 33 x 20 - 37 μm ; poros germinativos, uno apical terminal, dos en la célula basal, uno lateral y otro cerca al hilum, los basales con diminutos umbos; pared lisa, café amarillenta, de grosor uniforme de 1 - 5 μm ; pedicelo persistente, estrecho, flexible, en posición basal, lateral o en el septo.

Tipo: Sobre: *Capsicum dimorphum* (Miers) O. Ktze, Solanaceae, Antioquia, Medellín, corregimiento de San Antonio de Prado, vereda El Silencio, 2.580 m. alt., Ago 1997, L.F. Restrepo, depositado en MMUNM bajo el no. 955.

Etimología: Especie dedicada al destacado uredinólogo y fitopatólogo colombiano Pablo Buriticá.

P. buriticae presenta algunas semejanzas morfológicas con el teliomorfo Puccinoide de *Puccinia pampeana*

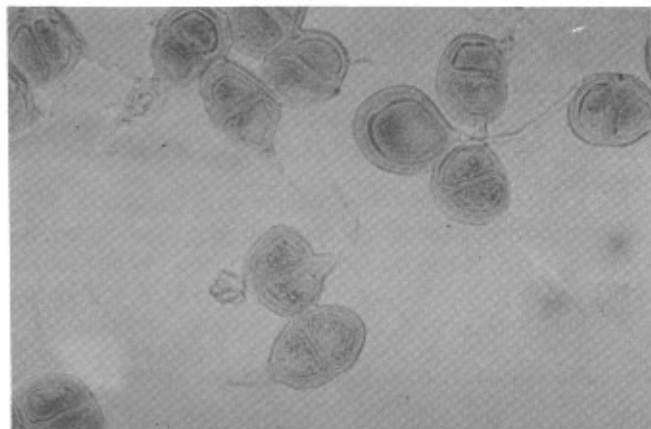


Figura 2. *Puccinia buriticae*. Teliosporos (1 cm = 20 μm). Fotografía a partir del tipo.

Spegazzini (endo-forma: *Endophyllum pampeanum* (Spegazzini) Lindquist), un uredinal ampliamente conocido y estudiado en Brasil y Argentina sobre especies cultivadas de *Capsicum* como *C. annuum* L., *C. baccatum*, *C. frutescens* L., y otras no cultivadas como *C. microcarpon* DC y *C. pendulum* Willdenow (Hennen *et al.* 1982). En Colombia *P. pampeana* está registrada sobre *C. baccatum* y sobre otras especies indeterminadas del género (Buriticá & Pardo-Cardona 1996). Debido a que el estado telial predominante en las colecciones colombianas es el endomorfo, se solicitó y recibió material del telio puccinoide de *P. pampeana* proveniente del Brasil (atención del Dr. M.B. Figueiredo del Instituto Biológico de São Paulo) con el cual se efectuaron las confrontaciones.

Luego de la comparación con el material brasileño se observó que existen varias diferencias que pueden resumirse así:

Carácter	<i>P. pampeana</i>	<i>P. buriticae</i>
Hábito del teliosoro puccinoide	Pulvinado	pulverulento
Presencia de telio endofiloide	X	O
Presencia de Espermogonios	X	O
Presencia de mesosporos	X	X
Ocasionales Teliosporos dictiosporos	O	X
Presencia de teliosporos diorchidioides	O	X
Tamaño teliosporos puccinoides (mm)	29-38 x 21 - 29	22 - 35 x 15 - 23
Color de la pared del teliosporopuccinoide	café	café - amarillento
Poros germinativos de los teliosporos puccinoides	Un poro apical, obscuro(s) en la célula basal.	Uno a dos en la célula aical, uno a dos en la basal, uno de ellos cerca del hilo.
Desarrollo del septo del teliosporo puccinoide.	Septo que se forma en la madurez.	Septo formado en los estados iniciales del esporo.

7. *Puccinia chardoniensis* Pardo-Cardona sp. nov.

Spermogonia et aecidia ignota. Uredinia non observata; uredosporis parpaucis, in telia esse, 23 - 28 x

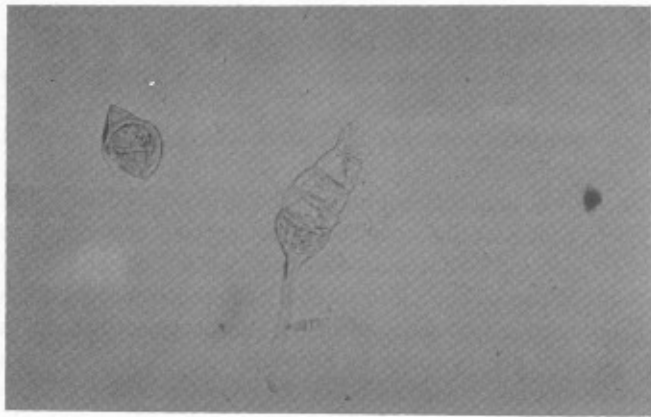


Figura 3. *Puccinia chardonensis*. Uredosporo y teliosporo. (1 cm = 20 μ m). Fotografía a partir del tipo.

16 - 23 μ m, elipsoideis vel globosis; episporio constanter 1 - 1,5 μ m crasso, hyalino, subtiliter spinoso. Telia praecipue hypophylla, parva, sparsa, subtiliter pulvinata, brunnea; teliosporis 33 - 62,5 x 15 - 22 μ m, variabilis, elongatis, apice rotundatis, raro diorchidioidis, paucis bi vel triseptatis, medio valde constrictis, fragmentatio frequens; mesosporis paucis; episporio laevi, hyalino vel brunneo-hyalino, ca. 1 - 5 μ m apice crasso; pedicello hyalino, persistenti, usque 120 μ m longo.

Espermogonios y aeciosoros no observados. Uredosoros no formados; uredosporos en los teliosoros, escasos en número, 23 - 28 x 16 - 23 μ m, de elipsoides a globosos; pared 1 - 1,5 μ m, incolora, finamente espinosa. Teliosoros predominantemente hipófilos, pequeños, dispersos, ligeramente pulvinados, café; teliosporos 33 - 62,5 x 15 - 22 μ m, irregulares, elongados, con el ápice redondeado, raramente diorchidioides, ocasionalmente con dos o tres septos, muy constrictos en el septo originando frecuente fragmentación; ocasionales mesosporos; pared lisa, de incolora a café pálido, de 1 - 5 μ m de grosor en el ápice; pedicelo persistente, hasta 120 μ m de largo.

Tipo: Sobre *Baccharis trinervis* (Lam.) Pers, Asteraceae, Colombia, Antioquia, municipio de La Estrella, vereda Quebradagrande, sector La Cascada, 1.850 m. alt., 14 Mar 1999, C. Ramírez & J.D. Palacio, depositado en MMUNM bajo el no. 1132.

Etimología: Esta especie está dedicada al ilustre fitopatólogo y micólogo puertorriqueño Carlos Chardon, pionero de ambas disciplinas en Colombia.

Los uredinales que crecen sobre *Baccharis* constituyen un grupo complejo, con un número de especies que

para Sudamérica y el neotrópico sobrepasan las 55, todas ellas de *Puccinia* Persoon (Jackson 1932, Lindquist 1982, Berndt 1998). El último autor describe cinco nuevas especies, lo cual demuestra que el complejo *Puccinia/Baccharis* es muy grande. Un estudio detenido de las claves de Jackson (1932) y Lindquist (1982) así como de las descripciones de las nuevas especies de Berndt, muestra que la colección MMUNM 1132 es diferente. Se efectuaron descartes con base en la ornamentación de la pared, la longitud, el ancho y el grosor de la pared de la célula apical del teliosporo, así como la presencia, ausencia y morfología de otros estados esporicos. La especie con la cual se presentaron mas afinidades morfológicas es *P. perspicabilis* Jackson & Holway, que se diferencia esencialmente por ser microcíclica, en tanto *P. chardonensis* forma esporos anamórficos tipo *Uredo* asociados con los teliosoros.

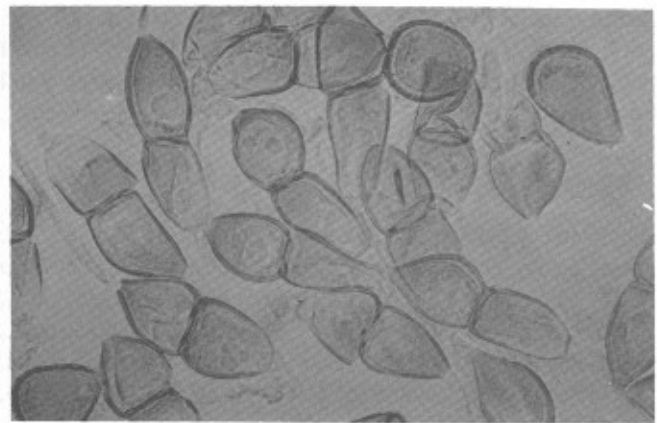


Figura 4. *Puccinia garcesispora*. Teliosporos y uredosporos. (1 cm = 20 μ m). Fotografía a partir del tipo.

8. *Puccinia garcesispora* Pardo-Cardona sp. nov.

Anamorfo: *Uredo bibasiporus* Pardo-Cardona sp. anamorph. nov.

Soris uredosporiferis amphigeniis, brunneo cinnamomeis, epidermide lacerata cinctis, punctiformibus, minutis, sparsis; sporis 25 - 37,5 x 17 - 23 μ m, elipsoideis, ovatis, elongatis, globosis, parieti echinulatis apice praecipue, brunneis, poris germinationis duo, basi conspicuus, hilum circa; pedicello hyalino, rarius persistenti, rupto circa basi. Soris teleutosporiferis hypophyllis, brunneo cinnamomeis, minutis, cupulatis, cinereo germinationis; sporis 60 - 75 x 17 - 25 μ m, oblongis, celluli basi plus strictis, parieti levibus, 1 - 2 μ m crassa aequalis, pedicello hyalino, persistenti.

Uredosoros anfigenos, castaño-acanelado, diminutos, puntiformes, dispersos, eruptivos; esporos 25 - 37,5 x 17 - 23 μm , elipsoides, ovoides, elongados, raramente globosos; pared equinulada mas prominente hacia el ápice, café; poros germinativos 2, conspicuos, basales, cerca al hilo; pedicelo hialino, raramente persistente, fragmentación cerca de la base. Teliosoros hipófilos, castaño-acanelado, diminutos, cupulados, cinéreos al germinar; esporos de 60 - 75 x 17 - 25 μm , oblongos, célula inferior ligeramente más estrecha; pared lisa, café pálido, grosor uniforme de 1 - 2 μm , sin engrosamiento apical; pedicelo hialino, persistente.

Holotipo: Sobre *Verbesina arborea* H.B.K., Asteraceae, Colombia, Antioquia, Amalfi, vereda Montebello, 1.040 m. alt., 12 Oct 1993, Pardo-Cardona 280, depositado en MMUNM bajo el no. 527. Tipo del anamorfo tipo *Uredo* y del teliomorfo.

Paratipo: Sobre *Verbesina nudipes* Blake, Colombia, Antioquia, El Peñol, vereda Guamito, 2.100 m. alt., 18 Mar 1998, M. Salazar 62, depositado en MMUNM bajo el no. 1026 (II, III). Paratipo del anamorfo tipo *Uredo* y del teliomorfo.

Otras colecciones:

Sobre *V. arborea*, Colombia, Antioquia, San Rafael, falda de Trojes, 1.180 m. alt., 8 Jun 1993, Pardo-Cardona 252, MMUNM 496 (II); sobre *V. nudipes*, Colombia, Antioquia, Marinilla, vereda El Mercado, 2.100 m. alt., M. Salazar 60, MMUNM 1023 (II); Colombia, Antioquia, El Peñol, vereda Guamito, 2.100 m. alt., M. Salazar 64, MMUNM 1039 (II, III).

Etimología: El epíteto específico del teliomorfo está dedicado al ilustre micólogo y fitopatólogo colombiano Carlos Garcés Orejuela; el del anamorfo hace referencia a la ubicación basal de los poros germinativos.

P. garcesispora difiere de todas las especies americanas de uredinales recolectadas sobre especies de *Verbesina* L. tanto en la morfología del teliomorfo como en la del anamorfo. El carácter que separa sin duda a *P. garcesispora* de las otras especies que crecen sobre *Verbesina* es la ubicación basal de los poros germinativos en los esporos anamórficos tipo *Uredo* Persoon, en contraste con la ubicación ecuatorial de los poros en las demás especies, incluyendo especies anamórficas como *Uredo verbesinicola* Jackson & Holway. La única especie anamórfica con la cual *Uredo bibasiporus* puede ser confundida es *Uredo irrequisita* Jackson & Holway; sin embargo, en esta especie los esporos tienen poros

germinativos subecuatoriales y son ligeramente menores. La ubicación basal de los poros parece ser un carácter exclusivo de *U. bibasiporus* en relación con los demás uredinales que crecen sobre *Verbesina* en América. Existen otras diferencias morfológicas en los esporos teliomórficos y en los ciclos de vida. La revisión detallada de los uredinales americanos rerecolectados sobre *Verbesina* permite establecer que existen especies con ciclos de vida altamente evolucionados y reducidos así como especies con ciclo total o parcialmente reducido o totalmente expandido, de acuerdo con la terminología empleada por Hennen & Buriticá (1980). Los estados hallados sobre *P. garcesispora* son un anamorfo tipo *Uredo* y el teliomorfo; no se descarta que pueda ser una especie heteróica. Las especies con ciclo completamente reducido y parcialmente reducido pueden separarse de acuerdo con la siguiente clave:

Clave de especies americanas de uredinales con ciclos altamente evolucionados completa y parcialmente reducidos recolectadas sobre *Verbesina* L.

- A1. Especies con ciclo altamente evolucionado completamente reducido, B1, B2.
 - B1. Teliosporos elipsoides, ligeramente verrucosos, hasta de 50 μm
.....*Puccinia ferox* Dietel & Holway.
 - B2. Teliosporos alargado-elipsoides, lisos, hasta de 64 μm
.....*Puccinia melampodii* Dietel & Holway.
- A2. Especies con ciclo de vida parcialmente reducido, anamorfo tipo *Uredo* Persoon C1, C2.
 - C1. Teliosporos oscuros, casi negros, frecuentemente bilaminados
.....*Puccinia affinis* P. & H. Sydow.
 - C2. Teliosporos de color castaño o café claro, D1, D2.
 - D1.- Teliosporos irregulares, esporos anamórficos con dos poros germinativos ecuatoriales ..
.....*Puccinia irregularis* Dietel
 - D2.- Teliosporos oblongos con la célula basal predominantemente más estrecha, esporos anamórficos con dos poros germinativos basales
.....*Puccinia garcesispora* Pardo-Cardona.

En cuanto a las especies con ciclo completamente expandido se diferencia de *P. invelata* H.S. Jackson por-

que ésta tiene una morfología diferente y un menor tamaño de los teliosporos (hasta 53 mm); de *P. cognata* H. & P. Sydow en que tiene teliosporos mas pequeños con ápice engrosado, de *P. vaga* H.S. Jackson por presentar teliosporos más pequeños (hasta 52 mm) y elipsoides, de *P. ximenesiae* Long por tener teliosporos más pequeños (hasta 52 mm) y umbonados; de *P. verbesinae* Schweinitz por poseer teliosporos mas pequeños (hasta 40 mm) y papilados; de *P. verbesina-dentatae* (Sydow) Jackson & Holway por tener teliosporos cilíndricos, mucho mas largos (hasta 120 mm) con marcada constricción en el septo (León-Gallegos & Cummins 1981, Arthur 1934, Sydow & Sydow 1904).

9. *Puccinia pampeana* Spegazzini, Anal. Soc. Cient. Argentina 10:290. 1880.

Endo-forma: ***Endophyllum pampeanum*** (Spegazzini) Lindquist, Bol. Soc. Argentina Bot. 10:114. 1963.

= *Aecidium pampeanum* Spegazzini, Anal. Soc. Cient. Argentina 10:11. 1880.

= *Puccinia araucana* Dietel & Neger, Bot. Jahrb. 24:159. 1897.

= *Puccinia capsici* Mayor, Mem. Soc. Neuch. Sci. Nat. 5:501. 1913.

= *Puccinia gonzalezii* Mayor, Mem. Soc. Neuch. Sci. Nat. 5:502. 1913.

= *Puccinia capsici* Averna, Moléstias Cryptogamicas das plantas Hortícolas, Sao Paulo, p. 61, 1917, no el de Mayor 1913.

= *Puccinia paulensis* Rangel, Arch. Jardin Bot. Rio de Janeiro 2:70. 1918.

= *Aecidium capsici* Kern & Whetzel, En: Chardon & Toro Jour. Dept. Agr. Puerto Rico 14:341. 1930.

= *Puccinia capsicola* Kern & Thurston, Mycologia 32:625. 1940. *nomen nudum*.

Sobre: *Capsicum annum* L. (Solanaceae), Antioquia, Giraldo, finca de Hernando Durango, 1.925 m. alt., Mar 1998, L.C. Gómez, MMUNM 1020.

C. annum es nuevo hospedante para *P. pampeana* en Colombia. Aunque como se anotó en la discusión acerca de *P. buriticae*, en el país es prevalente la presencia del estado telial endofiloide, existen al menos dos colecciones que contienen telios puccinioides; la primera es el tipo de *Puccinia capsicola* Kern & Thurston (R.A. Toro, sobre *C. baccatum*, Fredonia (Antioquia), 10 Jun 1927), y

la otra es la efectuada en Guateque (Boyacá) el 25 de Octubre de 1940 (R. Obregón). La primera colección debe estar depositada en Cornell University, Estados Unidos de América, donde fueron enviadas las colecciones de Chardon & Toro para estudio por parte de F.D. Kern; la segunda está depositada en el herbario de Buriticá.

10. *Puccinia purpurea* Cooke, Grevillea 5:15. 1876.

= *Puccinia sanguinea* Dietel ex Atkinson, Bull. Cornell Univ. 3: 19. 1897.

= *Puccinia prunicolor* H., P. Sydow & Butler. Ann. Mycol. 4: 4355. 1906.

= *Puccinia sorghi-halepensis* Spegazzini, Anal. Mus. Nac. Buenos Aires 31: 386. 1922.

Anamorfo: *Uredo sorghi* Passerini, Comm. Soc. Critt. Ital. 2: 449. 1867.

= *Uredo sorghi* Fuckel, Bot. Zeit. 29: 27. 1871.

= *Uredo sorghi-halepensis* Patouillard, Bull. Soc. Myc. Francia 19: 253. 1903.

Sobre: *Cymbogon citratus* (DC) Stapf (Poaceae), Antioquia, Rionegro, Centro San Pablo, Universidad Nacional de Colombia, sede Medellín, 2.100 m. alt., H. Chavarría, MMUNM 1.142 (II, III)

P. purpurea presenta una distribución circumglobal en las regiones cálidas del mundo sobre diferentes especies de *Sorghum* Persoon pero su distribución sobre *C. citratus* es desconocida (Cummins 1971). En Sudamérica ha sido registrada sobre *Sorghum* Persoon en Brasil, Colombia, Trinidad y Venezuela (Hennen *et al.* 1982, Buriticá & Pardo-Cardona 1996, Dennis 1970).

C. citratus es nuevo hospedante para *P. purpurea* en Colombia y en Sudamérica. *P. purpurea* anteriormente ha sido registrada en el país sobre *Holcus sorghum* L., *Sorghum halepense* Persoon y *S. vulgare* Persoon (Buriticá & Pardo-Cardona 1996).

Un hecho destacado es la presencia del teliomorfo el cual no había sido observado sobre ninguna colección colombiana y, presumiblemente, tampoco en el neotrópico.

11. *Puccinia puttemansii* P. Hennings, Hedwigia 41: 105. 1902.

Sobre *Panicum sciurotis* Trin. (Poaceae), Antioquia, La Estrella, vereda Quebradagrande, sector La Cascada, 1.850 m. alt., 14 Mar 1999, C. Ramírez & J.D. Palacio, MMUNM 1141 (II, III).

Panicum sellowii Nees., Antioquia, El Peñol, vereda Guamito, 2.100 m. alt., 13 Abr 1998, *M. Salazar* 64, MMUNM 1040 (II).

P. puttemansii y *P. huberi* P. Hennings son dos especies de uredinales que parasitan diferentes especies de *Panicum* y que presentan una gran similitud morfológica en el estado anamórfico, pero el hallazgo del teliomorfo en el espécimen recolectado sobre *P. sciurotis* permitió su determinación sin ninguna duda.

P. puttemansii es nuevo registro para Colombia. Ambas especies ya estaban registradas en Brasil y Trinidad-Tobago (Cummins 1971). Este registro aumenta la información acerca de la distribución continental de la especie.

12. *Puccinia ruderaria* Jackson & Holway, en: Jackson Mycologia 24: 153. 1932. Fig. 5

Sobre *Baccharis jelksii* Hieron., Asteraceae, Antioquia, Caldas, corregimiento de La Salada, 1.800 m. alt., 3 Nov 1999, *J.D. Palacio*, MMUNM 1164.

P. ruderaria se registra por primera vez en Colombia y en las zonas norte y andina de Sudamérica. *B. jelksii* es un nuevo hospedante de esta especie. Anteriormente ha sido registrado en Brasil (Jackson 1932, Hennen *et al.* 1982), Argentina (Lindquist 1982). Aunque el tipo fue descrito con ecidiosoros, no se encontró este estado en la colección colombiana; situación similar a la señalada por Lindquist (*op. cit.*) para las colecciones argentinas. Aunque el tipo no fue examinado, la colección MMUNM 1164 coincide con la descripción original.

13. *Puccinia schedonnardi* Kellerman & Swingle, Jour. Mycol. 4:95.1888

Sobre: *Sporobolus indicus* (L.) Br., Poaceae, Antioquia, El Peñol, vereda Guamito, 1.900 m. alt., 28 May 1998, *M.*

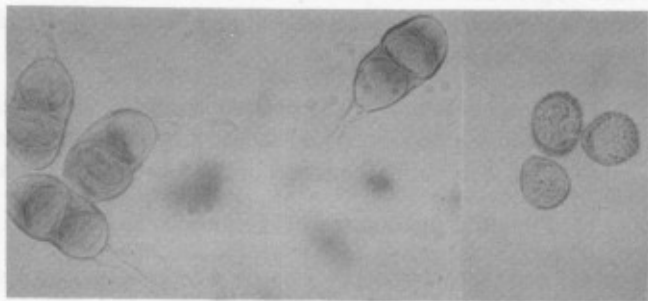


Figura 5. *Puccinia ruderaria*. Teliosporos y uredosporos. (1 cm = 20 μ m). Fotografías a partir de MMUNM 1164.

Salazar 65, MMUNM 1043; municipio de Marinilla, vereda El Mercado, 2.200 m. alt., 16 Jul 1998, *M. Salazar* 68, MMUNM 1046.

P. schedonnardi es un nuevo registro para Colombia. Es la segunda especie de uredinales que crece sobre *Sporobolus indicus* (L.) Br. junto con *Physopella sporoboli* Pardo-Cardona (Pardo-Cardona 1999).

14. *Puccinia subcoronata* P. Hennings, Hedwigia 34:94. 1895.

Sobre: *Cyperus hermaphroditus* (Jacq.) Standl. (Cyperaceae), Colombia, Antioquia, Rionegro, C.I.A. La Selva, CORPOICA, 2.200 m. alt., 16 Feb 2000, *Pardo-Cardona* 415, MMUNM 1174 (II, III).

C. hermaphroditus es nuevo hospedante para *P. subcoronata* la cual se hallaba previamente registrada para

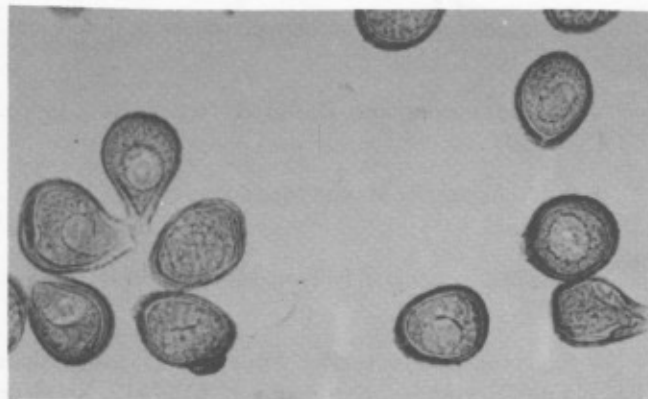


Figura 6. *Uredo medellinensis*. Uredosporos. (1 cm = 20 μ m). Fotografía a partir del tipo.

Colombia y Brasil sobre *C. diffusus* Vahl. y en Brasil sobre *C. malaccensis* Lamarck (Hennen *et al.* 1982, Burticá & Pardo-Cardona 1996, Jackson 1926).

15. *Uredo medellinensis* Pardo-Cardona, *sp. anamorph. nov.*

Uredinia epiphylla, sparsa, obscure brunnea, epidermide fissa cincta; sporis 28 - 45 x 22 - 30 μ m, elipsoideis, piriformeis, episporio constanter 2 - 3 μ m crasso, dilute brunneo-cinnamomeis, breviter echinulato, poris germinationis 2 aequatorialibus.

Soros epífilos, dispersos, eruptivos, cafés oscuros; esporos 28 - 45 x 22 - 30 μ m, - elipsoidales, piriformes, raramente triangulares o poligonales, con dos poros germinativos ecuatoriales, pedicelados, pared de grosor

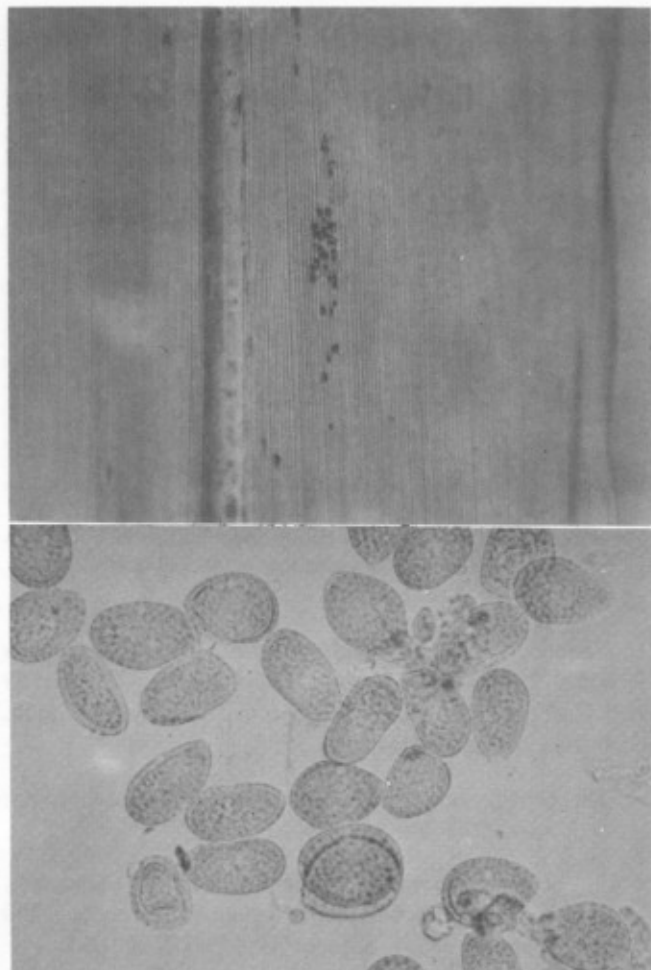


Figura 7. *Uredo neurolepidis*. Arriba: hábito de los soros foliares en *Neurolepis aperta*; abajo: uredosporos (1 cm = 20 μ m). Fotografías a partir del tipo.

uniforme de 2 - 3 μ m, café canela claro, ligeramente equinulada.

Tipo: Sobre: *Aspilia tenella* (H.B.K) Blake (Asteraceae), COLOMBIA, Antioquia, Medellín, vereda El Manzanillo, 1.670 m. alt., Ago 1997, L.F. Restrepo, depositado en MMUNM bajo el no. 956.

Etimología: Hace referencia a Medellín, ciudad donde se colectó el espécimen.

16. *Uredo neurolepidis* Pardo-Cardona, sp. anamorph. nov.

Uredinia amphigena, cinnamomea, pulverulenta, epidermide fissa cinctis, 0,5 - 1,0 mm, aggregata aut sparsa; urediniosporis 25 - 35 x 17,5 - 25 μ m, ovatis,

elipsoideis, raro triangularis, poris germinationis 2 - 4 aequatorilibus aut subaequatorialibus; episporio 1,5 - 3,5 μ m, dilute brunneis, echinulato.

Soros anfígenos, café canela, eruptivos, pulverulentos, de 0,5 - 1,0 mm, agregados o dispersos; esporos 25 - 35 x 17,5 - 25 μ m, ovoides, elipsoides, raramente triangulares, poros germinativos 2 - 4 ecuatoriales o subecuatoriales; pared 1,5 - 3,5 μ m, café pálido, equinulada.

Tipo: Sobre: *Eleutheranthera tenella* (H.B.K) H. Robinson (Asteraceae), Colombia, Antioquia, Medellín, vereda El Manzanillo, 1.670 m. alt., Ago 1997, L.F. Restrepo, depositado en MMUNM bajo el no. 956.

Etimología: Alude a Medellín, ciudad donde se recolectó el espécimen.

En el material se hallaron algunos teliosporos pertenecientes a *Uromyces* (Link) Unger, pero su presencia fue tan escasa que no permitió su descripción. Con la seguridad de que el teliomorfo de la especie está en este género, el anamorfo hallado fue comparado con las descripciones del correspondiente a *Uromyces aspiliae* Jackson & Holway, apareciendo diferencias que justifican el tratamiento de la colección MMUNM 0956 como especie anamórfica nueva. La comparación se sintetiza en el siguiente cuadro:

Caracter	Uredosporo de <i>U. aspiliae</i>	Esporo de <i>U. medellinensis</i>
Tamaño	24-27 x 21 - 24 μ m	32 -45 x 22 - 30 μ m
Forma	ovales, elipsoides, escasas, triangulares	elipsoides, piriformes, raramente triangulares o poligonales
poros germinativos	2	2
color pared	café canela claro	café canela claro

El tamaño y la morfología de los esporos son los caracteres por los cuales se propone a *U. medellinensis* como especie nueva.

16. *Uredo neurolepidis* Pardo-Cardona, sp. anamorph. nov. Fig. 7

Soris amphigenis, cinnamomeis, epidermide fissa cinctis, pulverulentis, 0,5 - 1,0 mm, aggregatis aut sparsis;

sporis 25 - 35 x 17,5 - 25 mm, ovatis, elipsoideis, raro triangularis, poris germinationis 2 - 4 aequatorilibus aut subaequatorialibus; episporio 1,5 - 3,5 mm, dilute brunneis, echinulatis.

Soros anffgenos, castaño acanelado, eruptivos, pulverulentos, de 0,5 - 1,0 mm, agregados o dispersos; esporos 25 - 35 x 17,5 - 25 mm, ovoides, elipsoides, raramente triangulares, poros germinativos 2 - 4 ecuatoriales o subecuatoriales; pared 1,5 - 3,5 mm, café pálido, equinulada.

Tipo: Sobre: *Neurolepis aperta* (Munro) Pilger (Poaceae), Colombia, Antioquia, La Estrella, alto de Romeral, 2.780 m. alt., Ago 1997, L.F. Restrepo, depositado en MMUNM bajo el no. 952.

Etimología: Hace referencia al género del hospedante.

Es el primer registro de un uredinal sobre este hospedante, nativo de los Andes, donde crece en altitudes comprendidas entre los 2.500 y los 3.500 metros. *N. aperta* alcanza alturas superiores a los cinco metros y sus hojas son de gran tamaño. En especies de *Neurolepis* Meissn se han descrito doce especies, seis de las cuales son endémicas. (Jorgensen & León-Yáñez 1999). *U. neurolepidis* es un uredinal completamente diferente a las demás especies descritas sobre Poaceae y no existe otra especie afín con la cual pueda compararse. La naturaleza holobiótrofa de los uredinales, la alta especificidad de su relación con los hospedantes y el hecho de ser la primera especie recolectada sobre *N. aperta* hacen de *U. neurolepidis*, sin duda, una especie nueva.

17. *Uromyces commelinae* Cooke, Trans. Roy. Soc. Edinburg 31:342. 1888.

Anamorfo: *Aecidium mexicanum* Dietel & Holway, En: Holway, Bot. Gaz. 24:36. 1897.

Uredo commelinae Spegazzini, Anal. Soc. Cient. Argentina 9:172. 1880.

= *Uredo spegazzini* De Toni in Saccardo, Syll. Fung. 7:845. 1888.

= *Uredo ochraceae* Dietel, Hedwigia 36:35. 1897.

Sobre *Caelisia gracilis* (H.B.K.) D. Hunt. (Commelinaceae), Antioquia, Medellín, corregimiento San Antonio de Prado, Urbanización Bosques de Prado, 1.650 m. alt., 18 Abr 1999, A. Estrada, MMUNM 1134.

C. gracilis es un nuevo hospedante de *U. commelinae* en Colombia. Previamente había sido registrado sobre

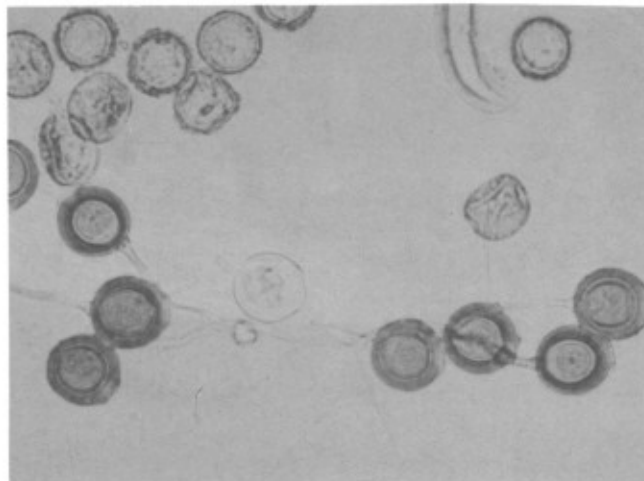


Figura 8. *Uromyces tenuistipes*. Uredosporos y teliosporos. (1 cm = 20 µm). Fotografía a partir de MMUNM 1051.

Caelisia repens L., *Commelina diffusa* Burm., *C. elegans* H.B.K., *Tradescantia cumanensis* Kunth, *T. gracilis* H.B.K., *T. multiflora* L. y *Tripogandra cumanensis* Kunth. (Buriticá & Pardo-Cardona 1996).

18. *Uromyces tenuistipes* Dietel & Holway, en: Holway, Bot. Gaz. 24: 25. 1897. Fig. 8

Sobre *Desmodium adscendens* (Sw) DC (Fabaceae), Colombia, Antioquia, Marinilla, vereda El Mercado, 2.200 m. alt., 5 Ago 1998, M. Salazar 69, MMUNM 1051.

U. tenuistipes se registra por primera vez para Colombia y *D. adscendens* es un nuevo hospedante. Es el tercer registro de esta especie en el continente, ya que el tipo fue descrito en México y Jackson (1931) la registró posteriormente en Ecuador sobre *D. uncinatum* Jacq. y sobre *Desmodium* sp. No existen registros de ella por Dennis (1970) para Venezuela y Trinidad Tobago, ni en Brasil (Hennen et al. 1982).

19. *Uromyces trifolii-repentis* Liro, Bidr. Kaenned. Finl. Nat. Folk. 65:94. 1908 var. **fallens** (Arthur) Cummins, Mycotaxon 5: 407. 1977

= *Nigredo fallens* Arthur, North Amer. Flora 7: 254. 1912.

= *Uromyces fallens* (Arthur) Bartholomew, Handb. N. Amer. Ured. p. 61. 1928.

Sobre: *Trifolium pratense* L. (Fabaceae), Colombia, Antioquia, Rionegro, C.I.A. La Selva, CORPOICA, 2.200 m. alt., 16 Feb 2000, V.M. Pardo-Cardona 413, MMUNM 1171 (II).

El número y distribución de los poros germinativos del anamorfo, único estado hallado, permiten una fácil determinación de la variedad de la especie de acuerdo con el texto de **Cummins** (1978).

U. trifolii-repentis Liro var. *fallens* se registra por primera vez en Colombia, y probablemente en Sudamérica, ya que aunque su hospedante, *T. pratense*, se halla en los países australes del continente, el uredinal previamente registrado es *U. trifolii* (Hedwig ex DC) Fuckel o su sinónimo *U. trifolii-repentis* Liro (Lindquist 1982). De acuerdo con la descripción del anamorfo hecha por **Lindquist** (1982) y según los criterios de **Cummins** (1978), en Argentina se halla *U. trifolii-repentis* var. *trifolii-repentis* Cummins.

Es necesario señalar que en los uredinales que crecen sobre *Trifolium* L. existen algunos problemas esencialmente nomenclaturales. Aunque en la literatura se señalan varias especies de acuerdo con los estados esporicos presentes, **Jackson** (1931) había señalado la existencia de colecciones correspondientes a diferentes estadios, que han sido clasificadas como especies diferentes. El criterio de **Cummins** (1978), de establecer variedades con base en algunos aspectos morfológicos del anamorfo uredial, parece interpretar mejor la situación. En este sentido se requiere un trabajo más extenso que involucre el mayor número de colecciones incluyendo los ejemplares típicos.

Agradecimientos

El autor expresa sus agradecimientos a Jorge Andrés Pérez del herbario MEDEL por la determinación de los hospedantes y a Pablo Buriticá, tanto por la revisión del manuscrito como por sus comentarios y sugerencias.

Bibliografía

Arthur, C. 1934. Manual of the rusts in United States and Canada. Purdue Research Found. Lafayette, Indiana, USA, 438 pp.

- Berndt, R.** 1998. New *Puccinia* species on *Baccharis* from Ecuador and Costa Rica. *Mycol. Res.* **102** (9): 1108 - 1112.
- Buriticá, C.P. & V.M. Pardo-Cardona.** 1996. Flora Uredineana Colombiana. *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* **20** (77): 183 - 236.
- Buriticá, P.C. & J.F. Hennen.** 1994. Familia Phakopsoraceae (uredinales). 1. Géneros anamórficos y teliomórficos. *Rev. Acad. Colombiana Cienc.* **19** (72): 47 - 62.
- Cummins, G.B.** 1971. The rust fungi of cereals, grasses and bamboos. Springer-Verlag, New York, 570 pp.
- . 1978. Rust Fungi on Legumes and Composites in North America. Univ. of Arizona Press, Tucson, Arizona, USA, 424 pp.
- Dennis, R.W.G.** 1970. Fungus Flora of Venezuela and adjacent countries. Royal Bot. Garden, Kew Bull. Add. series III. 531 pp.
- Hennen, J.F., M.M. Hennen & M.B. Figueiredo.** 1982. Índice das ferrugens (Uredinales) do Brasil. *Arq. Inst. Biol., Sao Paulo*, **49** (Supl. I): 1 - 201.
- Hennen, J.F. & C.P. Buriticá.** 1980. A brief summary of modern rust taxonomic and evolutionary theory. *Rept. Tottori Mycol. Inst.* **18**: 243 - 256.
- Jackson, H.S.** 1931. The rusts of South America based on the Holway collections. IV. *Mycologia* **23** (5): 332 - 364.
- . 1932. The rusts of South America based on the Holway collections. VI. *Mycologia* **24**: 62 - 186.
- Jorgensen, P.M. & S. León-Yáñez.** 1999. Catalogue of the vascular plants of Ecuador. Missouri Botanical Press, USA, 1181 pp.
- León-Gallegos, H.M. & G.B. Cummins.** 1981. Uredinales (Royas) de México. SARH, Culiacán, México, 437 pp.
- Lindquist, J.C.** 1982. Royas de la República Argentina y zonas limítrofes. Instituto Nacional de Tecnología Agropecuaria, Buenos Aires, 574 pp.
- Pardo-Cardona, V.M.** 1999. Novedades sobre la flora de uredinales Colombianos en Poaceae. *Caldasia* **21**(1): 1 - 4.
- Sydow, P. & H. Sydow.** 1904. Monographia Uredinearum. Vol. I. Genus *Puccinia*. Ed. Verlag von J. Cramer, New York, reprint 1971, 972 pp.

CARACTERIZACIÓN, EVALUACIÓN Y USO DE HÁBITATS DEL ZORRO PERRUNO (*Cerdocyon thous*) EN LOS LLANOS ORIENTALES DE COLOMBIA

por

Yolima Martínez Guerrero* & Alberto Cadena**

Resumen

Martínez G. Y., & A. Cadena: Caracterización, evaluación y uso de hábitats del zorro perruno (*Cerdocyon thous*) en los llanos orientales de Colombia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 383-391, 2000. ISSN 0370-3908.

Se caracterizan y evalúan los hábitats que presentaron evidencias directas (visualizaciones) e indirectas (huellas y heces) de presencia del zorro perruno. En cada hábitat identificado se realizó un modelo de adecuabilidad (HSI) "Habitat Suitability Index", con base en las variables de refugio, reposo y alimentación. El valor del índice para todos los hábitats analizados fue de 0.55 teniendo como valor máximo 1.00; las sabanas naturales son las que más aportan a este resultado. De acuerdo con el número de huellas, la extensión y la oferta de cada tipo de formación vegetal, no se encontró preferencia ni rechazo significativo por ningún tipo de hábitat.

Palabras clave: Llanos Orientales, Colombia, Hábitat, zorro perruno, Sabana natural.

Abstract

The types of habitats used by the crab-eating fox for which direct observations and indirect evidence (tracks and feces), are characterized and evaluated. A habitat Suitable Index (HSI) is calculated for each habitat, considering variables of feeding.

An analysis of use and preference for each type of habitat was made using number of trachs found and the extent of each type of habitat. Although there is a tendency to prefer the old natural savannas, neither preference nor significant rejection by tipe of habitat was found.

Key words: Llanos orientales, Colombia, Crab-eating fox, habitat, mammals.

* Instituto de Ciencias Naturales, Unidad de Mastozoología Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia.

** Instituto de Ciencias Naturales, Unidad de Mastozoología, Universidad Nacional de Colombia. A.A. 7495 Bogotá, Colombia.

Introducción

Es importante conocer los patrones de movimientos en relación con la calidad, disponibilidad y tipo de hábitat utilizado por los diferentes individuos como indicadores de posibles factores ecológicos tanto de carácter físico del ambiente, como históricos y de relaciones con otras poblaciones (Cody 1974, Bisbal 1979, Rabinovich 1980).

En un análisis de hábitats, por lo general la base ecológica sobre la cual se hacen las observaciones es la vegetación. Esta aproximación nos da una indicación de la cantidad de alimento y de la fauna silvestre que puede soportar un sitio (Anderson & Gutzwiller 1994, Truett *et al.* 1994). De igual manera, es importante definir la presencia y cercanía de cuerpos de agua y áreas que retienen agua por algunos períodos como cavidades y grietas en los árboles y/o que puedan servir como abrigo y refugio para la fauna silvestre (Gysel & Lyon 1987).

Las medidas, estimaciones y descripciones son sólo parte de la evaluación del hábitat. La valoración cuantitativa de la calidad del hábitat para la fauna silvestre requiere un modelo formal (Gysel & Lyon 1987, Anderson & Gutzwiller 1994).

Berry (1986) identifica tres enfoques para estructurar los modelos de análisis de hábitat; teniendo en cuenta especies particulares, o bien considerando múltiples especies o modelos de comunidad. En este contexto se describen el Índice de Adecuabilidad de Hábitat (HSI), el modelo de capacidad de hábitat (HC), y el modelo de reconocimiento de patrones (PATREC) así como las correlaciones entre especies y diferentes componentes del hábitat (Anderson & Gutzwiller 1994).

De otro lado, la distribución espacial de las heces en diferentes hábitats permite además establecer patrones de uso de hábitat (Aranda 1980, Tarrés 1986, Tellería 1986).

En este trabajo se identifica y caracteriza la estructura de los hábitats utilizados por el zorro perruno y se propone una valoración de estos hábitats con base en medidas de "adecuabilidad" sencillas en las que se tiene en cuenta factores tales como el alimento, refugio, cobertura y fuentes de agua. Además, se analiza la preferencia o el rechazo por cada tipo de hábitat que utiliza el zorro, como una medida del uso de su hábitat.

El zorro perruno o zorro cangrejero (*Cerdocyon thous*, Linnaeus, 1766) (Walker, 1991) se alimenta de pequeños

mamíferos, aves, reptiles, artrópodos, frutos y restos vegetales y vive en parejas o familias. (Montgomery & Lubin 1978). Un grupo familiar generalmente ocupa territorios exclusivos (Emmons, 1990).

Las poblaciones se han establecido en áreas montañosas y áridas de Colombia y Venezuela, pero prefieren sabanas y áreas de bosques de galería (Bisbal, 1982). En Colombia se han encontrado individuos hasta los 3200 m.s.n.m. en el Parque Nacional Natural de Sumapáz (Eisenberg, 1989).

Area de estudio

La presente investigación se realizó entre los meses de febrero a junio de 1996. El lugar de estudio se encuentra ubicado en el Centro de Investigaciones CARIMAGUA. (4°, 34' Norte y 71°, 20' Oeste), a una altura de 150 m.s.n.m. Los meses más secos y calientes van desde diciembre a marzo con precipitaciones medias mensuales que oscilan entre 50-70 mm; la temperatura media es de cerca de 27°C. La ubicación geográfica y las características fisiográficas descritas anteriormente hacen que el área de estudio sea representativa de la altillanura ondulada y disectada muy similar a las condiciones de áreas extensas del resto del trópico americano (Spain, 1979).

Métodos

Caracterización de hábitat

Con base en la cartografía y aerofotografía más reciente del área se elaboró un mapa preliminar de tipos de cobertura o tipos de hábitats presentes en el área de estudio, determinando a escala el área de cada formación.

Debido a que en la Orinoquía se realizan como práctica de manejo en la época seca quemadas de la sabana para asegurar la formación de rebrotes que son utilizados por el ganado, para determinar los tipos de hábitats, se tuvo en cuenta el tiempo transcurrido desde la quema de la sabana, siendo "sabana vieja" la sabana natural con más de cinco meses transcurridos desde la última quema y "sabana joven" la sabana con menos de cinco meses de haber sido quemada.

En los hábitats de sabana utilizamos el método de interceptación en línea (Paladines, 1992). El cual es adecuado y rápido para obtener estimaciones de cobertura y frecuencia relativa en comunidades de poca altura en la que las plantas presentan follajes más o menos densos y donde se hace difícil distinguir entre plantas individuales. Para aplicar este método empleamos "marco de 10 puntos" consistente en un soporte que sostiene 10 agujas rí-

gidas y finas que se deslizan de arriba a abajo sobre la vegetación y toca así las especies que forman el pastizal.

En este estudio se establecieron aleatoriamente en el área de cada hábitat tres líneas de transectos de 100 m través en las cuales se registraron solo las especies que fueron interceptadas por la punta de la aguja de señalización, a intervalos de 100 cm a lo largo de la línea. Los resultados obtenidos se procesaron conforme a los métodos propuestos por **Paladines (1992)** y **Mueller-Dumbois & Ellenberg (1974)**. En los cuales se calculó para cada especie:

El porcentaje de vegetación (%VT_i). Se suman todos los contactos de una especie, se divide por el total de contactos realizados a todas las especies y se multiplica por 100:

$$\%VT_i = (N_i/N_t) * 100$$

Frecuencia relativa (F_n). Se registran los contactos para cada especie, se divide por el número total de agujas y se multiplica por 100:

$$F_n = (N_i/A_g) * 100$$

Porcentaje de cobertura: (%C_i). Se anota una sola vez el toque (es decir, solo se tiene en cuenta la presencia) de la especie. El resultado se obtiene como porcentaje de la especie por 100 agujas y se expresa como número de registros de cada especie por el número de agujas:

$$\%C_i = (N_p/A_g) * 100$$

Valor de importancia (VI_i): Que se expresa como:

$$VI_i = \%VT_i + Fr_i + \%C_i$$

N_i: Número total de contactos o de intercepciones para cada una de las especies.

N_t: Número total de contactos de todas las especies.

N_p: Número total de presencias de cada especie.

A_g: Número total de agujas.

En los hábitats boscosos utilizados por el zorro perruno se efectuaron levantamientos florísticos y fisonómicos estructurales de la vegetación, según la metodología de **Matteucci & Colma (1982)**. Con estos datos se elaboraron diagramas estructurales o de barras, para caracterizar la vegetación de los hábitats identificados (**Cain & Castro, 1959**).

Evaluación del hábitat

Se aplicaron los métodos de evaluación del hábitat a aquellos tipos de hábitats utilizados efectivamente por el zorro. Es decir, en aquellos hábitats en los que se ubicaron los rastros (huellas y heces) del animal.

Modelo de adecuabilidad del hábitat (HSI).

Se realizaron levantamientos en unidades de muestreos de una o dos hectáreas en cada tipo de hábitat. En cada unidad observamos y registramos las variables que cubrieran los requerimientos biológicos para el mantenimiento del zorro en el área determinados por la bibliografía (**Bisbal & Ojasti 1982**, **Lancia et al. 1982**, **Eisenberg 1989**, **Emmons 1990**) y la oferta potencial del ambiente, según los procedimientos de evaluación del hábitat (HEP) (U.S Fish and Wildlife Service 1992) para posteriormente determinar un modelo de adecuabilidad del hábitat (HSI) (**Anderson & Gutzwiller, 1994**).

Posteriormente, se estableció el valor de cada elemento o factor asignando los valores más altos a las características más deseables para la presencia del zorro en cada hábitat. Se incluyeron variables de alimento, refugio y reposo como: disponibilidad de invertebrados y presencia de especies de árboles como potencial fuente de alimento, presencia y distancia de las fuentes de agua, presencia y número de cuevas, presencia de revolcaderos, cobertura horizontal del follaje y altura de la vegetación.

El valor del índice se estableció como una proporción entre el valor dado al hábitat para cada variable y el valor óptimo estándar de comparación definido como la condición óptima del hábitat para el zorro, el cual se determinó subjetivamente en una escala de 0.0 para ausente, 1.0 para presente y 2.0 para abundante, excepto para la cobertura horizontal óptima del follaje que fue estimada en 0.6 metros y la altura óptima de la vegetación que fue estimada en 1.50 metros. De manera que, el valor de HSI para cada una de la *i* variables dentro de cada uno de los *j* hábitats se expresó como:

$$HSI_{ij} = \frac{\text{Condiciones de la variable en cada hábitat}}{\text{Condiciones óptimas del hábitat}}$$

Para dar el valor de adecuabilidad total de cada variable en todos los hábitats (HSI_j) se promediaron los valores obtenidos en cada hábitat. Y para obtener los valores de adecuabilidad de cada tipo de hábitat (HSI_i) se promediaron los HSI_{ij} obtenidos en cada hábitat.

$$HSI_j = ((HSI_{ij})/n_1)$$

$$HSI_i = ((HSI_{ij})/n_2)$$

Donde n_1 y n_2 son el número de hábitat y el número de variables consideradas, respectivamente.

Para obtener una evaluación general de todo el hábitat para el zorro (HSI_g) se sacaron promedios de los valores de HSI_j

$$HSI_g = ((HSI_j)/n_2)$$

Por último, con el fin de evaluar el grado de asociación que pudiera existir entre las evidencias de presencia del zorro (heces, huellas y visualizaciones) y los valores de los índices calculados para cada tipo de hábitat, se efectuaron correlaciones no paramétricas usando el coeficiente de correlación de Spearman (Sokal & Rohlf, 1969).

De otro lado, para determinar el uso diferencial de los hábitats, se calculó el área relativa de cada tipo de cobertura y las frecuencias de uso observadas en cada uno de ellos (frecuencia de huellas y de heces); se determinó las frecuencias de uso esperadas y se compararon con las observadas mediante una prueba de chi-cuadrado. Por último se calcularon los intervalos confidenciales de Bonferroni para determinar la preferencia o rechazo por los tipos de hábitat utilizados por el zorro (Neu *et al.* 1974, Randall & Steinhorst 1984).

Resultados

Caracterización del hábitat

La fotointerpretación de la zona de estudio arrojó como resultado cuatro tipos grandes de coberturas o hábitats como son: Sabana Natural ("Sabana Joven" y "Sabana Vieja"), Bosque de galería y el último, que por su extensión e importancia económica para la zona se tuvo en cuenta, que corresponde al hábitat llamado "pastos mejorados".

Las sabanas naturales se encuentran en el tipo denominado de "Serranía" con pendientes mayores del 3%, en las cuales las gramíneas se presentan en asociación con *Curatella americana* comúnmente llamado "chaparro sabanero". Aunque en este tipo de formación existe una mínima cantidad de especies arbóreas, esporádicamente aparecen arbustos o pequeños arbolitos de los géneros *Genipa*, *Psidium*, *Trichilia*, *Vismia* y *Xylopia* en el centro de la sabana.

Se observa que en los hábitats de sabana de más de 5 meses de haber sido quemada o "Sabana vieja" *Schizachirium hirtiflorum* es la especie con mayor valor de cobertura y de frecuencia. El segundo tipo de hábitats caracterizado fue la "sabana joven" (con menos de 5 meses transcurridos desde la última quema) en el que encontramos un total de 8 especies dentro de las cuales se destaca *Sorghastrum parviflorum* con altos valores de cobertura y frecuencia. En los hábitats de pastos mejorados los valores de importancia más grandes los presentan las especies *Brachiaria humidicola* y *Arachis pintoii*, características de los forrajes cultivados en la región. El último tipo de hábitats fue el de bosques de galería los cuales se forman en la región aluvial de los ríos principales y secundarios a manera de fajas angostas a lo largo de los mismos. Las especies más frecuentes en este hábitat son: *Alchornea* sp, *Astrocaryum* sp, *Byrsonima crassifolia*, *Mauritia flexuosa* y *Spondias mombin*.

Evaluación de hábitats

Los valores de HSI de las variables tenidas en cuenta dentro de cada tipo de hábitat, muestran que en el hábitat de pastos mejorados existen fuentes de agua, revolcaderos y cobertura y el valor total del índice para la adecuabilidad de este tipo de hábitat es bajo (HSI=0.24). Por contraste, los hábitats de sabana natural ("sabana vieja" y "sabana joven") presentan unos valores de HSI de 0.85 y 0.73 respectivamente, indicando una mejor calidad de estos hábitats (valores cercanos a 1) para los requerimientos biológicos calificados para la especie en el lugar de estudio (Tabla 1).

Para el hábitat de bosque de galería, el HSI ocupa un lugar intermedio (0.39); aunque en este caso no se observaron revolcaderos o frutos fuente de alimento. El índice de adecuabilidad general HSI_g para toda el área de estudio fue de 0.55.

Al comparar los valores de índice (HSI) obtenido en cada tipo de hábitat con la presencia de zorros en ellos, no encontramos diferencias significativas determinadas por las heces ($r_s=0.95$, $n=4$, $p=0.1$), ni por las huellas ($r_s=0.6$, $n=4$, $p=0.29$), ni por las visualizaciones ($r_s=0.8$, $n=4$, $p=0.16$).

Uso de hábitats

Debido a que en el bosque de galería no se observaron huellas, el análisis se realizó sólo con tres hábitats: pastos mejorados, "sabana vieja" y "sabana joven".

No se encontró preferencia o rechazo significativo del zorro por alguno de los tres tipos de hábitat que utiliza

Tabla 1. Especies vegetales encontradas en los hábitats del zorro perruno (*C. thous*) en los Llanos Orientales de Colombia, Carimagua. Puerto Gaitán (Meta). 1996

Hábitat	Valores			
	% Vti	% Ci	Fri	Vii
Pastos mejorados				
<i>Arachis pintoi</i> Krapov	78.8	93.0	93.0	62.6
<i>Axonopus affinis</i> Chase	1.7	2.0	2.0	5.7
<i>Brachiaria humidicola</i>	0.9	1.0	1.0	2.9
<i>Dichromena ciliata</i> M.Yahl	18.6	22.0	22.0	264.8
"Sabana vieja"				
<i>Andropogon leucostachyus</i> H.B.K.	9.14	51.0	17.0	77.1
<i>Andropogon selloanus</i> (Hakel) Hakel	1.25	7.0	2.3	10.6
<i>Aristida torta</i> (Nees) Kunth	2.15	12.0	4.0	19.0
<i>Axonopus chrysoblepharis</i> (Lagasca) Chase	2.33	13.0	4.3	19.7
<i>Elyonorus</i> sp.	1.43	8.0	2.7	12.1
<i>Hyptis atrorubens</i> Poiteau	1.76	10.0	3.3	15.1
<i>Otachyrium versicolor</i> (Doell) Henrard	2.15	12.0	4.0	18.2
<i>Panicum rudgei</i> Roemer & Schultes	2.33	13.0	4.3	19.7
<i>Paspalum pectinetum</i> Nees	4.66	26.0	8.7	39.3
<i>Rhynchospora barbata</i> (Vahl.) Kunth	1.43	8.0	2.7	12.1
<i>Rhynchospora confinis</i> (Nees) C.B. Carke	5.20	29.0	9.7	39.3
<i>Schizachyrium sanguineum</i> (Retzius) Alston	8.96	50.0	48.0	217.8
<i>Thrasya petrosa</i> (Trinius) Chase	5.91	33.0	11.0	12.1
<i>Trachypogon plumosus</i> (Humboldt & Bonpland ex Willdenow) Ness	9.14	51.0	9.7	75.6
<i>Trachypogon plumosus</i>	1.43	8.0	11.0	49.9
<i>Trachypogon vestitus</i>	25.81	144.0	17.0	77.1
"Sabana joven"				
<i>Andropogon leucostachyus</i> H.B.K.	3.42	5.0	5.0	13.4
<i>Andropogon selloanus</i> (Hakel) Hakel	9.59	14.0	14.0	37.6
<i>Axonopus Chrysoblepharis</i> (Lagasca) Chase	7.53	11.0	11.0	29.5
<i>Axonopus bicornis</i>	3.42	5.0	5.0	13.4
<i>Imperata brassiliensis</i> Trinium	13.2	5.0	19.0	51.0
<i>Sorghastrum cettosum</i>	44.52	19.0	65.0	174.5
<i>Thrasya petrosa</i> (Trinius) Chase	7.53	65.0	11.0	29.5
Bosque de galería	Cobertura	Densidad	Valor de import.	
<i>Brosimum guianense</i> . Huber.	0.07	0.02	0.17	
<i>Bursera</i> sp.	0.02	0.02	0.07	
<i>Dendropanax arboreus</i> (L). Decaisne & Planchon	0.01	0.04	0.14	
<i>Garcinia madruno</i> (Kunth) Hammel	0.10	0.02	0.04	
<i>Guarea guidonia</i> (L) Sleumer	0.05	0.06	0.19	
<i>Heliconia</i> sp.	0.03	0.02	0.03	
<i>Hirtella racemosa</i> . Lamark.	0.05	0.23	0.33	
<i>Licania apetala</i> (E.meyer) Fritsch	0.10	0.02	0.22	
<i>Mabea taquari</i>	0.01	0.02	0.03	
<i>Nectandra</i> sp.	0.05	0.02	0.15	
<i>Ocotea</i> sp.	0.07	0.02	0.10	
<i>Pithecellobium</i> sp.	0.01	0.02	0.06	
<i>Protium</i> sp.	0.16	0.29	0.60	

(chi-cuadrado=8.64, g.l.=2; p=0.0132). Es decir, en todos los tres ambientes los valores esperados de uso actual del hábitat por parte del zorro se ubican dentro de los respectivos intervalos (Tabla 3). Sin embargo, en los dos primeros tipos de hábitat (pastos mejorados y "sabana vieja") los valores de uso actual del hábitat (0.364 y 0.450, respectivamente) tienden a ubicarse hacia la derecha de sus intervalos, lo que indica cierto nivel de preferencia por el uso que el zorro hace de estos dos hábitats. Por el contrario, en la "sabana joven" el valor de uso actual del hábitat (0.186), por ubicarse hacia la izquierda del intervalo, indicaría que el zorro no muestra preferencia por este hábitat.

Discusión

Caracterización, adecuabilidad y uso del hábitat

En la zona de estudio existen grandes extensiones de pastos mejorados y sabanas naturales ("sabana vieja" y "sabana joven"), los cuales ofrecen hábitats abiertos adecuados para la permanencia de los zorros. De acuerdo con Borrero (1957), Eisenberg (1989) y Emmons (1990) los zorros usualmente ocupan áreas abiertas y planas provistas de manchas de bosques y/o grupos de árboles que les aseguren protección como son las sabanas. En el hábitat de pastos mejorados los ensayos de mejoramiento que se realizan en el área involucran al-

gún tipo de forraje como *Crotalaria* sp., *Arachis pintoi*, *Aristida torta*, etc. Que, en el caso de las dos primeras especies por su altura y forma de fructificación (vaina o legumbre) podrían servir en algún momento como fuente alimenticia para el zorro. Además, las características de este hábitat lo hacen atractivo para una gran cantidad de insectos que el zorro utilizaría como alimento en época de escasez de presas. Por otra parte, a medida que se realizan las prácticas de quema, la composición florística y estructural de las sabanas varía disminuyendo la diversidad de especies que las componen y cambiando así mismo la oferta de presas alimenticias.

En Colombia, no se ha intentado determinar de una forma práctica la adecuabilidad de los hábitats para los zorros por lo que éste trabajo es una primera aproximación al entendimiento de las relaciones entre la población de los zorros y la oferta de sus hábitats, dando una calificación cuantitativa a los ofrecimientos que mejor se ajusten a las necesidades biológicas de los animales. Los índices de adecuabilidad (HSI) obtenidos en los hábitats de sabana fueron mayores de 0.5; es decir, las variables utilizadas en los análisis se comportan de forma óptima en cuanto a cobertura horizontal, altura de la vegetación y presencia de fuentes alimenticias (frutos e invertebrados). Los altos valores de los índices obtenidos para estos hábitats se explican por la presencia de revolcaderos y sitios de refugio

Tabla 2. Valores óptimo y estimado del Índice de Adecuabilidad de Habitat para los requerimientos del zorro perruno (*Cerdocyon thous*) en las sabanas de los Llanos Orientales de Colombia. Carimagua, Puerto Gaitán, Meta. 1996.

REQUISITO DE VIDA	HABITAT												TOTAL
	pastos mejorados			sabana vieja			sabana joven			bosque de galería			
	VH	OPT	HSI1	VH	OPT	HSI2	VH	OPT	HSI3	VH	OPT	HSI4	
REFUGIO Y REPOSO													
Refugio	0,0	2,0	0,00	0,0	2,0	0,50	1,0	2,0	0,50	2,0	2,0	1,00	0,50
Revolcaderos	1,0	2,0	0,50	2,0	2,0	1,00	2,0	2,0	1,00	0,0	2,0	0,00	0,62
Cobertura horizontal	0,1	0,6	0,17	0,6	0,6	1,00	0,6	0,6	1,00	0,2	0,6	0,33	0,62
Altura de la vegetación	0,4	1,5	0,27	1,3	1,5	0,87	1,3	1,5	0,87	0,4	1,5	0,27	0,57
ALIMENTACION													
Invertebrados alimento	1,0	2,0	0,50	2,0	2,0	1,00	2,0	2,0	1,00	1,0	2,0	0,50	0,75
Abundancia de <i>Miconia</i> sp.	0,0	2,0	0,00	2,0	2,0	1,00	1,0	2,0	0,50	0,0	2,0	0,00	0,37
Abundancia de <i>Genipa caruto</i>	0,0	2,0	0,00	1,0	2,0	0,50	0,0	2,0	0,00	0,0	2,0	0,00	0,12
Fuentes de agua	1,0	2,0	0,50	2,0	2,0	1,00	2,0	2,0	1,00	2,0	2,0	1,00	0,87
	HSIi		0,24			0,85			0,73			0,39	HSI_g=0,55

Tabla 3. Análisis de uso de tres de los tipos de hábitats del zorro perruno (*Cerdocyon thous*) e intervalos confidenciales simultáneos de Bonferroni (Randall & Byres 1984) sobre la proporción de uso observado $p(\text{ob})$ en comparación con el uso proporcional esperado $p(\text{es})$, al nivel de significancia de $p=0,05$, Sabanas de los Llanos Orientales de Colombia, Carimagua Puerto Gaitán, Meta. 1996.

Hábitat	Area(Has)	P(ob)	n(ob)	P(es)	n(es)	Intervalo
Pastos mejorados	6610	0,364	10	0,238	15	$0.081 < p_1 < 0.395$
"sabana vieja"	8350	0,45	17	0,405	19	$0.223 < p_2 < 0.586$
"sabana joven"	3544	0,186	15	0,357	8	$0.16 < p_3 < 0.534$
Total	18116	42	42			

Chi-cuadrado=8.634; P=0.0132 ns

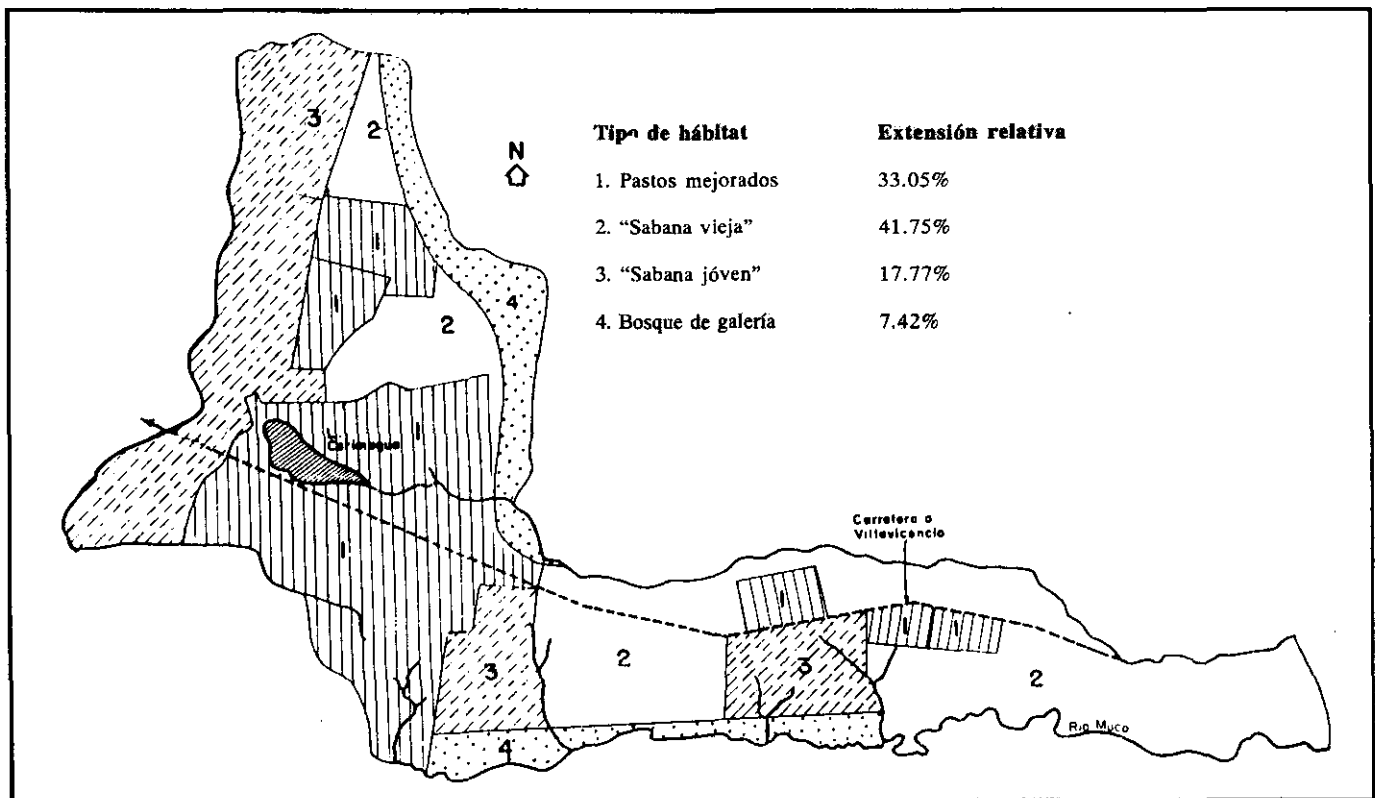


Figura 1. Tipos de cobertura o hábitats identificados en la zona de estudio del Centro de Investigaciones de Carimagua. Puerto Gaitán, Meta, 1996.

para los zorros especialmente durante el día. De igual manera se encontró gran cantidad de grillos o langosta del llano (*Rhammtocerus schizocercoides*) en estos tipos de sabana, lo cual se refleja en el alto grado de participación de esta variable para la obtención del índice HSI, ya que estos insectos son consumidos en abundancia por los zorros (Martínez, 1996).

Durante la época de registro (verano) disminuyen los niveles del agua en los ríos y caños, por lo que el zorro se ve obligado a buscar fuentes alternativas de agua para suplir sus necesidades fisiológicas y metabólicas las cuales encuentra en los frutos jugosos de *Miconia* sp. y *Genipa americana* que por lo general se encuentran en el interior de las sabanas, y poseen características especiales de crecimiento.

El valor del hábitat de pastos mejorados se ve disminuido por la cobertura horizontal del follaje para el escape de depredadores, ya que *Brachiaria humidicola* es un pasto de tamaño pequeño que dificulta el ocultamiento para la protección y el escape.

En términos generales, los índices de HSI obtenidos para los hábitats de sabana son los más cercanos a 1.0 indicando que estos serían los más adecuados para el zorro en condiciones naturales, ya que suplen tanto sus necesidades de cobertura para el descanso y huida o escape de depredadores así como de oferta de alimento.

De otro lado, en los análisis de correlación entre los valores de HSI obtenidos y las evidencias indirectas de presencia del zorro (huellas y heces) y directas (visualizaciones) para cada hábitat, encontramos altos valores de correlación, indicando que el zorro usa cada tipo de hábitat conforme a sus ofrecimientos de cobertura y alimentación; es decir, los mayores valores de correlación se encontraron con aquellos hábitats que tienen mayores valores de HSI.

No se han encontrado informes acerca del grado de preferencia del zorro por los diferentes tipos de hábitats; en este estudio se encontró que, a pesar de que no existe preferencia o rechazo significativo por ninguno de los tres tipos de hábitats analizados, el valor de uso esperado para el hábitat de pastos mejorados indica cierta preferencia del zorro para este hábitat. Aunque el valor de HSI obtenido es bajo, posiblemente esto se debe a la gran disponibilidad en extensión que ofrece este hábitat y a que posiblemente las huellas registradas en cada sitio reflejan el hecho de que estas áreas sean utilizadas como sitio de tránsito para ir a las fuentes de agua o bien como lugar de caza esporádico. De igual manera el valor de uso actual del hábitat para sabana vieja muestra que el zorro prefiere esta área para desarrollar en ella sus actividades de rutina según su disponibilidad y ofrecimiento de recursos.

Por el contrario en el hábitat de "sabana joven" se halló un valor esperado de uso no significativo, a pesar del alto valor de HSI. Este hecho se debe seguramente a la baja disponibilidad en área de este tipo de hábitats y debido a la cercanía con los hábitats de "sabana vieja" en el lugar de estudio, lo que hace que el zorro prefiera realizar sus actividades en este último tipo de hábitat.

En general, si se tienen en cuenta las evidencias de actividad del zorro (huellas, heces, revolcaderos, etc.) se observa que la "sabana vieja" cubre las necesidades biológicas mínimas para la supervivencia del zorro, lo que se evidencia en el grado de preferencia de uso de este hábitat.

Agradecimientos

Agradecemos al Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT) y a CORPOICA por la financiación a este proyecto, a los biólogos Ramón Alberto Serna, Patricia Torrijos y al Ingeniero forestal René López por la valiosa asesoría en campo e identificación del material vegetal y por último queremos expresar nuestros agradecimientos a la Universidad Nacional de Colombia por permitirnos hacer de este sueño una realidad.

Literatura citada

- Anderson, S.H. & K.J. Gutzwiller. 1994. Habitat Evaluation Methods. pp: 592-606. En: T.A. Bookhout (ed): Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. The Wildlife Society. Bethesda, Maryland, Maryland, U.S.A. 740 p.
- Aranda, J. 1980. Rastros de los Mamíferos Silvestres de México. Instituto Mexicano de Recursos Naturales Renovables. México D.F. 198p
- Berry, K.H. 1986. Introduction: development, testing and application of wildlife-habitat models. P. 3-4 In J. Verner, M. L. Morrison and C.J. Ralph (Eds). Wildlife 2000. University Wisconsin Press. Madison. U.S.A.215p.
- Bisbal, F. 1979. Nicho Trófico del Zorro *Cercopithecus thous*. Tesis de Licenciatura en Biología. Universidad Central de Venezuela. Caracas.133p
- _____. 1982. Nuevos registros de distribución para el zorro gris (*Urocyon cinereoargenteus venezuelae*) (Mammalia, Carnivora). Acta Científica Venezolana, 33: 255-257p.
- Borrero H, José, I. & J. Hernández C. 1957. Informe preliminar sobre aves y mamíferos de Santander, Colombia. Anales de la Sociedad de Biología de Bogotá. 7: 197-230p.
- Cain, S.A. & G.M. Castro. 1959. Manual of Vegetation analysis. Harper and Row, New York. U.S.A. 436p.
- Cody, M.L. 1974. Optimization in ecology. Science, 183: 156-164p.
- Eisenberg, J.F. 1989. Mammals of the Neotropics. The Northern Neotropics. Volume I (Panamá, Colombia, Venezuela, Guyana, Suriname, French Guiana). The University of Chicago Press. Chicago U.S.A. 450p.
- Emmons, L.H. 1990. Neotropical Rainforest Mammals. The University of Chicago Press. Chicago and London. Chicago U.S.A. 276p.
- Gysel, L.W. & L.J. Lyon. 1987. Análisis y Evaluación del Hábitat. Pp: 321-344. En: Rodríguez, R. Tarrés(ed) Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre. 4a edición. The Wildlife Society. Bethesda, Maryland U.S.A. 703p.
- Lancia, R.A.; S.D. Miller & D. Adams. 1982. Validating habitat quality assessment: an example. Sabol, K (ed). Wildlife Management Institute. Washintong, D.C. U.S.A.136p.
- Martínez, Y. 1996. Densidad, uso de hábitat y dieta del zorro perruno (*Cercopithecus thous*) en sabanas nativas de los Llanos Orientales

- de Colombia. Tesis de grado, departamento de Biología, facultad de Ciencias. Universidad Nacional de Colombia. Santafé de Bogotá. 132p.
- Mattencel, S & A. Colma.** 1982. Metodología para el Estudio de la Vegetación. Secretaría General de la Organización de Estados Americanos, Programa Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico. Washington, D.C. U.S.A. 122p.
- Montgomery, G. C. & Y.D. Lubin.** 1978. Social structure and food habits of crab-eating fox (*Cerdocyon thous*) in Venezuelan Llanos. *Acta Científica Venezolana*, 29: 382 - 383p.
- Mueller-Dombois, D. & H. Ellenberg.** 1974. Aims and Methods of Vegetation Ecology. (Eds) John Wiley and sons. New York U.S.A. 345p.
- Neu, C.W., C.R. Byers & J.M. Peek.** 1974. A technique for analysis of utilization availability data. *Journal of Wildlife Management*, 38: 541-545p.
- Paladines, O.M.** 1992. Metodología de Pastizales para trabajar en Fincas y Proyectos de desarrollo Agropecuario. Proyecto de Fomento Ganadero PROFOGAN- MAG/GTZ. Convenio Ecuatoriano Alemán. Serie Metodológica, Manual 1: Pastos y Forrajes. Ediciones PROFOGAN. Quito, Ecuador. 166p.
- Randall, B. C., R. K Steinhorst & P.R. Krausman.** 1984. Clarification of a technique for analysis of utilization-availability data. *Journal of Wildlife Management* 48: 1050-1053 p.
- Spain, J.M.** 1979. Pasture establishment in the Llanos Orientales of Colombia. In: Pasture production in acid soils of the tropics. Centro Internacional de Agricultura Tropical (CIAT). Cali, Colombia. 44p.
- Sokal, R. & F. J. Rohlf,** 1969. *Biometría*. W H. Freeman and Company. New York, 859p.
- Tarrés, R.R.** 1980. Manual de Técnicas de Gestión de Vida Silvestre. The Wildlife Society, Inc. Bethesda, Maryland. U.S.A. 1244p.
- Tellería, J.L.** 1986. Manual para el Censo de los Vertebrados Terrestres. Editorial Raíces. España. 455p.
- Truett, J.C., H.L. Short & S.C. Williamson.** 1994. Ecological Impact Assessment. Pp: 507-622. En: T.A. Bookhout (Ed): Research and Management Techniques for Wildlife and Habitats. The Wildlife Society. Bethesda, Maryland. U.S.A. 1944p.
- U.S. Fish and Wildlife Service.** 1992. Habitat Evaluation Procedures, Workbook. National Ecology Research Center. U.S.A. 455p.
- Walker, J.** 1991. *Mammals of the World*. Second edition. The Johns Hopkins Press. New York. U.S.A. 1500p.

RECONSTRUCCIÓN TRIDIMENSIONAL A PARTIR DE CONTORNOS BIDIMENSIONALES. PROTOTIPO DE LA HERRAMIENTA PINTCO VERSIÓN 1.0

por

J. D. Gil¹, Y. Torres² & A. Plata²

Resumen

Gil, J. D., Torres Y., & A. Plata.: Reconstrucción tridimensional a partir de contornos bidimensionales. Prototipo de la herramienta PINTCO versión 1.0. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(92): 393-399, 2000. ISSN 0370-3908.

Las técnicas avanzadas de adquisición y procesamiento de señales y la capacidad de las nuevas herramientas para obtener imágenes bidimensionales de una estructura, proveen la información básica sobre los contornos que conforman la estructura. Esta información unida a los conceptos de representación y simulación de espacios tridimensionales condujo al desarrollo del prototipo PINTCO. Este sistema permite la reconstrucción tridimensional y la visualización de la estructura como lo mostramos en este trabajo. El usuario puede también efectuar características paramétricas de cortes bidimensionales específicos de la estructura tales como distancias entre puntos, áreas y perímetros de objetos, por ejemplo.

Palabras clave: Óptica, reconstrucción de imágenes, procesamiento de imágenes, prototipo de software.

Abstract

The advanced techniques of acquisition and signal processing and the capacity of the new devices to obtain successive two-dimensional images of a structure, provides the basic information about the contours that compose the structure. This information together with representation concepts and simulation of three-dimensional spaces led to the development of the prototype PINTCO. This system allows the three-dimensional reconstruction and visualization of the structure, as we show in this paper. The user can also carry out parametric characteristics of specific two-dimensional cross sections of the reconstructed structure such as distances between points, areas and perimeters of objects.

Key words: Optics, image reconstruction, image processing, software prototype.

1 Escuela de Ingeniería de Sistemas, Informática y Computación, Universidad Industrial de Santander, A.A. 678, Bucaramanga, Colombia.

2 Grupo de Óptica y Tratamiento de Señales, Escuela de Física, Universidad Industrial de Santander, A.A. 678, Bucaramanga, Colombia. E-mail: ytorres@uis.edu.co

1. Introducción

En un trabajo previo^[1,2], se ha diseñado y construido un sistema de microscopía asistida por computadora que permite obtener los contornos cerrados de objetos tales como poros, gargantas o granos en una muestra de arenisca. Dichos contornos son un conjunto de curvas de nivel que representan cada objeto específico, y se obtienen a partir de cortes a diferentes alturas realizados sobre la muestra. Con base en dichos contornos es posible obtener una descripción paramétrica, estructural o morfológica de la muestra bajo análisis.

En este trabajo se presenta el diseño e implementación de un sistema software capaz de emplear tal información sobre el objeto para reconstruirlo tridimensionalmente. Los algoritmos del sistema permiten además la visualización, manipulación y análisis del objeto reconstruido.

2. Reconstrucción tridimensional a partir de contornos bidimensionales

El contorno entregado por el sistema de microscopía asistida por computadora se representa empleando la sarta o código de Freeman^[3], el cual especifica el punto inicial $P(x, y)$ del contorno y un vector, cuyas componentes tendrán valores enteros entre 1 y 7. Tales componentes determinan la ubicación del siguiente pixel del contorno. Así, un contorno no es más que el polígono irregular que se obtiene al unir los puntos cuyas coordenadas se obtienen usando el código de Freeman.

Ya que pueden existir varios contornos en un mismo nivel Z (altura en la muestra microscópica), es necesario clasificarlos, asignándoles un número N_p a cada uno de ellos. El valor de N_p asociado a un contorno específico corresponde al número de contornos que lo envuelven (Figura 1).

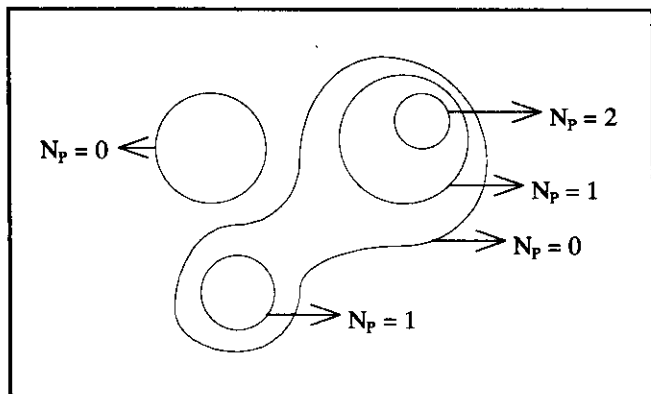


Figura 1. Nivel de pertenencia (N_p).

Adicionalmente, es necesario aplicar una regla de correspondencia entre contornos localizados en niveles consecutivos Z_k y Z_{k+1} . El procedimiento es el siguiente:

- Ordenar los contornos de menor a mayor según el nivel.
- Determinar el nivel de pertenencia de cada contorno $N_p(C_i)$.
- Calcular el área encerrada por cada contorno (C_i).
- Comparar el área de cada contorno en el nivel Z_k con la de los contornos en el nivel Z_{k+1} y dibujar el contorno que encierre el área mayor.

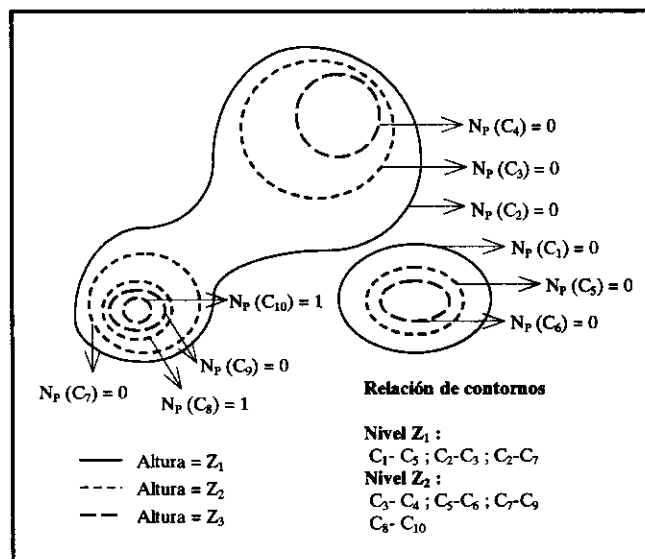


Figura 2. Correspondencia de contornos.

e) Recorrer el contorno dibujado pero empleando las coordenadas del contorno que encierra el área menor. Si existe un porcentaje elevado (superior al 80%) de puntos del contorno menor incluidos en el contorno mayor o en su interior, y el nivel de pertenencia N_p de ambos contornos es igual, se dice que los dos contornos son correspondientes (Fig. 2).

Ahora bien, para la generación del objeto es necesario que todos los contornos inicien en posiciones homólogas y sean generados en el mismo sentido. Por lo tanto:

- El punto inicial de cada contorno se define como el punto horizontal más a la derecha de su centroide. Esta definición homóloga los puntos iniciales, y se requiere puesto que, a la salida del sistema CAM, un punto cualquiera del contorno puede ser el punto inicial.

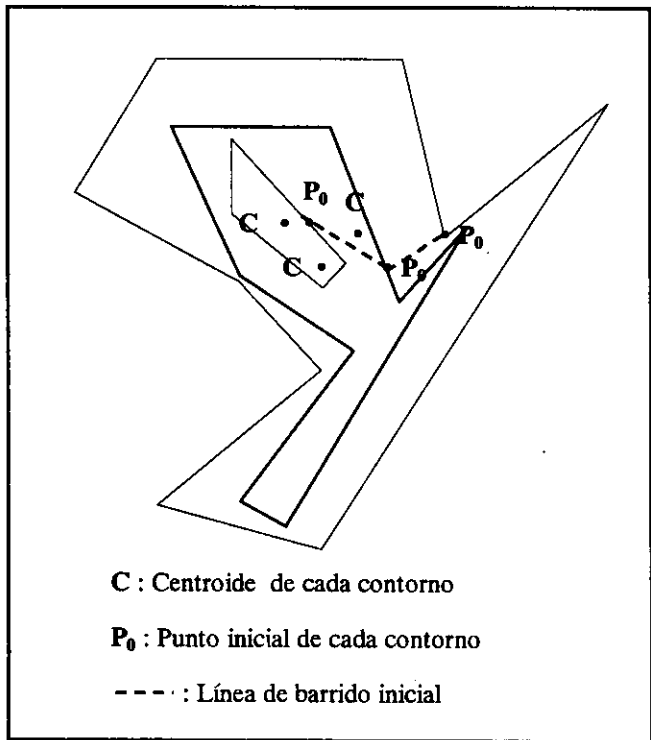


Figura 3. Línea de barrido inicial.

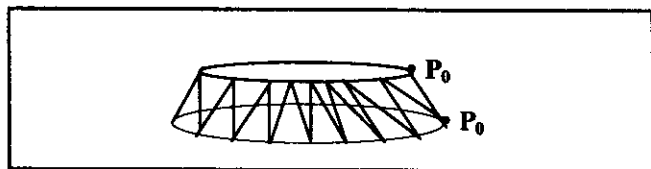


Figura 4. Malla entre contornos correspondientes.

- Todos los contornos deben poseer el mismo sentido de generación. Nuestro prototipo utiliza el sentido horario.

Estas condiciones permiten determinar la línea de barrido inicial (Figura 3), que resulta al enlazar los puntos iniciales P₀ de contornos correspondientes. Dicha línea de barrido inicial permite, a su vez, generar la malla que enlaza los contornos consecutivos (Figura 4), permitiendo visualizar el sólido correspondiente al objeto reconstruido (Fig. 5).

Para crear esta malla es necesario seleccionar la misma cantidad de puntos p'_i en todos los contornos. Así, cada punto de un contorno tendrá un punto homólogo en el contorno correspondiente, situado en el siguiente nivel.

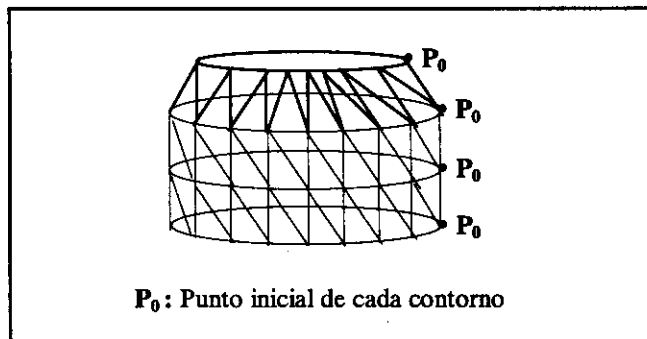


Figura 5. Enmallado para la generación de un sólido.

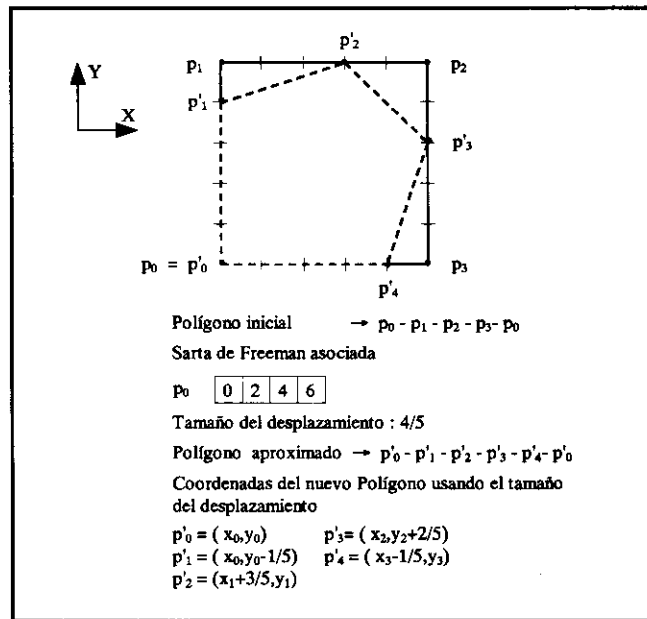


Figura 6. Uso de la sarta de Freeman en el cálculo de nuevos puntos.

Con tal fin se aplica el siguiente algoritmo de interpolación bidimensional x-y (Fig. 6):

- Definir el número N de puntos p_i que constituyen los vértices de cada contorno.
- Obtener sus coordenadas (x, y) empleando el código de Freeman.
- Calcular la longitud del contorno L y el tamaño del desplazamiento (L/N) para determinar los puntos seleccionados p'_i para la construcción de la malla.
- Obtener las coordenadas de los puntos p'_i a partir de los puntos p_i, las direcciones dadas en la sarta de

Freeman y el tamaño del desplazamiento, comenzando el recorrido en el punto inicial P_0 del contorno.

Una vez determinados los puntos p'_i en todos los contornos, se enlazan los homólogos. De esta manera se genera la malla, conformada por pequeños planos (componentes del sólido reconstruido) que serán analizados y proyectados en el monitor.

El número de contornos suministrados para hacer reconstrucción está en función de la resolución axial (eje z); pero generalmente por razones prácticas en la adquisición de datos, el paso de muestreo es más grande que el óptimo (criterio de Nyquist); lo que hace necesaria la creación de contornos intermedios, por métodos de interpolación. Con tal fin, se pueden utilizar las proyecciones de los contornos en los planos $x-z$ y $y-z$ (Figura 7) a los cuales se les aplica el algoritmo de aproximación B-spline⁽⁴⁾ bidimensional en cada plano para obtener nuevas coordenadas (x_i, z_i) , (y_i, z_i) . Promediando las z_i correspondientes, se obtienen las coordenadas (x_i, y_i, z_i) de los vértices de los contornos intermedios así generados.

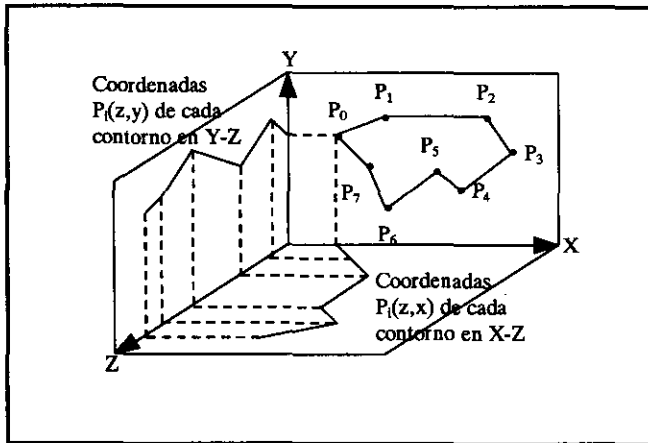


Figura 7. Obtención de los puntos para su aproximación 3D.

Si este procedimiento no se aplica, la resolución tridimensional sería bastante limitada ocasionando discontinuidades en la representación; que además de ser poco agradables a simple vista para el usuario, no permitiría manipular el sólido ni efectuar análisis 3D como, por ejemplo, obtención de contornos sintéticos.

3. Representación de objetos tridimensionales

Puesto que el monitor de la computadora es un espacio bidimensional, no es posible visualizar objetos tridimensionales en él, pero si es posible proyectarlos. La Figura 8 muestra la proyección central, usualmente aplicada en computación gráfica. El problema es determinar la proyección de un punto objeto, ubicado en cualquier lugar del espacio tridimensional, sobre un plano de este espacio, llamado plano imagen (pantalla del monitor).

Aplicando una relación de triangulación se obtienen las siguientes coordenadas de proyección⁽⁵⁾:

$$X = \left(\frac{z_0}{z_0 - z} \right) x = \left(\frac{1}{1 - \frac{z}{z_0}} \right) x, \quad (1)$$

$$Y = \left(\frac{z_0}{z_0 - z} \right) y = \left(\frac{1}{1 - \frac{z}{z_0}} \right) y$$

Así, un sólido situado en este espacio virtual está constituido por pequeños planos. Estos son el elemento primordial de la simulación y su proyección en el plano imagen es el enlace entre el mundo virtual tridimensional y el usuario.

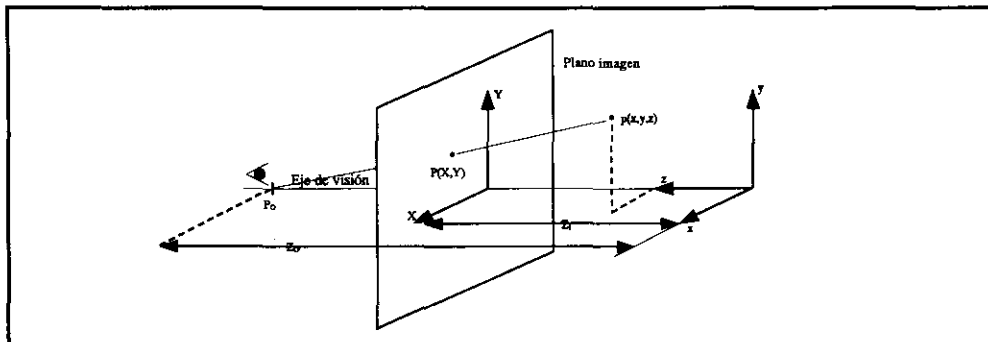


Figura 8. Proyección central de un punto $p(x,y,z)$ sobre el plano imagen.

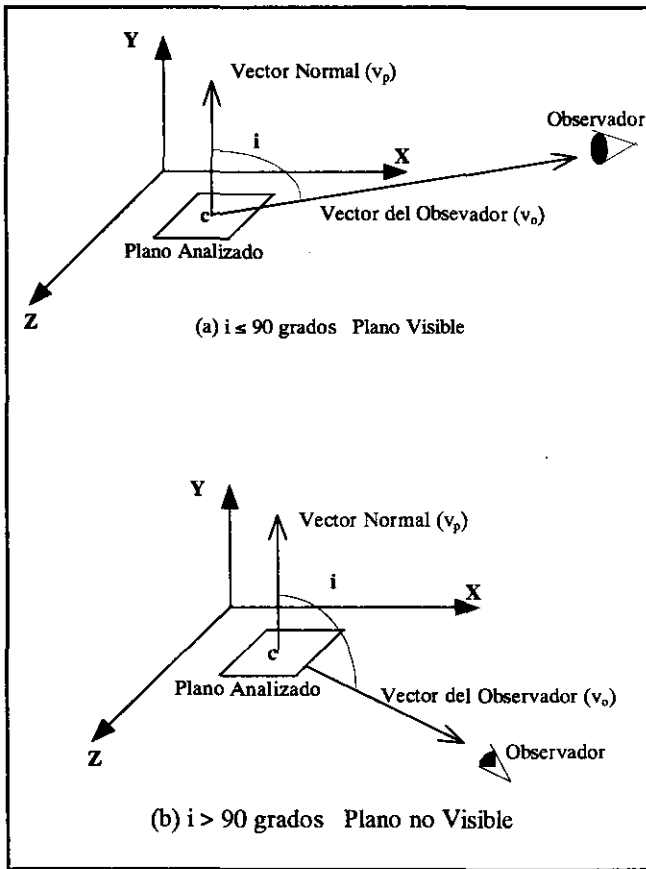


Figura 9. Análisis de visibilidad.

Uno de los pasos cruciales en la representación es determinar las partes del sólido virtual visibles para el observador. Ello se logra a partir de un análisis o prueba de visibilidad^[4,5] a cada uno de los planos elementales (Figura 9).

Otro aspecto de importancia en la representación tridimensional es el análisis o prueba de tonalidad^[4,5], que da lugar al procedimiento de coloreado. Su resultado es la definición del tono del color escogido para plano. La prueba consiste en:

- Asignar al plano analizado un vector normal v_p .
- Determinar el centroide c del plano y, con base en las coordenadas de ubicación de la fuente de luz respecto al centroide, asignar al plano un nuevo vector v_r .
- Calcular el ángulo i entre los vectores v_p y v_r .
- Si el ángulo $i \leq 90$ grados el tono del color variará de blanco para $i = 0$ grados hasta el color puro para $i = 90$ grados.

- Si el ángulo $i > 90$ grados el tono del color variará del color puro para $i = 90$ grados, hasta el color negro para $i = 180$ grados.

Por último, el procedimiento para proyectar un sólido en el plano imagen es el siguiente:

- Aplicar las pruebas de visibilidad y de tonalidad a cada uno de los planos componentes.
- Determinar las proyecciones de cada plano en el plano imagen.
- Hallar la distancia del centroide de cada plano al observador.
- Ordenar en forma decreciente las proyecciones de cada plano según la distancia del centroide al observador.
- Dibujar en el plano imagen las proyecciones obtenidas en el orden generado usando las siguientes condiciones:

Si el plano es visible dibujar su proyección en el tono obtenido en la prueba de tonalidad.

Si el plano no es visible entonces se multiplica su respectivo vector normal v_p por -1 de tal forma que se analiza la cara visible del plano volviendo a realizar la prueba de tonalidad. Por último se dibuja la proyección con su respectivo tono de color.

Todo el procedimiento anterior se aplica siempre que el sólido generado realice un movimiento de traslación, rotación, o ambos.

Para generar y visualizar la línea de corte entre un sólido y un plano elemental se debe verificar si cada uno

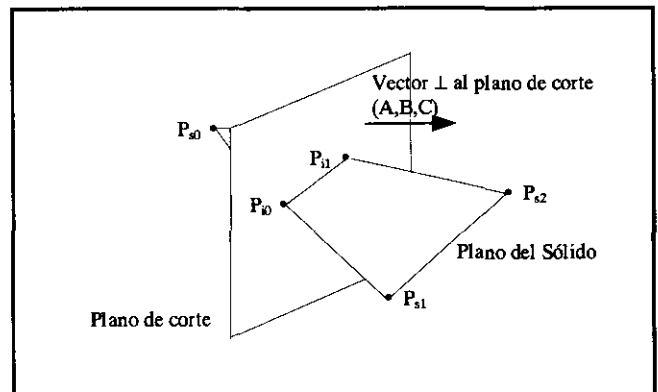


Figura 10. Intersección del plano de corte con un plano elemental.

de ellos corta el plano de corte, calcular los puntos de intersección (P_{30} y P_{11} , Figura 10) y por último proyectarlos en el monitor como una línea al mismo tiempo que se proyecta su respectivo plano elemental.

4. Prototipo PINTCO. Primera versión

La versión 1.0 fue realizada en lenguaje de programación Visual Basic 5.0™ y es portable en plataformas Windows 3.x™ o superiores. El sistema utiliza un archivo tipo texto de entrada con la siguiente estructura:

- Un encabezado con la unidad de medida y el factor de escala de los contornos
- A continuación todos los contornos, uno en cada línea en el formato, con las siguientes especificaciones:

nivel del contorno,

coordenadas del primer punto,

número de componentes del vector de Freeman,

vector de Freeman propiamente dicho.

El prototipo está compuesto por tres módulos, a saber: módulo del sólido, módulo de manipulación y módulo de cálculo. Las funciones de cada uno de los módulos están descritas en la figura 11.

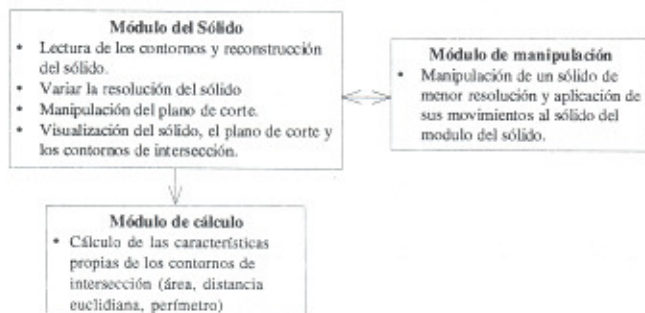


Figura 11. Esquema general de PINTCO.

La Figura 12 muestra un ejemplo de una imagen tridimensional reconstruida usando el módulo del sólido. Este módulo permite realizar variaciones en la resolución, cortes al sólido (incluso cortes sintéticos) y su visualización, mediante los botones en la parte superior. El módulo de manipulación (ventana pequeña) permite realizar movimientos de traslación y rotación sobre el objeto, utilizando los botones a la derecha.

La Figura 13 presenta el módulo de cálculo, el cual recibe la información del módulo del sólido relacionado

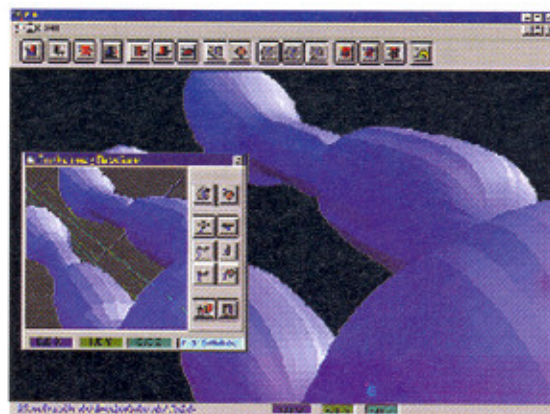


Figura 12. Módulo de Manipulación (ventana pequeña) y módulo del sólido.

con los cortes bidimensionales a ser aplicados sobre el sólido, y realiza la detección de contornos cerrados, áreas y perímetros, además de evaluar distancias euclidianas entre puntos preseleccionados sobre el contorno.

5. Resumen y conclusiones

En este trabajo se ha presentado el primer prototipo de software para la reconstrucción y análisis tridimensional a partir de un conjunto de contornos bidimensionales del objeto.

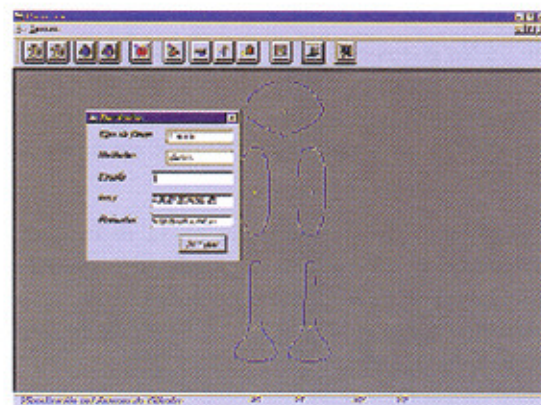


Figura 13. Módulo de Cálculo.

La reconstrucción tridimensional permite una interacción más real del usuario con el objeto. El usuario puede manipular y obtener desde cualquier ángulo de visión una perspectiva del objeto reconstruido. El proceso de interpolación permite mejorar la calidad estructural del sólido. Dicho proceso puede ser invocado a voluntad por el usuario.

Cortes bidimensionales sintéticos pueden ser obtenidos por el usuario de una manera sencilla y precisa. Estos cortes se realizan sobre el objeto en zonas donde no ha sido posible realizarlos físicamente por razones de manipulación de la muestra. Cada corte cerrado es parametrizado automáticamente (determinación de su perímetro y del área que encierra). Para cortes no cerrados, el usuario puede calcular las características específicas del corte.

Con la base teórica desarrollada se puede ampliar un segundo prototipo que sea capaz de fraccionar el sólido en objetos tridimensionales, a los cuales se les podrán calcular características como su volumen, su superficie, etc.

Agradecimientos

Los autores expresan su agradecimiento a Colciencias y a la DIF de Ciencias de la Universidad Industrial de Santander por su ayuda financiera.

Referencias

1. E. I. Gómez y Y. Torres. 1993. "Técnicas de reconstrucción de contornos en microscopía asistida por computador", Anales XV Congreso Nacional de Física, Armenia, Colombia, septiembre 6-10, p. 243-246.
2. L. Beleño, Y. Torres, D. Colegial & J. Guerrero, 1999. "Segmentation technique for microscopic images sandstones", to appear in Proceedings SPIE Vol. 3572.
3. L. E. Ibáñez, O. Gualdrón and Y. Torres. 1993. "Computer Assisted Microscopy Applied to Rock Porosity Measurement", Óptica Pura y Aplicada, Vol. 26, p.703.
4. Jhon R. Rankin. 1989. Computer Graphics Software Construction, Prentice Hall.
5. Wolfgang K. Golob. 1978. Interactive Computer Graphics, Prentice Hall.

ORIGEN Y EVOLUCIÓN DE LA NEUROCIENCIA*

por

Gabriel Toro González¹

Resumen

Toro G., G.: Origen y evolución de la neurociencia. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(92): 401-415, 2000. ISSN 0370-3908.

Para facilitar la ubicación de los acontecimientos en el tiempo se propone el siguiente orden, advirtiendo que se trata de una subdivisión hasta cierto punto artificial, así:

1. Hechos universales que fueron punto de partida de la ciencia en general y que ocurrieron antes de finalizar la primera mitad del siglo XIX.
2. La neurociencia en el mundo, en el lapso 1850-2000.
3. Los primeros esfuerzos y contribuciones nacionales a la neurociencia, realizados entre 1850 y 1950.
4. Una evolución ágil y densa de la Neurociencia en Colombia, 1950-2000.

Palabras clave: Historia, Ciencia, Medicina, Neurociencia.

Abstract

The following order has been proposed as an event timeline, eventhough it is somewhat artificial:

1. Events marked as milestones in the history of science before the end of the first half of the 19th Century.
2. Neuroscience in the world between 1850 and 2000.
3. Initial national efforts and contributions to the neuroscience between 1850 and 1950.
4. Dense and quick evolution of neuroscience in Colombia, 1950-2000.

Key words: History, Science, Medicine, Neurosciences.

¹ Profesor Titular y Honorario (Neuropatólogo) Universidad Nacional de Colombia. Investigador Emérito INS. Miembro de número de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y de la Academia Nacional de Medicina.

* Conferencia dictada en la Academia de Ciencias el 21 de junio de 2000.

Síntesis

Se hace muy breve mención de la medicina en Egipto y en Grecia y un resumen sobre las primeras trepanaciones del cráneo. Se cita un grupo de los creadores y guardianes de la ciencia y se sugiere que cuatro de ellos: Copérnico, Galileo, Newton y Einstein son los más representativos si se quiere aceptar que la ciencia inicia su desarrollo y luego gira sobre su propio eje.

Se enumeran cronológicamente los primeros cuatro libros clásicos de Medicina escritos entre 1507 y 1793 y cuyos autores fueron Antonio Benivieni, Andreas Vesalio, Giovanni Battista Morgagni y Mathew Ballie.

Después de ubicar el momento y los gestores-descubridores de la Anatomía, la Histología, la Fisiología, la Clínica, se resalta el nacimiento de un enfoque de la Patología que conserva su vigencia y que ha sido muy valioso para comprender la patogenia, tarea iniciada por Virchow y por Rokitansky en la segunda mitad del siglo XIX.

Se puntualiza como a partir del Renacimiento la Patología, como lo ha hecho la Ciencia en general cumple un itinerario que partiendo de Italia pasa a Inglaterra, luego a Francia, a Alemania y a Norte América, fuentes de las que los demás nos hemos nutrido; la Neurociencia tuvo además fuertes puntos de apoyo en España y Checoslovaquia.

Se ordena la secuencia de las bases de la Neurociencia que en Anatomía del Sistema nervioso nos legaron Santiago Ramón y Cajal y muchos otros, en Neurología Jean Martin Charcot y sus discípulos, en Neurocirugía Harvey Cushing y Herbert Olivecrona y en Neuropatología no pocos Maestros e Instituciones pioneras creadas por ellos haciendo referencia a las cinco más tradicionales: Instituto Kaiser Wilhelm en Berlin, Instituto Neurológico de Montreal, Armed Forces Institute of Pathology en Washington (AFIP), el Laboratorio de J. Godwin Greenfield en Londres y el organizado y dirigido en el Mass General Hospital - Universidad de Harvard en Boston por Raymond Adams.

Se da igualmente el justo reconocimiento a los Maestros e Instituciones latinoamericanas que dentro de su encomiable labor está la de haber contribuido, como lo han hecho los antes citados, a la formación de quienes entre nosotros regresaron para ayudar al desarrollo de la Neurociencia; lo demás surge como fruto de su tesonera labor creando Cátedras, Servicios y Programas en Universidades y Facultades que como todo en nuestro terruño, son todavía muy jóvenes y poblando el país de especia-

listas idóneos para el adecuado manejo de las dolencias del sistema nervioso.

Finalmente se resalta la ya voluminosa y densa contribución bibliográfica nacional y se hace muy elogiosa mención al desempeño que en el área de la Neurociencia ha tenido un grupo de compatriotas en el exterior.

Miguel Angel Asturias nos ha enseñado en su *Week - End* en Guatemala que es generoso "Dar de hablar" (1), por eso agradezco a ustedes que lo hayan hecho hoy conmigo y que además estén aquí para escucharme*.

En el siglo VI anterior a nuestra era Pitágoras de Samos fue el primero en relacionar el cerebro con la mente y luego Hipócrates consideró que sólo el cerebro nos permite pensar; siendo así bien vale la pena recavar en esta historia.

Conocer algo del pasado no es suficiente para adivinar el futuro pero sí nos ayuda de una manera realista a comprender por qué hemos podido llegar donde ahora estamos.

Consciente de todas las omisiones en las que voy a incurrir pido su benevolencia y me acojo a la sentencia de Pedro María Ibáñez en *Memorias para la historia de la Medicina en Santafé -1882-* "Para no ser infinita la historia prescinde de pequeñas particularidades que a veces encierran excepcional importancia" (2).

Siendo la historia, como lo es la vida una cadena de hechos, cualquier intento de división cronológica resulta por lo menos un poco artificial y por eso la que aquí propongo, irreal también desde luego, tiene a su favor ser muy corta y muy simple: a) Citaré en el ámbito universal algunos puntos de partida que sucedieron antes de finalizar la primera mitad del siglo XIX y selectivamente otros que ocurrieron entre 1850 y 2.000, esto porque creo que la Neurociencia con costumbres, métodos e instrumental que por convención llamamos "modernos" inició hace ciento cincuenta años. b) Los primeros esfuerzos y contribuciones nacionales los ubicaremos entre 1850 y 1950, aceptando que es justamente en la segunda mitad del siglo XX cuando en nuestro país crece la decisión de participar en esta tarea. Como todo lo demás entre nosotros, la Neurociencia también es joven, por eso no acusa fatiga.

Igual que para la ciencia en general para la medicina hubo puntos de partida a lo largo y ancho del planeta lo cual obliga a sintetizar, por ello diré sólo algunas palabras de lo ocurrido en Egipto y en Grecia.

Egipto se organiza como nación hacia el año 3.000 a.C. y durante 2.500 años su medicina fue la más respec-

da y aceptada y en varios de sus papiros se nota admirable "ojo clínico", se incluye el uso de plantas como terapia y se analizan no pocas alteraciones neurológicas. Entre los años 600 y 500 a.C. comenzó a ser desplazada por la medicina de Grecia. Es verdad que los griegos tuvieron a Asclepios pero también los Egipcios al gran Inhotep (aquel que trae la paz).

La tierra de Grecia fue sin duda particularmente fértil pues con su savia logró generar sabios y entre ellos los siete más conocidos han sido Tales de Mileto, Pítagoras, Bias, Creóbulo, Misón, Quilón y Solón a quienes se suman a veces Periandro y Anacarsis. Hipócrates (460-361 a.C) el Dios Griego de la medicina, nacido en la Isla de Cos casi medio milenio antes de esta era, nunca ha sido incluido en esta lista, lo que permite pensar que en algunos sitios los requisitos para ostentar el calificativo de sabio son muy estrictos. En ese ambiente de ciencia florecieron las primeras escuelas médicas: Crotona, Cnido y Cos. Desde la muerte de Hipócrates fue necesario esperar quinientos años para la llegada de Claudio Galeno (130-201) pero valió la pena porque con más aciertos que errores, de ellos y de muchos otros la medicina de Grecia evoluciona de la manera que Pedro Lain Entralgo define así: "La medicina griega se convierte hacia el año 500 a.C. en *Techne iatriké*, ars medica o "Arte de Curar". Del *mythos* se ha pasado definitivamente al *logos* y salvo en el nunca extinto inframundo de las prácticas supersticiosas y populares jamás dejará de ser técnica y científica la profesión del médico (3).

Dando un salto muy largo en el tiempo este arte de curar recibe un valioso legado de antepasados bien cercanos a nosotros. Fueron los incas (1.100-1.500) maestros tan exitosos en la trepanación del cráneo que llegaron a superar un 50% de sobrevida y según varios autores fueron las peruanas las primeras trepanaciones en la historia del hombre (4), información que la comunidad científica universal apenas comenzó a conocer hacia 1865. (5-7). Los mayas también practicaron la trepanación (8). Entre nosotros se han encontrado tres cráneos trepanados así, uno de mujer adulta en Sopó - Cundinamarca- a 2.640 msnm, otro también femenino adulto en Belén -Boyacá- a 3.000 msnm y un tercero de hombre adulto en Nemocón -Cundinamarca- y aunque se ha pensado que esta cirugía fue obra de la cultura Chibcha- Guane (9-12), tan pequeña casuística debe ser objeto de mayor confirmación, máxime si recordamos cuan cerca están nuestros vecinos peruanos y cómo fue habitual el tránsito Perú-Ecuador "por el camino de los incas". No queda duda en cambio que la trepanación fue parte de la práctica quirúrgica en la Europa medioeval

lo cual seguramente hizo que El Bosco pensara y plasmará en bello lienzo la forma de curar la demencia por extracción de la piedra de la locura (13).

Ninguna rama del saber puede sentirse distante de quienes por consenso llamamos creadores y guardianes de la ciencia, pues bien comprobado está que no basta con crearla, es preciso protegerla porque los traidores de la verdad no han faltado (14). Por ser tan numeroso el grupo de estos generadores de ideas que han llevado a enriquecer el conocimiento, en esta como en cualquier reseña breve apenas se mencionarán algunos. Muy grande es la deuda de la ciencia con Johannes Gutenberg (1397 - 1468) por su descubrimiento de la imprenta en 1440 rubricando su obra con la publicación de una Biblia de 42 líneas. Leonardo Da Vinci (1452 - 1527) descubre la magia de combinar la ciencia con el arte, se podría afirmar que con él nace El Renacimiento; sus notas que han quedado en doce cuadernos son motivo de análisis actual por Bill Gates porque se rumora que este gigante de la informática considera que existe allí información aun no aprovechada suficientemente.

Es punto de partida de la fisiología de los vertebrados el descubrimiento de la circulación sanguínea mayor en 1628 por William Harvey (1578-1657).

El naturalista sueco Carl Linneus (1707-1778) elabora las clasificaciones de plantas y animales que han resistido el más severo juicio para la biología, el paso del tiempo. La evolución y selección natural de las especies se comprende mejor a partir de los trabajos del naturalista inglés Charles Darwin (1809-1892).

Con Johann Gregor Mendel (1822-1884) se inicia el interés por la genética. Marie Sklodowska Curie (1867-1934) descubre el Radio y el Polonio y fue dos veces galardonada con el premio Nobel, de Física y de Química en 1903 y 1911. Un caso semejante y también único es el de Linus Pauling quien por crear conocimiento y predicar la manera de emplearlo a favor de la gente recibió el premio Nobel de Química en 1954 y el de la Paz en 1962. Una vida dedicada a salvaguardar lo que nos queda del Planeta fue la de Jacques Cousteau, a él lo movía una preocupación, si la naturaleza muere la ciencia también.

Especialmente afortunado le ha resultado a la ciencia poder girar alrededor de un eje. Esta directriz ha tenido muchos actores y de ellos los primeros cuatro pienso que pueden ser Nicolás Copérnico (1473-1543) astrónomo polaco que descubrió el movimiento de los planetas sobre sí mismos y alrededor del sol y con su libro *De Revolutionibus* comunicó estos hechos en 1543; Galileo Galilei (1564-1642) nacido en Pisa - Italia descubre las

leyes de la gravedad, construye el primer telescopio astronómico en Venecia en 1609 y fue un defensor del sistema cósmico de Copérnico. No aceptó el mundo perder a Galileo y por eso el mismo año de su muerte nace en Wolsthorpe-Inglaterra.

Isaac Newton (1642-1727) quien descubre las leyes de la gravitación universal y de la descomposición de la luz y al mismo tiempo que Leibniz las bases del cálculo infinitesimal. Tras siglo y medio de espera nace en Alemania Albert Einstein (1879-1955) quien entre otras cosas concibe y divulga la teoría de la relatividad.

La medicina a imagen de otras ramas del conocimiento y aproximándonos ya a las costumbres actuales, encuentra sus raíces más frescas a partir del Renacimiento (1450-1600). La patología fue la más beneficiada con la aparición entre 1507 y 1793 de los primeros cuatro libros clásicos:

1. De abditis Nonnullis ac mirandis morborum et sanationum causis (de las causas ocultas y milagrosas de las enfermedades y su curación), por Antonio Benivieni - 1507.
2. De humani corpori fabrica, por Andreas Vesalio - 1543.
3. De sedibus et morborum per anatomen indagatis, por Giovanni Battista Morgagni - 1760.
4. Morbid anatomy of the most important parts of the human body, por Mathew Baillie - 1793, primer texto de patología en inglés y primero que incluye figuras; traducido al italiano, francés, alemán y ruso (15).

Pero además de este tesoro bibliográfico, la patología requería de otros puntos de apoyo y así ocurrió porque entre los siglos XVII y XVIII tres pioneros descubren y enseñan la histología, ellos son Marcello Malpighi (1628-1694), primer usuario del microscopio para penetrar en la intimidad de los tejidos, Giovanni Battista Morgagni (1682 -1771) y Marie Francois Xavier Bichat (1771-1802). También fueron tres los titanes que estudiando la función descubrieron la fisiología, en primer lugar Claude Bernard (1813-1878) cuyas lecciones en el Colegio de Francia han sido publicados en 18 tomos (16), los reflejos condicionados y la actividad nerviosa superior es la más preciada herencia de Ivan Petrovich Pavlov (1849-1936) (17) y Charles Scott Scherrington (1857-1952) quien para muchas de sus investigaciones se apoyó en los descubrimientos de Cajal, los cuales a su vez resultaron fortalecidos.

Conociendo la estructura y la función el momento es propicio para que la Clínica se consolide y esta es la inmensurable contribución de William Osler (1849-1919) en el Hospital John Hopkins. Su texto clásico *The Principles and Practice of Medicine*- 1892 reeditado muchas veces, incluye varios trastornos neurológicos tratados magistralmente. Su actitud hacia la patología fue tan respetuosa que llegó a exclamar "si me dices cómo está tu Patología yo te diré como va tu Medicina". Su biblioteca es hoy patrimonio de la Universidad de Mc Gill en Montreal (18).

Bien cimentado el concepto de lo que se ha dado en llamar "Medicina interna" comienza este árbol a ramificarse, la rama que nos interesa hoy es la Neurología, término acuñado por Thomas Willis en 1664 y que él interpretó como "Doctrina de los nervios". La neurología adquiere su identidad como especialidad con Jean Martin Charcot (1825-1893) (19) (Fig. 1) en La Salpêtrière (Fig. 2) donde reemplaza a Vulpian regentando la primera cátedra y publicando el primer texto. (Fig. 3).

Tan avanzada ya la comprensión de función y disfunción cerebral Paul Broca introduce en 1865 el concepto de topografía y lenguaje (20-21). Todas las áreas, pero la clínica en primer lugar encontraron muy rica fuente de información cuando Billings y Fletcher en 1879 iniciaron el *Index Medicus*.

Si como sabemos la clínica es la expresión de la alteración de la función, contamos ya antes de finalizar el siglo XIX con información bastante rica sobre estructura, función y disfunción del ser humano pero faltaba que surgiera la patología para poder comprender la patogenia de la enfermedad. Dos pioneros, Rudolf Virchow y Karel Rokitsky llenan este vacío. Virchow (1821-1902) promulga que el origen de la enfermedad está en el daño de los diferentes componentes de la célula y publica en 1858 la que desde entonces se conoce como Teoría Celular de la Patología (*Die Cellular Pathologie in ihren Begründung auf Physiologische und Pathologische Gewebelehre*). A la Neuropatología aportó los términos Neuroglia, Mielina y Glioma (22, 23), (fig.4).

Karel Rokitsky (1804-1878) inicia su desempeño en Hradec Hralové (hoy República Checa) va luego a Praga y se traslada a Viena para fundar e impulsar allí la apenas naciente especialidad. Existen buenas razones para que la historia lo recuerde como "El Líneo de la Patología". (24).

Considero abonado el terreno para comenzar ya la historia que pretendo contar y para después de muy sucintamente referirme a la estructura íntima del sistema nervioso,

utilizar con mayor libertad el término neurociencia. En ese examen de células, vías e interconexiones, varias veces comparado con la labor de los más expertos relojeros suizos, han intervenido no pocos talentos. Es bueno anticipar que hacia el 1.600 a. C. en el papiro de E. Smith se cita por primera vez la palabra cerebro; el cual según un dibujo de Leonardo, tres mil años más tarde contenía tres ventrículos que albergaban en el posterior la memoria, en el medio el análisis y el raciocinio y en el anterior la imaginación. El mismo fue el primero en corregir esta antigua creencia utilizando parafina para llenar el sistema ventricular. Si en un todo se pudiera hablar del elemento fundamental diríamos que la neurona lo es para el Neuroeje. A la neurona con su penacho cilíndro-eje- dendritas dedicó Santiago Ramón y Cajal (fig. 5) la máxima atención. Es a la contigüidad y no continuidad entre sus dendritas a lo que se ha llamado "Doctrina de la Neurona" -1899- (fig.6) (25-27). F. Nissl, O y C Vogt, K. Brodmann y G. Von Bonin han contribuido nota-



Figura 1. Jean Martin Charcot, creador de la Neurología



Figura 2. La Salpêtrière, cuna de la Neurología

LEÇONS
SUR LES
MALADIES DU SYSTÈME NERVEUX

FAITES A LA SALPÊTRIÈRE

PAR
J.-M. CHARCOT

Professeur à la Faculté de médecine de Paris, Médecin de la Salpêtrière,
Membre de l'Académie de médecine, de la Société clinique de Londres,
de la Société étiologique de Buda-Pesth,
de la Société des Sciences médicales de Bruxelles
Président de la Société anatomique,
Ancien vice-président de la Société de Biologie, etc.

RECUEILLIES ET PUBLIÉES

PAR

BOURNEVILLE

Rédacteur en chef du *Progress médical*.



TOME PREMIER

Quatrième édition.

PARIS

ADRIEN DELAHAYE ET E. LEGRONNIER, ÉDITEURS
PLACE DE L'ÉCOLE-MÉDICALE

1880

1075 10000 100000

Figura 3. Primer texto de Neurología

blemente al análisis de las afinidades tintoriales y a la organización laminar de esta célula en la corteza cerebral. La neurona es una célula muy polifacética y se estima que su número en el cerebro normal humano puede alcanzar la cifra de 10^{10} . La neuroglia básicamente está representada por astrocitos y oligodendrocitos. Los astrocitos identificados originalmente por C. Golgi en 1885 fueron objeto de particular interés para S. Ramón y Cajal, N. Achúcarro y M. Bielschowsky. La oligodendroglia lo mismo que la microglia (sistema retículoendotelial del cerebro) fueron descubiertos por Pio del Rio Hortega (28). Entre los principales estudiosos de la vaina de mielina figuran W. Spielmeyer, S. Korey y de una manera que revela ejemplar tenacidad y aporta la más profunda información disponible, Humberto Fernández Morán. La red vascular se conoce bien gracias a trabajos como los de T. Willis, H. Vander Ecken Duvernoi y muchos otros. Los demás elementos constitutivos del neuroeje son pares craneanos, meninges, plejo coroides, sistema nervioso periférico y autónomo y la uni-



Figura 4. Rudolf Virchow, Gran Maestro de la Patología

dad motora. El conocimiento de lo normal es básico para poder establecer diferencias con lo patológico, así se ha iniciado la patología y por supuesto comienza así la neuropatología, primero tisular y celular y más tarde subcelular y molecular.

Es conveniente permitir que la ciencia y la tecnología permanezcan unidas en vez de hacer esfuerzos tontos e inútiles por distanciarlas. En el caso de la neurociencia no habría llegado donde está hoy si no hubiese empleado un instrumental y una tecnología en cada una de sus ramas pero particularmente útil en clínica y en patología. Algunos de estos instrumentos y técnicas son el oftalmoscopio creado por Hermann von Helmholtz en 1851, los Rayos X descubiertos por W.C. Roentgen en 1895 (29); por Rx Oppenheim identifica en 1899 alteraciones de la silla turca. Walter Dandy en 1918 descubre la Ventriculografía inyectando previamente aire (30). En 1927 Egas Moniz y Almeida Lima introducen la angiografía y Hans Berger, alumno y sucesor de Binswanger descubre en 1929 actividad eléctrica en el cerebro humano (31).

El perfeccionamiento de las imágenes tras el descubrimiento por Alan Cormack y Godfrey Hounsfield de la tomografía axial computarizada en 1975, complementada luego por la resonancia nuclear magnética, la tomografía de emisión de positrones entre otras, ha constituido la ayuda diagnóstica más útil lograda hasta ahora. La punción lumbar permite medir la presión, observar el aspecto macroscópico del líquido cefalorraquídeo y hace posible su estudio bacteriológico y citológico.

La presencia constante o muy frecuente de algunos signos clínicos en diferentes entidades neurológicas se ha convertido en otro punto de apoyo para el diagnóstico, entre ellos los más clásicos fueron descritos originalmente por Romberg (1840-46) Angyll Robertson (1869), Lasèque (1881), Kernig (1882), Babinski (1896), Brudzinski (1909), (Lhermitte (1924) (32).

La patología y desde luego entre sus ramas la neuropatología también ha venido enriqueciendo su instrumental. A Leewenhoek y otros comienzan la elaboración de lentes que se fueron convirtiendo en microscopios cuando aun era joven el siglo XVII. El primer micrótopo fue construido por Oschatz en 1843. En 1868 AWV Hoffman encuentra la fórmula química del formol $-HCOH-$ y en 1894 F. Herman se da cuenta de su calidad como fijador. Las técnicas que utilizan sales de metales pesados, plata y oro para teñir el tejido nervioso fueron creadas por Camilo Golgi y Santiago Ramón y Cajal cuando terminaba el siglo XIX y se iniciaba el XX; esta y otras contribuciones hicieron que ambos compartieran el premio Nobel de Fisiología y Medicina en 1906.

Entre 1928 y 1934 E. Ruska construye el primer microscopio electrónico con el cual ya en 1933 pudo aumentar la imagen diez mil veces. Esta evolución del microscopio desde su elemental original modelo hasta la aparición del creado por Ruska tomó trescientos años y ha sido descrita de manera muy didáctica por Kalderon (33) La microscopía de luz introdujo complementos como el contraste de fase, la luz polarizada, la fluorescencia. Posteriormente se fueron implementando el cul-



Figura 5. Santiago Ramón y Cajal diagramando el sistema nervioso.

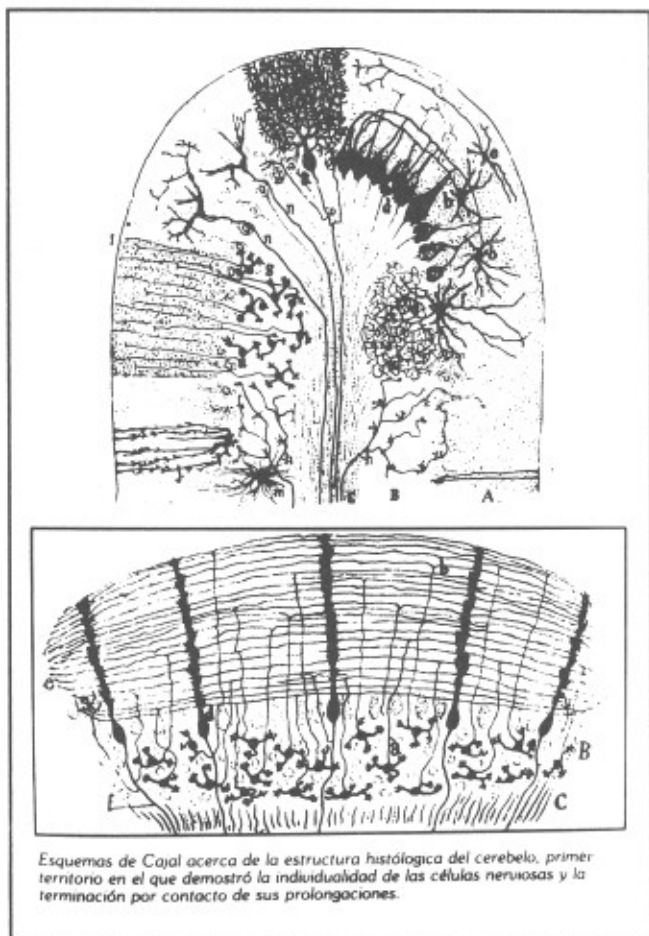


Figura 6. Dibujo realizado por Santiago Ramón y Cajal que muestra contiguidad y no continuidad entre los penachos axónico-dendríticos "Doctrina de la neurona"

tivo de tejidos con un gran aporte de Pomerat en Pasadena, la inmunohistoquímica y hacia 1970 los marcadores tumorales. Mención especial merece el árbol *Hematoxylon campechianum* del cual se extrae la hematoxilina para la tinción H&E la más empleada en patología. Esta leguminosa popularmente llamada "palo campeche" existe entre nosotros en el Chocó y la Costa Atlántica (34).

Lo mismo que la ciencia como un todo, desde el Renacimiento la patología cumple un itinerario que partiendo de Italia pasa a Inglaterra, luego a Francia, a Alemania y a Norte América y los demás nos hemos nutrido de todas estas fuentes. La Neuropatología, que por su amplio espectro a veces mencionamos como sinónimo de neurociencia, ha reposado además en España y en Checoslovaquia; justo entonces es citar siquiera algu-

nos de los pioneros en cada uno de estos países. En Italia Camilo Golgi (1843-1926), Vittorio Marchi (1851-1908), Giovanni Mingazzini (1859-1929), Adelchi Negri (1876-1912), Gaetano Perusini (1879-1915); en Inglaterra Augustus Volney Waller (1816-1870), Jhon Hughlings Jackson (1835-1911), Edward Farquhar Buzzard (1871-1945) quien publica en 1921 con J. Greenfield, *Pathology of the nervous system*, Samuel Alexander Kinnier Wilson (1878-1937); en Francia Jean Martin Charcot (1825-1893), Pierre Marie (1853-1940), Jules Joseph Dejerine (1849-1917), Desire Magloire Bourneville (1840-1909), Louis Pasteur, cuya vacuna antirrábica, la primera para una enfermedad neurológica, presentada ante la Academia Francesa de Ciencias en octubre de 1885 es apenas una de sus múltiples contribuciones; en Alemania Rudolf Ludwig Karl Virchow (1821-1902), Nicolaus Friedreich (1825-1882), Friedrich Daniel von Recklinghausen (1833-1910), Carl Wernicke (1848-1905 Tarnowitz-Polonia), Adolf von Strumpell (1853-1925), Franz Nissl (1860-1919), Alois Alzheimer (1864-1915), Max Bielschowsky (1869-1940), Walter Spielmeier (1879-1935), Alfons Maria Jakob (1884-1964), Ernst Kretschmer (1888-1964), Emil Kraepelin (1855-1926). La inclusión de los dos últimos, maestros de la psiquiatría, es para recordar como era de estrecha esta integración justamente cuando iniciaba la actual centuria y porque nuestra Psiquiatría desde entonces tiene una deuda académica con Ernst Kretschmer.

En España al lado de Santiago Ramón y Cajal (1852-1934) sobresalen Nicolás Achúcarro (1881-1918), Pio del Río Hortega (1882-1945), Jorge Francisco Tello (1880-1958) y en Checoslovaquia rindamos homenaje a la memoria de Johannes Evangelista Purkinje (1787-1869), Arnold Pick (1851-1924), Hermann Schlesinger (1866-1934), Emil Redlich (1866-1930)s

Es fácil notar cómo los mencionados al lado de otros nombres aparecen identificados con las diferentes enfermedades de la Neurología, esto simplemente porque ellos las descubrieron, las estudiaron e hicieron lo posible para dejarnos tan selecta herencia.

Como Ruy Pérez Tamayo nos ha indicado que es preciso dividir las enfermedades en "viejas" y "nuevas" (35) voy a parodiarlo clasificando las enfermedades del sistema nervioso como "clásicas" y "más jóvenes". Las más clásicas pueden ser la parálisis agitante descrita en 1817 por James Parkinson (36), la hemorragia intracerebral (apoplejía) como la describieron en 1868 Charcot y Bouchard, la esclerosis lateral amiotrófica que también describió Charcot acompañado por A. Joffroy en 1869, la variedad

de Corea inicialmente reseñada por George Huntington en 1872, la esclerosis múltiple, de nuevo Charcot, en esta ocasión con Bourneville y Seguin en 1912, la degeneración lenticular progresiva originalmente estudiada por Wilson en 1912. Cada una de estas entidades y sus descubridores han sido justamente objeto de voluminosa bibliografía y lo mismo puede decirse de las demencias, epilepsia, tumores, infecciones y otras.

Llamo enfermedades más jóvenes a una selección muy subjetiva de aquellas que se han venido comprendiendo mejor durante el siglo XX y entre las cuales figuran en primera línea las que dependen de alteraciones químicas o genéticas, algunas de etiología viral y las primeras luces brillantes en el enmarañado campo de las neoplasias del neuroeje. Un punto de referencia es el año 1908 cuando Sir Archibald Garrod estableció por primera vez una relación entre química y enfermedad tras sus hallazgos en alcaptonuria, cistinuria, albinismo y pentosuria. Un año después (1909) Wilhelm Johansen acuña la palabra Gen que en griego significa que da origen. Beadle y J. Tatum nos enseñan en 1941 que la función de los genes es producir proteínas y en 1949 Linus Pauling investigando en anemia de células falciformes descubre que las mutaciones causan alteración de la estructura protéica. Un hecho de especial trascendencia fue la síntesis del DNA lograda en 1962 por J. D. Watson y F. Crick quienes lo transmitieron a la comunidad científica en su magistral texto "Biología Molecular del Gen" (37). Entre 1954 y 56 D. C. Gajdusek y V. Zigas piensan que la enfermedad que afecta las regiones de Okapa, Kainantu y otras en la Nueva Guinea y que denominan Kuru (tiritar de frío o de miedo) es causada por un virus nuevo no convencional y para esta y otras entidades que comparten semejanzas B. Sigurdsson propone la denominación "Enfermedades virales lentas" de amplia aceptación hasta 1982 (38, 38a, 39, 39a) cuando los trabajos de Stanley Prusiner (40, 41) reúnen documentación suficiente para cambiar conceptos y términos (entre 1982 y 84) e impregnar la literatura de priones y enfermedades priónicas (42).

Las clasificaciones de tumores que vienen de años atrás son revisadas y actualizadas por K. Zulch L. Rubinstein J. Kepes y otros diez y siete expertos en 1979 por encargo de la Organización Mundial de la Salud (43), John Kepes mas tarde publica el libro, hasta ahora mas ilustrado y didáctico sobre meningiomas (44); entre 1980 y 1985 tenemos que fijar nuestra atención en los Retrovirus Humanos. El HIV es descubierto en el Instituto Pasteur por Luc Montagnier y el HTLV₁ como causa de linfoma de células T es contribución de Poiesz (1980), pero su responsabilidad como causa de Paraparesia espástica la notó inicial-

mente J. C. Vernant en Martinica en 1985. No menos significativa, aunque menos difundida es la obra de Ludwig W. Thudichum, con él empieza en 1901 la neuroquímica. Reciente y creciente ha sido la identificación de neurotransmisores que vienen aclarando dudas a los fisiólogos, descifrando no pocos "misterios" a los psiquiatras y contestando para la neurociencia en general múltiples interrogantes. Para engrosar el número de las que hemos llamado entidades de más reciente identificación está todo el capítulo que se conoce como patología subcelular con representantes como mitocondrio-patías, lisosomopatías, canalopatías (45-46).

Prusiner ha definido que los priones son partículas protéicas infecciosas, carentes de ADN y ARN y por ello resistentes a la inactivación por procedimientos que modifican los ácidos nucleicos, pero en cambio sensibles a los métodos disponibles para degradar proteínas y a esta circunstancia obedece su denominación actual PrP (Proteína Priónica) y de ellas la primera aislada PrP^{sc} (Proteína Priónica Scrapie) con un peso molecular de 33 a 35 Kd, es codificada por un gen localizado en cromosomas de la célula huésped. Estos priones pueden afectar otros vertebrados y al hombre como se observa en la tabla 1.

Para un buen manejo de cada enfermedad se requiere sine qua non conocer su epidemiología y como ejemplo mencionemos primero las entidades neurológicas que tienen una distribución geográfica que por lo selectiva hacen más fuerte esta afirmación.

El complejo Parkinsonismo-Demencia limitado a las Islas Marianas del Pacífico Occidental donde ha causado estragos a los integrantes de la tribu Chamorro; problema estudiado inicialmente (1954-55) por L.T. Kurland y D.W. Mulder y objeto de muy devota investigación a partir de 1961 por Asao Hirano y su grupo (47).

La encefalitis del tallo cerebral llamada también "letárgica" apareció y se mantuvo en el centro de Europa preferencialmente en Austria entre los años 1916 y 1920 cuando fue descrita por Constantino von Economo.

También ha sido bien delimitada el área afectada por la encefalitis rusa de primavera-verano, la eslovaca, la japonesa y la de Madagascar. El Kuru al que ya hicimos alusión no ha salido de la Nueva Guinea y puede esperarse que no saldrá porque con el cambio de hábitos en la población afectada, que hace años aceptó abandonar el consumo de carne humana, está desapareciendo.

La epilepsia de A. Koshevnikov, consecutiva a una encefalitis transmitida por garrapatas, fue descubierta por

Tabla 1. Enfermedades de etiología priónica**A- De vertebrados varios.**

Enfermedad	Hospedero
* Scrapie	Ovejas y cabras
* Encefalopatía espongiiforme bovina.	Ganado bovino
* Encefalopatía de visión	Visón
* Encefalopatía caquetizante	Venado y alce
* Encefalopatía espongiiforme felina	Gatos
* Encefalopatía unglulada exótica	Nyala, gran kudu

B - Enfermedades humanas

- * Kuru
- * Enfermedad de Creutzfeldt – Jakob (ECJ)
- * Enf. de Gerstmann – Straussler – Scheinker (GSS)
- * Insomnio familiar fatal (IFF)
- * Miopatía con cuerpos de inclusión

este autor en 1894 y sólo se ha visto en la ribera del río Vilyui en Siberia.

En contraposición tenemos el grupo de enfermedades más voluminoso y desde luego más conocido porque son las que no respetan fronteras, son universales y entre ellas, no citándolas todas, tenemos las enfermedades cerebrovasculares, tumores, infecciones de etiología variada incluyendo bacterias, hongos, parásitos y algunos virus como sarampión (48-49) herpes (50) rábico (51) y los antes mencionados retrovirus; también caben aquí algunos procesos desmielinizantes, el más impactante de ellos la esclerosis múltiple (52).

Entre las instituciones pioneras en neurociencias cuya influencia está ligada al avance que se viene relatando debemos traer a la memoria por lo menos estas cinco:

1. Instituto Kaiser Wilhelm para investigaciones cerebrales en Berlín; su primer director Oscar Vogt y su grupo incluía a Korbinian Brodmann, Max Bielschowsky y Maximilian Rose.

2. Instituto Neurológico de Montreal dirigido durante años por Wilder Penfield; el mejor ejemplo de fusión entre la neurofisiología, la neurología y la neuropatología. Entre sus discípulos están Kenneth M. Earle y Dorothy Russell quien a su vez entrenó a Lucien J. Rubinstein en Inglaterra.

3. AFIP Armed Forces Institute of Pathology en Washington; inaugurado por el presidente Eisenhower en 1955 – La meca de la patología americana. El 1º director del Departamento de Neuropatología fue Webb Haymaker; el actual, nuestro compatriota graduado en la Universidad Nacional, Hernando Mena.

4. J. Godwin Greenfield – 1884-1958 Londres. El ha sido la institución.

5. Raymond Adams, su grupo, su departamento, su cátedra en el Mass General Hospital- Universidad de Harvard en Boston ha significado para lo que a Colombia toca la más prolífica escuela, muchos de los nuestros se han formado en este centro.

Una costumbre que la patología tuvo en el pasado fue organizar museos, primordialmente con fines docentes; de ello la neuropatología obtuvo múltiples dividendos pero de especial valor estos dos: a) La colección de más de novecientos cerebros elaborada por Paul Ivan Yakovlev (1894-1983) y cedida por él al Armed Forces Institute of Pathology en Washington donde actualmente reposa (53), b) el Army Medical Museum también en Washington, del cual sabemos que ya para 1937 contaba con 150.000 piezas anatómicas.

Antes de concentrarnos en aspectos más locales hagamos referencia a dos de los más connotados pioneros que ha tenido la neurocirugía en el ámbito universal y a seis maestros en neurociencia, latinoamericanos que con justicia merecen el mismo calificativo; ciudadanos del mundo cuyo influjo benéfico no podemos ignorar, los primeros son: H. Cushing y H. Olivecrona, Harvey Cushing (1869-1939), discípulo de William Halsted el iniciador de la cirugía moderna en el H. John Hopkins; Cushing crea en Boston en 1920 la Society of Neurological Surgeons. Entre 1920-30 propone con P. Bailey una muy original clasificación de tumores cerebrales y en 1932 una estadística de mortalidad quirúrgica en 2.000 pacientes con tumor cerebral. Su biografía de W. Osler lo hizo merecedor del premio Pulitzer en 1926. Su biblioteca reposa en la Universidad de Yale. René Leriche resume así la vida de Cushing: "Es la historia de un gran espíritu a la búsqueda de un orden nuevo" (54-56). Herbert Olivecrona, la sede de su trabajo y de su cátedra, cuna de numerosos discípulos, fue el Instituto Karolinska en Estocolmo.

Del trabajo en Latinoamérica quiero como anuncié y en honor a la síntesis limitarme a los siguientes nombres:

Pio del Río Horteiga – Trabajó con Achúcarro y con S. Ramón y Cajal, viajó a Buenos Aires en 1940 y pasó a la Facultad de Medicina de la Plata en 1943; su máxima

contribución está dedicada a citomorfología y estructura del tejido nervioso; fue el descubridor de la microglía y de la oligodendroglia. Moisés Polak su alumno preferido en Argentina, imitando a su maestro propuso una clasificación para los tumores del sistema nervioso (57-58). Alfonso Asenjo – su cátedra de neurocirugía iniciada en 1939 en Santiago de Chile genera en 1951 el Instituto de Neurocirugía e Investigaciones Cerebrales. Manuel Velasco funda en ciudad de México el Instituto Nacional de Neurología y Neurocirugía. Eduardo de Robertis (1913-1988); la sinapsis fue su campo de mayor interés, su sede Montevideo y Buenos Aires. Humberto Fernández, es quién más ha aportado a la ultraestructura de la mielina; nacido en Maracaibo –Venezuela– se gradúa médico en Munich, doctor en biofísica del Instituto Karolinska, dirigió el IVIC en Caracas fundó el Laboratorio de Microscopía electrónica del Mass General Hospital y ha dirigido el laboratorio de microscopía electrónica más avanzado del mundo “Instituto Enrico Fermi” en Chicago.

Mientras la ciencia y específicamente la medicina avanzaban en muchos lugares, nuestro país, con una excepción única en el siglo XVII esperó hasta la segunda mitad del XIX para crear las primeras universidades, facultades y academias (59-61) con el siguiente itinerario:

En 1653 Fray Cristóbal de Torres funda el Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario con filosofía, jurisprudencia y medicina.

El 13 de enero de 1868 inicia labores la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional.

En 1872 comienza en Antioquia una enseñanza metódica de la medicina acatando el decreto orgánico del 14 de dic. de 1871. La Ley 71 de 1890 da el carácter de Academia Nacional de Medicina a la Sociedad de Medicina y Ciencias Naturales de Bogotá creada en 1873. La Academia de Medicina de Medellín antecede a la Nacional en casi cuatro años.

El Instituto Nacional de Salud nace en 1917 en el laboratorio privado de Bernardo Samper Sordo y Jorge Martínez Santamaría, dedicado a la salud pública.

Si revisamos la participación colombiana al desarrollo de las neurociencias en el lapso 1850-1950 resulta posible sacar algunas conclusiones, veamos:

La primera cirugía de cráneo en nuestro país fue practicada por Antonio Vargas en 1850 (62) y se acepta que fue quirúrgico el tratamiento que realizó J. Nicolás Osorio en 1866 a una herida craneoencefálica (63). Mucho antes de las primeras clasificaciones clásicas de tumores

cerebrales R. Rocha ofrece un primer intento taxonómico en 1867 (64). La primera trepanación de cráneo la practicó aquí según A. Bonilla Naar (65) Samuel Fajardo al paciente Julio Madero y el primer abordaje a un tumor cerebral es practicado en Medellín por T. Quevedo, A. J. Peláez y J.B. Londoño en 1893, tan sólo 14 años después de que W. Maceween operara el primero en el mundo (66-67). Después de aclarada la etiología de la sífilis por F.Schaudinn y por H. Noguchi entre 1905 y 1913 (68-69) creció en la Universidad Nacional el entusiasmo por estudiar esta infección, tan lesiva como incomprendida hasta entonces y los resultados fueron objeto de tesis de grado y otros escritos entre los cuales sobresale el publicado en 1934 bajo el título Sífilis del sistema nervioso en niños de Bogotá por Calixto Torres Umaña (70) doce años antes que se conociera el libro de H. Merritt (71). En su tesis de 1948 laureada por la Universidad Nacional, Francisco Lourido hace un buen balance en cuanto a nuestros logros neuroquirúrgicos hasta ese momento y menciona textualmente “La neurocirugía –fracturas, hemorragias, abscesos, entre nosotros fue inicialmente practicada por cirujanos generales y entre ellos los más hábiles Pompilio Martínez y Juan N. Corpas” (72). Bajo el título “Cirugía de las psicosis” o más simplemente “Lobotomías” Mario Camacho realiza entre 1942 y 1950 un total de 57 intervenciones (73-74); las múltiples críticas de autorizados psiquiatras como Edmundo Rico, las propias reservas expresadas por el autor y la controversia universal hicieron que esta practica se abandonara, a pesar de haber encontrado otros devotos como Alvaro Fajardo, quien además introdujo a nuestra psiquiatría el electrochoque. Se anticipó a estos sucesos A. Prósper Reverend cuando en 1830 practicó la autopsia al libertador Simón Bolívar y en su protocolo describe hallazgos que pueden corresponder a meningitis tuberculosa.

Un claro indicio que la psiquiatría en nuestro medio, siguiendo el ejemplo universal de comienzos del siglo XX se mantenía integrada al contexto general de la neurociencia, es la creación en 1944 de la Sociedad Colombiana de Psicopatología, Neurología y Medicina legal.

Uno de sus 17 miembros fundadores, Miguel Jiménez López, a su regreso de Europa asume la dirección de nuestra primera cátedra psiquiátrica creada en 1913 por Ley de la República como Cátedra de Medicina Mental y Nerviosa. Jiménez, graduado en 1899 en Bogotá, viajó a París y fue discípulo de Babinski, Guilles de La Tourette, de la Escuela de Charcot y recibe enseñanzas de Dupré y luego de Kretschmer en Tubingen. (75). De sus hijos Ale-

jandro ha contribuido notablemente a la salud y a la educación médica de nuestro país.

Una de las conclusiones queda resumida en la afirmación hecha por Andrés Rosselli refiriéndose al estado de cosas a comienzos de los cincuenta "Basta con decirles que los pacientes neurológicos eran prácticamente pasados por alto en las revistas clínicas como si fueran excluidos de la medicina" (76). Este punto de vista generó una decisión sabia y noble; Andrés Rosselli crea entre 1956-58 en el Hospital Militar Central el primer servicio de neurología de nuestro país.

La otra conclusión, que se apoya suficientemente en lo que sigue, es que visiblemente en el lapso 1950-2000 se afianza entre nosotros la decisión de participar, pero en grado tan sorprendente que me atrevo a compararlo con el cambio de ritmo que la neurociencia universal exhibe en sus últimos ciento cincuenta años.

Surgen nuestros servicios y cátedras con la secuencia siguiente: En 1950 Ernesto Bustamante, entrenado en Santiago de Chile por Alfonso Asenjo, crea en la Universidad de Antioquia la primera cátedra de Neurocirugía y Neurología que permanecen unificadas hasta 1980 (77). Ya explicamos que la neurología esperó el regreso de A. Rosselli desde Boston donde recibió las enseñanzas del grupo liderado por Raymond Adams para instalar su primer servicio con la ventaja adicional de haberlo hecho con una lente panorámica dada su visión muy integral del paciente que le ha ayudado más que a nadie entre nosotros, a aproximar la neurología a la psiquiatría comprendiendo por ejemplo a fondo las teorías de David Torsten y Roger Sperry sobre diferencias en la función de los dos hemisferios cerebrales. Entre 1950-60 se organiza el Servicio y la Cátedra de Neurocirugía en el Hospital San Juan de Dios - Universidad Nacional, Mario Camacho entrenado años antes en New York por Foster Kennedy ha iniciado el diseño cuando llega el apoyo de Alejandro Jiménez, entrenado en Chile, en el Instituto Neurológico de Montreal y en New York, de Salomón Hakim entrenado en Boston - Mass. General Hospital- U. de Harvard con Raymond Adams y de José Mora que recibió enseñanzas de Herbert Olivecrona en el Instituto Karolinska.

La cátedra de neurología de la Universidad Nacional es organizada en el Hospital San Juan de Dios en 1961 por Ignacio Vergara y por Jaime Potes, entrenados respectivamente en New York y en Londres. La neuropatología apoya las especialidades clínico-quirúrgicas desde 1962 cuando Gabriel Toro regresa de su entrenamiento realizado con la tutoría de Jindrich Fisher, Vaclav Jedlicka,

Rudolf Vanecek y Kamil Henner en la Universidad Carlos de Praga.

En Medellín cuando en 1980 la neurología y la neurocirugía se separan como unidades independientes, asume la dirección de neurología Carlos Santiago Uribe entrenado en el Mass. General Hospital; este grupo se fortificó con la presencia de Rodrigo Londoño, Federico López, Jorge Holguín y muchos otros (78). Por los años sesenta en Cali, Carlos Alberto Acevedo comienza actividades en neurocirugía y Henry Tellez en neurología.

Muy oportuno refuerzo para estos grupos fue la creación de la Escuela de Anestesiología en el Hospital San José en Bogotá por Juan Marín, la iniciación de prácticas de electroencefalografía por Sierra en Bogotá y por L.C. Posada en Medellín hacia 1950 y los avances en encefalografía gaseosa por F. Convers desde 1938 (79).

Los programas de especialización y otros grupos de trabajo en las diferentes ramas de la neurociencia todos han sido creados después de 1960 lo mismo las sociedades (con la única excepción antes anotada) y las revistas.

Mención especial merecen dos de estas ramificaciones, la Liga Colombiana contra la Epilepsia fundada en 1964 en Cartagena por Jaime Fandiño cuando regresó de su entrenamiento con H. Olivecrona y Lars Leksell; a ejemplo de esta en 1969 Carlos Medina organiza en Bogotá la Liga Central contra la Epilepsia.

La segunda rama se robustece con el Departamento de Medicina, Física y Rehabilitación de la Facultad de Medicina de la Universidad Nacional creado por Jorge Pardo en 1959 cuando regresó del Bellevue Hospital de New York donde realizó su entrenamiento con Howard A. Rusk el iniciador de esta especialidad en el mundo (80).

Otra fundación que creó expectativas fue el Instituto Neurológico, infortunadamente en la actualidad cerrado; es preciso reanimarlo o sustituirlo.

A propósito de la epilepsia puede afirmarse que califica como "Enfermedad vieja y nueva" porque nunca ha estado ausente, aparte de contar entre sus pacientes grandes personalidades, entre ellas Alejandro el Grande, Napoleón, Julio Cesar, Buda, Mahoma, San Pablo Apóstol, Sócrates, Lord Byron, Pascal, Fyodor Mikhailovich Dostoievski, Gustave Flaubert, Vincent van Gogh (81-83).

De la demencia también puede decirse que es tan antigua como el hombre y el análisis de la manera como ha evolucionado su estudio para llegar al conocimiento que

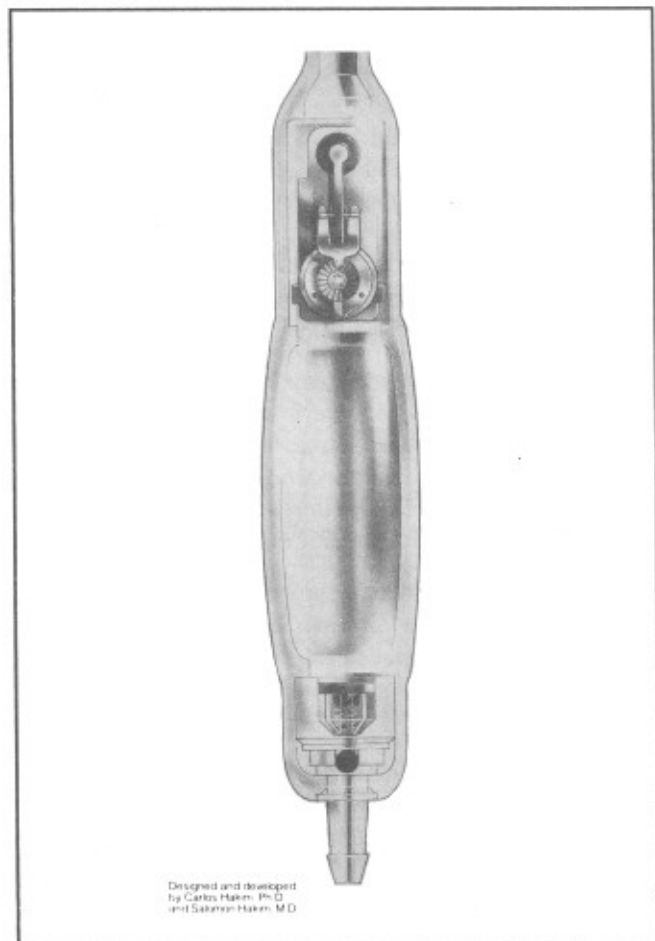


Figura 7. Válvula de la mayor eficiencia en el tratamiento de la Hidrocefalia, ideada por Salomón Hakim y perfeccionada por Carlos y Salomón Hakim

hoy se tiene de este polifacético proceso, que creo es la mayor tragedia que puede sobrevenir al ser humano, resulta sin duda apasionante (84). Los dos grupos que más están aportando para aclarar qué representa entre nosotros la demencia, preferencialmente la de tipo Alzheimer, son el liderado por Francisco Lopera en la Universidad de Antioquia (85) y por Martine Jacquier en el Instituto Nacional de Salud (86).

Entre los aportes colombianos a la neurociencia nos honra especialmente uno que ha trascendido las fronteras y que justificadamente la comunidad científica llama "El síndrome de Hakim", pero no es sólo el síndrome, hidrocefalia normotensa del adulto, manifestado por demencia progresiva, trastornos de la marcha, incontinencia de esfínteres y otras molestias; es la terapia con una válvula que él y su hijo Carlos han perfeccionado tras siete años

de una labor que además de aguda imaginación y habilidad exige un conocimiento profundo de la dinámica de la cavidad craneana (87-90) (fig.7).

Como es apenas obvio la producción bibliográfica cada vez va aumentando su caudal y mejorando su calidad. También es motivo de complacencia la eficiencia con la que un grupo de compatriotas se ha desempeñado en diferentes áreas de la neurociencia en el exterior, básicamente en los Estados Unidos de Norteamérica, algunos de ellos con voluminosa y densa producción científica.

Pero en mi sentir el mayor aporte ha consistido en aceptar y analizar serenamente el legado anterior a 1950 y en esta segunda mitad del siglo XX planear, diseñar programas y aprendiendo-enseñando, cubrir el país de especialistas idóneos que vienen aportando a muchos compatriotas un buen manejo de sus dolencias neurológicas. Y como música de fondo, organizando grupos de trabajo, sociedades, creando revistas y comunicando sus hallazgos por diferentes medios que incluyen densas obras de texto (91-100).

Y para terminar, ¿cuál será el futuro?

Si bien es más difícil predecir que narrar, yo creo que a la neurociencia en Colombia le esperan buenos días, siempre y cuando el médico siga siendo el primer actor en el arte de curar.

Bibliografía

1. **Asturias, M.A.** 1968. Week-End en Guatemala - en Obras Completas. Tomo II. Aguilar S.A. segunda edición.
2. **Ibáñez, P.M.** Memorias para la Historia de la Medicina en Santafé. 2ª ed. 1968. (la 1ª ed. es de 1884) Publ. Universidad Nacional de Colombia.
3. **Lain-Entralgo, P.** 1982. Historia de la Medicina. Salvat Editores S.A.
4. **Weiss, P.** 1975. Introducción a la paleopatología americana. En Texto de Patología editado por P. Correa, J. Arias, Stella R. Pérez- Tamayo L. Carbonell. La Prensa Médica Mexicana. 2da. Edición p. 3-25.
5. **Trelles, O.** 1962. Cranial trepanation in ancient Perú. World Neurology. Minneapolis. 3: 538-545.
6. **Graña, F., Rocca, E.D., Graña, C.** 1954. Trepanaciones craneanas en el Perú en la época prehispánica Lima. Imprenta Santa María 340p.
7. **Mora, J.** 1969. Craneotomías americanas precolombinas. Rev. Dirección de divulgación cultural. U. Nal. de Colombia No. 3 p. 1-24.
8. **Fernández, A.** 1977. Antropología, cultura y medicina indígena. Buenos Aires. Editorial Conjunta 98.

9. **Gómez, J., Correal, G.** 1974. Evidencias de cirugía craneana prehistórica en Colombia. Bogotá. Revista Colombiana de Antropología 16, 491.
10. **Gómez, J.** 1974. Paleocirugía neurológica en Colombia. Temas Médicos tomo VIII, p. 307-313.
11. **Gómez, J., Correal, G.** 1977. Historia de la cirugía craneana en Colombia. Neurología en Colombia. 1:11-19.
12. **Andrade, E.** 1987. La cirugía en América precolombina. Cirugía 2: 117-121.
13. **Nieto, V.** 1969. El Bosco. Instituto Geográfico de Agostini. S p A - Novara. Barcelona. Editorial Teide S.A.
14. **Broad, W., Wade, N.** 1982. Betrayers of the truth - Fraud and deceit in the Halls of Science. Publ. by Simon & Schuster. Inc. New York.
15. **Pérez Tamayo, R.** 1985. Sobre los orígenes de la anatomía patológica. México: Patología. 23 77-92.
16. **Cárdenas, A.** 1977. La Medicina después de Claude Bernard. Temas médicos. tomo XI 47-57.
17. **Kochtolantz, KH** 1960. (ed) Ivan Petrovich Pavlov. - Obras escogidas. Argentina Editorial Quetzal.
18. **Cushing, H.** 1925. The life of Sir William Osler. Clarendon Press.
19. **Tomlinson, J.C. and Haymaker** 1957. W. Jean Martin Charcot A.M.A. - Archives of Neurology and Psychiatry. 17: 44-48.
20. **Broca, P.** 1969. Sur le siège de la faculté du langage articulé Bull. Soc. d'Anthropol de Paris. 6:337-393, 1865 reimpresso en Hécaen H. Dubois J: La Naissance de la Neuropsychologie du langage. Paris: Flammarion.
21. **Berker, E.A., Berker, A.H., Smith, A.** 1986. Translation of Broca's 1865 report Arch. Neurol, 43: 1065-1072.
22. **Ackerknecht E., H.** 1981. Rudolf Virchow and Virchow. - Bibliographie 1843-1901. Schwalbe J. (ed) New York Arno Press.
23. **Plaut, A.** 1960. Virchow's Cellular Pathology (Die Cellular Pathologie in ihrer Begründung auf Physiologische und Pathologische Gewebelehre in the Framework of Biology and Medicine. Journal of the Washington Academy of Sciences, 50: 1-17.
24. **King, L.S. and Meehan, M.C.** 1973. A history of the autopsy (A review) Am. J. Path. 73: 514-544.
25. **López Piñero, J.M.** 1985. Cajal. - Salvat Editores S.A., Barcelona.
26. **Trelles, O.** - La obra de Cajal. Actas luso-españolas de neurología y psiquiatría. Vol. XII No. 3 julio-septiembre.
27. **Ramón y Cajal S.** 1947. Obras literarias completas. Madrid M. Aguilar (ed).
28. **Polak, M.** - Pio del Rio Horteiga 1882-1945. Archivos de histología normal y patológica. Vol. VIII: Fasc. IV Buenos Aires. Imprenta Ruíz Hnos. Sept. 1947.
29. **Sigerist, H.E.** 1961. A history of Medicine New York. Oxford University Press. Vol. 1, 1951, Vol II.
30. **Dandy, W.** 1918. Ventriculography following the injection of air into the cerebral ventricles. Ann surg 68, 5-11.
31. **Berger, H.** 1929. Arch of Psychiat, 87, 527.
32. **Gutrecht, J.A., Espinosa, R.E., Dyck, P.J.** 1968. Early descriptions of common neurologic signs. Mayo Clinic Proceedings. 4: 807-814.
33. **Kalderon, A.E.** 1983. The evolution of microscope desing from its invention to the present day. The American Journal of Surgical Pathology. 7:95-102.
34. **Díaz, S.** Comunicación personal
35. **Pérez-Tamayo, R.** 1985. Enfermedades viejas y enfermedades nuevas. Siglo veintiuno editores S.A. de cv México D.F.
36. **Morris, A.D.** 1955. Before our time - James Parkinson. The Lancet, april 9, p. 761-763.
37. **Watson, J.D.** 1974. Biología molecular del gen. Fondo Educativo Interamericano S.A. Bogotá.
38. **Kuru.** 1981. Early letters and field-notes from the collection of D.C. Gajdusek Farquhar J. Gajdusek D.C. (eds) New York. Raven Press.
- 38^a. **Gibbs C.I., Masters C.L., Gajdusek, D.C.** 1979. (eds) Bibliography of Creutzfeldt-Jakob disease. National Institute of Health. Bethesda. Marylan.
39. **Alpers, M., P. Gajdusek D.C., Ono S.G.** 1975. (eds) Bibliography of Kuru National Institute of Health. Bethesda. Maryland Third revisión - march.
- 39^a. **Beauvais.** 1996. P. Thierry Billette de Villemeur Maladie de Creutzfeldt Jakob et autres maladies a Prion. Paris: Médecine-Sciences-Flammarion, Paris.
40. **Prusiner, S.B.** 1982. Novel proteinaceous infections particles cause scrapie. Science, 216: 136-144.
41. **Prusiner, S.B.** 1996. Molecular biology and pathogenesis of prion diseases. Elsevier Science Ltd. TIBS 21 December, p. 482-487.
42. **Toro, G.** 1997. Demencia -Priones y enfermedades priónicas-Referencia especial a las "vacas locas". Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. XXI. No. 80: 229-236.
43. Tipos histológicos de tumores del sistema nervioso central. Organización Mundial de la Salud. Ginebra 1979.
44. **Kepes, J.J.** 1982. Meningiomas- Biology, Pathology and Differential Diagnosis. Masson Publishing U.S.A., Inc.
45. **Pérez Tamayo, R.** 1975. Patología molecular, subcelular y celular. La Prensa Médica Mexicana. México D.F.
46. Innovación y ciencia (edición especial- Neurociencias) Vol. VIII No. 4, 1999.
47. **Garruto, R.M., Yanagihara, R., Arion, D.M., Daum, C.A. Gajdusek, D.C.** 1983. (eds). Bibliography of Amyotrophic lateral sclerosis and Parkinsonism Dementia of Guam. National Institute of Health. Bethesda Maryland.

48. **Toro G., Holguín, J., Uribe, C.S., Londoño, R.** 1977. Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA) en Colombia. Estudio de 70 casos. *Antioquia Médica* 2: 73-107.
49. **Toro, G.** 1998. Panencefalitis esclerosante subaguda (PEESA). La consecuencia más grave de la infección sarampionosa. En: Instituto Nacional de Salud, 1917-1997. Una historia, un compromiso. G. Toro, C. Hernández, J. Raad (eds). Bogotá: Imprenta del Instituto Nacional de Salud. Bogotá, p. 295-308.
50. **Román, G., Toro, G.** 1980. Herpetic brain-stem encephalitis. *Neurology* 30: 981-985.
51. **Toro G., Raad J.** 1997. Rabia, *Biomédica* vol. 17: 17-26.
52. **Poser Ch. M.** 1984. The Diagnosis of Multiple Sclerosis. Thieme- Stratton Inc New York, 1984.
53. **Kemper. – Th L.** 1984. In Memoriam Paul Ivan Yakovlev J. *Neuropath & Exper Neurol* 43: 290-292.
54. **Wertheimer P., David M.** 1979. Naissance et croissance de la neurochirurgie. En *Neurochirurgie*, 25: 249-263.
55. **Osorio, E.** 1990. Harvey Cushing pionero de la Neurocirugía – 1869-1939. *Acta Neurol. Colomb.* 6, No. 2: 54-58.
56. **Cushing, H.** 1932. The surgical mortality percentages pertaining to a serie of two thousand verified intracranial tumors. Standard of computation. *Arch Neurol Psy.* 27: 1273-1280.
57. **Del Río Horteiga, P.** 1941. Nomenclatura y clasificación de los tumores del sistema nervioso. *Archivos Argentinos de Neurología Buenos Aires.*
58. **Polak, M.** 1966. Blastomas del sistema nervioso central y periférico. Patología y ordenación histogenética. Buenos Aires: López Libreros Editores.
59. **Pedraza, H.** 1972. Los iniciadores de la Facultad de Medicina en Bogotá. *Temas Médicos.* Tomo IV: 703-722.
60. **Robledo, E.** 1951. Breve historia de la Facultad de Medicina de la Universidad de Antioquia. *Antioquia Médica*, 2: 77-81.
61. **Naranjo, A.** 1971. Algunos hechos y figuras de la medicina en Antioquia. *Antioquia Médica.* 21:483-496.
62. **Vargas Reyes, A.M.** Observaciones médico-quirúrgicas. Bogotá. Imprenta El Neogranadino. 1856. P. 56-57 (editado por sus discípulos Uribe F.L. Sánchez B. Fajardo. J. y Angel M.)
63. **Osorio, J.N.** 1866. Consideraciones sobre un caso de inflamación del cerebro a consecuencia de una herida. *Bogotá Gaceta Médica.* I: 30-31.
64. **Rocha, R.** 1867. Del diagnóstico de los tumores del cráneo. *Bogotá. Gaceta Médica*, 2:41-42.
65. **Bonilla, A.** 1952. Primera trepanación del cráneo en Colombia. ¿Quién la practicó? – *Antioquia Médica.* 2: 26-32.
66. **Londoño, R.** 1975. Evolución histórica del servicio de neurología y neurocirugía del Hospital Universitario San Vicente de Paúl. *Antioquia Médica.* 25: 325-338.
67. **Maceween, W.** 1879. Tumor of the duramater, convulsions, removal of tumor by trephining, recovery. *Glasgow M. J.* 12: 210-213.
68. **Schaudinn, F.** 1905. Ueber Spirochaeten befunde im lymphdrusensaft Syphilitischer Disch *Med Wschr*, 31: 711.
69. **Noguchi, H. Moore W.** 1913. A demonstration of *Treponema pallidum* in the brain in cases of general paralysis *J. Exper Med.* 17: 232.
70. **Torres, C.** 1934. Sífilis del sistema nervioso en los niños de Bogotá. *Revista de la Facultad de Medicina, U. Nal. Bogotá.* Vol. II, No.11: 685-716, abril.
71. **Merritt, H. H. Adams, R. Solomon., H.C.** 1946. *Neurosyphilis* Oxford University Press, New York.
72. **Lourido, F.A.** Tratamiento quirúrgico de algunos trastornos mentales. *Revista de la Facultad de Medicina. U. Nal. Bogotá XIX.* 144-154, 1950 (parte quinta de la tesis de grado Cirugía del sistema nervioso central en Bogotá. Leída en 1948).
73. **Camacho, M.** 1951. Cirugía de las psicosis. Bogotá: *An. Neuroq.* 4: (19-20) 36, enero-junio.
74. **Camacho, M.** 1953. Lobotomías *Rev. Med. Leg. Col.* 13: 69-70, junio-diciembre.
75. **Rosselli, H.** 1968. Historia de la Psiquiatría en Colombia. Bogotá. Editorial Horizontes.
76. **Rosselli, A.** 1988. Apuntes para la historia de la neurología en Colombia. *Acta Neurol. Col.* 4: 4-6.
77. **Bustamante, E.** 1975. Veinticinco años de un neurocirujano en Colombia. *Antioquia Médica*, 25: 319-324.
78. **Uribe, C.S.** 1988. Algunos aspectos históricos de la neurología en Antioquia. *Acta Neurol. Col.* 4: 49-51.
79. **Convers, F.** 1938. La encefalografía gaseosa. *Revista de la Facultad de Medicina, U. Nal.* VII 97-128.
80. **Tejada, H.** 1977. ¿Comienza ahora la historia de la rehabilitación? *Boletín de la Sociedad Colombiana de Medicina Física y Rehabilitación*, año I, No. 4: 4-7.
81. **Londoño, R.** 1969. Epidemiología de la Epilepsia (estudio de 500 casos de epilepsia infantil) *Neurocirugía* 27: 21-33.
82. **Penfield, W., Jasper, H.** 1954. *Epilepsy and Functional Anatomy of the Human Brain*, Boston. Little Brown.
83. **Gastaut, H.** 1978. Fyodor Mikhailovitch Dostoevsky's involuntary contribution to the symptomatology and prognosis of epilepsy (William G. Lennox Lecture 1977). En *Epilepsia.* New York Raven Press, 19: 186-201.
84. **Román, G.** Historical evolution of the concept of Dementia. A systematic review from 2000 BC to 2000 AD (Department of Medicina, Division of Neurology University of Texas Health Center at San Antonio – USA).
85. **Lopera, F., Ardila, A., Martínez, A., Madrigal, L., Arango, Viana., J.C. Lemere, C.A. Arango-Lasprilla., J.C. Hincapié, L. Arcos-Burgos., M. Ossa., J.E. Behrens, I.M. Norton, J. Lendon, C. Goate, A.M. Ruiz-Linares A., Rosselli, M., Kosik K.S.** 1997. Clinical features of early-onset Alzheimer disease in a large kindred with an E280A presenilin-1 mutation. *JAMA*, 277: 793-799.

86. **Jacquier, M., Villareal, E., Arango, D., Torres, O., Cruts, M. Montañez., P. Rodríguez., N. Vélez., P. Keyeux., G. Mattallana., D. Cano., Quimbay. D., Serrano. M., Arteaga. C., Van Broeckhoven., C.** 1998. Apoe genotyping in familial and sporadic AD cases in a clinical sample in Bogotá. Colombia. *Neurobiology of Aging* 19, 4S:p.S32.
87. **Hakim, S., And Adams. R.D.** 1965. The special clinical problem of symptomatic hydrocephalus with normal cerebrospinal fluid pressure: Observations on cerebrospinal fluid hydrodynamics. *J. Neurol. Sci.* 2: 307-327.
88. **Hakim, S.** 1972. Biomechanics of Hydrocephalus En: Harbert. C (ed) "Cisternography and Hydrocephalus" Springfield. III CC Thomas. Ch. 3.
89. **Hakim, S., Venegas, J.G. and Burton, J.D.** 1976. The physics of the cranial cavity Hydrocephalus and normal pressure hydrocephalus. Mechanical interpretation and mathematical model. *Surg Neurol.* 5:187-210.
90. **Hakim, S., and Hakim, C.A.** 1984. A biomechanical model of hidrocephalus and its relationship to treatment. *Hydrocephalus* (eds) K. Shapiro. A. Marmarou. H. Portnoy. New York. Raven Press. p.143-160.
91. **Llinás, R.** 1969. (DE) Neurobiology of cerebellar evolution and development. American. Medical Association. Chicago.
92. **García, J.H., Budka, H., Mc, Keever., P.E. Sarnat., H.B. Sima. A.** 1997. (eds) *Neuropathology. The diagnostic approach.* Mosby-Year Book Inc.
93. **Román, G., Vernant, J.C., Osame, M.** 1989. (eds) *HTLV-1 and the nervous system. De la serie Neurology and Neurobiology.* Vol. 51. New York. Alan. R. Liss. Inc.
94. **Toro, G., Vergara, I., Saravia, J., Poser, Ch.** 1978. (eds). *Infecciones del sistema nervioso central.* Fondo Educativo Interamericano S.A., Bogotá.
95. **Bustamante, J.** 1978. *Neuroanatomía funcional.* E.U.A.: Fondo Educativo Interamericano.
96. **Bustamante, E., Recagno, J. P., Velasco, M.** 1983. (eds) *Neurología El Ateneo.*
97. **Toro, G., Román, G., De Román, L.** 1983. *Neurología Tropical - Aspectos neuropatológicos de la Medicina Tropical.* Bogotá: Editorial Printer Colombiana.
98. **Uribe, C.S., Arana, A., Lorenzana, P.** (eds) *Neurología 5ª edición, de la serie Fundamentos de Medicina* Medellín: CIB, 1996. (La primera edición estuvo a cargo de Federico López en 1970).
99. **Toro, J., Vallego, E.** 1994. (eds). *Tratado de Neurología Clínica* Lerner Ltda. - Bogotá.
100. **Cobos, F.** 1972. *Psiquiatría infantil.* Editorial Pluma, Bogotá.

UNA PRUEBA DE RACHAS PARA ALTERNATIVA DE TENDENCIA CON MUESTRAS PEQUEÑAS

por

Jimmy Corzo & Emilse Gómez Torres¹

Resumen

Corzo J. & Gómez Torres E.: Una prueba de rachas para alternativa de tendencia con muestras pequeñas. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 24(92): 417-426, 2000. ISSN 0370-3908.

Se presenta un estudio para estimar la potencia de una prueba de rachas para la alternativa de tendencia monótona, se compara con otras pruebas para la misma alternativa, empleando métodos de simulación para observaciones provenientes de distribuciones doble exponencial, logística y normal. Se presenta además un método para construir la distribución exacta de la estadística de prueba.

Palabras clave: Prueba de rachas, tendencias, métodos de simulación.

Abstract

A study is presented to estimate the power of a run test for the alternative of monotonous tendency and to compare it with other tests for the same alternative, using simulation methods for observations coming from distributions double exponential, logistics and normal. A method to build the exact distribution of the test statistic is presented.

Key words: Run tests, trends, simulation methods.

1. Introducción

Para una sucesión de variables aleatorias independientes Y_1, Y_2, \dots, Y_T , con funciones de distribución continuas F_1, F_2, \dots, F_T , respectivamente, una forma de realizar un análisis de tendencia es examinando la hipótesis²:

$$H_1 : F_1 = F_2 = \dots = F_T$$

Para la cual la alternativa general se puede formular como sigue: K_1 : existen $t_1 \neq t_2 \in \{1, 2, \dots, T\}$ tales que $F_{t_1} \neq F_{t_2}$.

¹ Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá. Direcciones electrónicas: Emilse Gómez: emilse@unete.com y Jimmy Corzo: jcorzo@matematicas.unal.edu.co

² Lehman y D'Abbrera (1975), págs. 289, 313.

Dado que la construcción de pruebas para una clase tan amplia de alternativas puede conducir a pruebas ineficientes para muchas o todas las alternativas consideradas³, se estudia una clase de alternativas más restringida, que represente una tendencia monótona. Esta alternativa asume una sucesión de variables aleatorias independientes, de naturaleza continua, ordenadas en el tiempo, con distribuciones idénticas en forma pero diferentes en localización. Esto suele expresarse de la forma

$$y_t = f(t) + \varepsilon_t, \quad t = 1, 2, \dots, T \quad (1.1)$$

donde $f(t)$ es una función monótona en t tal que $f(t) = \beta_T a(t) + b$, β_T es un valor constante para las sucesiones de tamaño T , $a(t)$ es una función monótona en t , continua en $[1, T]$ y derivable en cada punto de $(1, T)$ y b es un número real, constante. El estudio se limitará al caso en que b es cero. $\varepsilon_t, t = 1, 2, \dots, T$, son variables aleatorias independientes idénticamente distribuidas con función de distribución continua F , de media cero y varianza constante, igual a uno.

De (1.1) Y_1, Y_2, \dots, Y_T , es una sucesión de variables aleatorias independientes con función de distribución continua desconocida $F(y - \beta_T a(t))$, $t = 1, 2, \dots, T$; por tanto la hipótesis sobre la igualdad de las distribuciones se puede formular en términos de $a(t)$ como sigue: $H_2 : a'(t) = 0$, para todo $t \in (1, T)$.

Las alternativas de tendencia consideradas para esta hipótesis son las siguientes:

$$K_2 : a'(t) > 0$$

para todo $t \in (1, T)$, tendencia monótona creciente;

$$K_3 : a'(t) < 0$$

para todo $t \in (1, T)$ tendencia monótona decreciente.

Obsérvese que la función $a'(t)$ es responsable de la tendencia en las alternativas consideradas. Esto permite esperar que las pruebas para tales alternativas de tendencia sean más potentes en la medida que la forma funcional $a'(t)$ presente una mayor rapidez de crecimiento, según sea la alternativa K_2 o K_3 .

2. Construcción de la prueba de rachas⁴ para variables continuas

La construcción de la estadística de prueba requiere la transformación de las observaciones y_1, y_2, \dots, y_T en una

sucesión dicotómica⁵ $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$, la cual será obtenida aplicando los siguientes dos métodos:

1. Dicotomización de signos sucesivos:

$$\eta_t = \begin{cases} 1 & \text{si } y_t < y_{t+1} \\ 0 & \text{si } y_t > y_{t+1} \end{cases} \quad (2.1)$$

para $t = 1, 2, \dots, T - 1$.

2. Dicotomización de la prueba del rango

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } y_i < y_j \\ 0 & \text{si } y_i > y_j \end{cases}, \quad (2.2)$$

para $j > i$, con $i = 1, 2, \dots, T - 1$ y $j = 2, 3, \dots, T$. La sucesión dicotomizada $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{T(T-1)/2}$ es la sucesión de los ξ_{ij} arreglados de manera que $i = 1, \dots, T - 1$ y $j = i + 1, \dots, T$ en ese orden. Así: $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{T-1}$ corresponde a $\xi_{12}, \xi_{13}, \dots, \xi_{1T}$; $\eta_T, \eta_{T+1}, \dots, \eta_{2T-3}$, corresponde a $\xi_{23}, \xi_{24}, \dots, \xi_{2T}$, y así sucesivamente, hasta tener que $\eta_{T(T-1)/2}$ es $\xi_{T-1,T}$. Todos los ξ_{ij} se pueden ver como un arreglo triangular superior, de modo que la sucesión $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_{T(T-1)/2}$ se obtiene al leer el arreglo por filas, es decir cuando se toman primero los elementos de la primera fila, luego los de la segunda y así sucesivamente hasta llegar a la fila $T - 1$, como se ve en el siguiente esquema:

$$\begin{array}{ccccccc} \xi_{12} & \xi_{13} & \cdots & \xi_{1T} & \rightarrow & \eta_1 & \eta_2 \cdots & \eta_{(T-1)} \\ & \xi_{23} & \cdots & \xi_{2T} & \rightarrow & & \eta_T \cdots & \eta_{(T-1)+(T-2)} \\ & & \ddots & & & & & \vdots \\ & & & \xi_{T-1,T} & \rightarrow & & & \eta_{T(T-1)/2} \end{array}$$

Bajo la hipótesis nula se espera que la sucesión dicotómica $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$ no presente "grandes" agrupamientos de elementos del mismo tipo en ninguna parte⁶.

Para la construcción de las estadísticas de prueba, a partir de una sucesión dicotomizada $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$, se procede como sigue :

³Op. Cit., pág. 105

⁴Dada una secuencia de dos o más tipos de símbolos, una racha se define como una sucesión de uno o más símbolos idénticos que son seguidos o precedidos por un símbolo diferente o por ningún símbolo (Gibbons (1971, pág. 50))

⁵Este proceso se denomina aquí dicotomización.

⁶Esta prueba fue propuesta por Corzo (1996, págs. 11-15).

- Definir una variable indicadora de permanencia en un estado:

$$\begin{aligned} \bar{I}_1 &= 1 \\ \bar{I}_t &= \begin{cases} 1 & \text{si } \eta_t = \eta_{t-1} \\ 0 & \text{si } \eta_t \neq \eta_{t-1} \end{cases} \end{aligned}$$

para $t = 2, 3, \dots, N$.

- Definir un indicador de la tendencia de la sucesión y_1, y_2, \dots, y_T a permanecer en algún estado hasta el t -ésimo instante:

$$\bar{r}_t = \sum_{i=1}^t \bar{I}_i \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, N$$

que es el número de antirachas hasta el t -ésimo elemento de la sucesión $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$.⁷

Con estos elementos se define al estadístico de prueba:

$$\bar{C} = \frac{1}{-r_N} \sum_{t=1}^N \delta_t \bar{r}_t,$$

donde la función:

$$\delta_t = \begin{cases} 1 & \text{si } \eta_t = 1 \\ -1 & \text{si } \eta_t = 0 \end{cases} \quad \text{para } t = 1, 2, \dots, N,$$

sirve para indicar el estado del proceso en el t -ésimo instante.

Dada esta construcción, \bar{C} contiene información sobre la trayectoria de la sucesión y_1, y_2, \dots, y_T en términos de su tendencia a permanecer en un estado durante el período observado.

Un valor "grande" (positivo) del estadístico \bar{C} refleja una tendencia a permanecer en un estado al darse muchos agrupamientos de unos. Un valor "pequeño" (negativo) del estadístico \bar{C} indica una tendencia a permanecer en el otro estado pues se tienen muchos agrupamientos de ceros. La hipótesis nula se rechaza en favor de la alternativa de tendencia a permanecer en algún estado cuando el estadístico toma valores absolutos "grandes".

⁷Nótese que, si se define $I_1 = 1$, $I_t = 1 - \bar{I}_t$, para $t = 2, \dots, N$, se obtiene

$$r_t = \sum_{k=1}^t I_k,$$

que corresponde al número de rachas hasta el t -ésimo instante en la sucesión dicotomizada $\eta_1, \eta_2, \dots, \eta_N$. Además, se puede mostrar que:

$$\bar{r}_t = t - r_t + 1;$$

por esta razón, \bar{r}_t es un estadístico de rachas, y de ahí su nombre número de antirachas.

3. Distribución exacta del estadístico \bar{C} bajo la hipótesis nula y tabla de valores críticos

Como las dos dicotomizaciones utilizadas identifican el crecimiento (decrecimiento) de acuerdo con la magnitud relativa de las observaciones, para dicotomizar una muestra aleatoria proveniente de una distribución continua basta tomar la sucesión de sus T rangos. Sea v_1, v_2, \dots, v_T la sucesión de rangos de las T observaciones, donde v_i es el rango de y_i en la sucesión $\{y_1, y_2, \dots, y_T\}$. Nótese que la estructura de crecimiento se conserva (cuando $y_i < y_j, v_i < v_j$ y cuando $y_i > y_j, v_i > v_j$); de manera que los métodos de dicotomización (2.1) y (2.2) se pueden expresar en términos de los rangos así:

1. Dicotomización de signos sucesivos:

$$\eta_t = \begin{cases} 1 & \text{si } v_t < v_{t+1} \\ 0 & \text{si } v_t > v_{t+1} \end{cases} \quad (3.1)$$

para $t = 1, 2, \dots, T - 1$.

2. Dicotomización de la prueba del rango

$$\xi_{ij} = \begin{cases} 1 & \text{si } v_i < v_j \\ 0 & \text{si } v_i > v_j \end{cases}, \quad (3.2)$$

para $j > i$, con $i = 1, 2, \dots, T - 1$ y $j = 2, 3, \dots, T$.

Sea Ω_T el conjunto de todas las permutaciones de los T rangos y denotando $v = \{v_1, v_2, \dots, v_T\}$; para un arreglo cualquiera $\varpi \in \Omega_T$, $\varpi = \{\varpi_1, \varpi_2, \dots, \varpi_T\}$, donde $\varpi_i \in \{1, 2, \dots, T\}$:

$$P(v = \varpi) = P(v_1 = \varpi_1, v_2 = \varpi_2, \dots, v_T = \varpi_T) = \frac{1}{T!}$$

Como cada arreglo de v produce una sucesión dicotómica, también genera un valor del estadístico \bar{C} , por tanto los valores posibles del estadístico \bar{C} se obtienen a partir de las $T!$ permutaciones de los enteros de 1 a T . Denotando como $\#\{\varpi \in \Omega_T : \bar{C} = c\}$ al número de arreglos $\varpi \in \Omega_T$ tales que el valor de \bar{C} es c , se tiene que la probabilidad del valor c es:

$$P(\bar{C} = c) = \frac{\#\{\varpi \in \Omega_T : \bar{C} = c\}}{T!}$$

En las siguientes tablas se ilustra el proceso para obtener la distribución exacta de los estadísticos \bar{C}_1 , que usa

la dicotomización de signos sucesivos, y $-C_2$, que usa la dicotomización del rango, para una muestra de 4 observaciones. La tabla 1 contiene las $4!$ permutaciones de los enteros de 1 a 4, las sucesiones dicotómicas obtenidas y el valor de los estadísticos $-C_1$ y $-C_2$; además se incluyen los estadísticos de las pruebas de Mann (τ^*) y de Daniels (ρ^*), correspondientes a modificaciones en los coeficientes de correlación de Kendall (τ) y de Spearman (ρ)⁸.

En la tabla 1 se observan varios aspectos:

- $-C_2$ es más sensible que $-C_1$ a los cambios que presenta la sucesión de rangos, pues produce una mayor cantidad de valores del estadístico, lo cual permite detectar con mayor efectividad desviaciones de la hipótesis nula.

- τ^* considera el número de incrementos sucesivos en la sucesión, tomando sólo un valor más que $-C_1$.

- ρ^* refiere los incrementos o decrementos de acuerdo con la magnitud relativa de la observación dentro de la sucesión, dando un rango de variación más amplio que $-C_1$, pero menor que $-C_2$.

Tabla 1. Valores de los estadísticos para una muestra de 4 observaciones

t-ésimo No. t-ésimo obs	t-ésimo Rangos $v = \{v_1, v_2, \dots, v_T\}$	t-ésimo Dicotomización con t-ésimo signos sucesivos		t-ésimo Dicotomización de la t-ésimo prueba del rango		t-ésimo Otros estadís- t-ésimos	
		t-ésimo Sucesión t-ésimo Dicotómica	t-ésimo Valor de C_1	t-ésimo Sucesión t-ésimo Dicotómica	t-ésimo Valor de C_2	τ^*	ρ^*
1	4 3 2 1	0 0 0	-2	0 0 0 0 0	-3,5	-1	-1
2	3 4 2 1	1 0 0	-1	1 0 0 0 0	-2,8	-0,667	-0,8
3	4 2 3 1	0 1 0	-1	0 0 0 1 0 0	-2,5	-0,667	-0,8
4	2 4 3 1	1 0 0	-1	1 1 0 0 0 0	-2,2	-0,333	-0,4
5	4 3 1 2	0 0 1	-0,5	0 0 0 0 1	-2	-0,667	-0,8
6	3 2 4 1	0 1 0	-1	0 1 0 1 0 0	-1,5	-0,333	-0,4
7	3 4 1 2	1 0 1	1	1 0 0 0 0 1	-1,25	-0,333	-0,6
8	1 4 3 2	1 0 0	-1	1 1 1 0 0 0	-1,2	0	0,2
9	4 1 3 2	0 1 0	-1	0 0 0 1 1 0	-0,75	-0,333	-0,4
10	2 3 4 1	1 1 0	0,5	1 1 0 1 0 0	-0,667	0	-0,2
11	4 2 1 3	0 0 1	-0,5	0 0 0 0 1 1	-0,2	-0,333	-0,4
12	2 4 1 3	1 0 1	1	1 0 1 0 0 1	0	0	0
13	3 1 4 2	0 1 0	-1	0 1 0 1 1 0	0	0	0
14	1 3 4 2	1 1 0	0,5	1 1 1 1 0 0	0,2	-0,3333	0,4
15	3 2 1 4	0 0 1	-0,5	0 0 1 0 1 1	0,667	0	0,2
16	1 4 2 3	1 0 1	1	1 1 1 0 0 1	0,75	0,3333	0,4
17	4 1 2 3	0 1 1	1	0 0 0 1 1 1	1,2	0	-0,2
18	2 1 4 3	0 1 0	-1	0 1 1 1 1 0	1,25	0,3333	0,6
19	2 3 1 4	1 0 1	1	1 0 1 0 1 1	1,5	0,3333	0,4
20	1 2 4 3	1 1 0	0,5	1 1 1 1 1 0	2	0,6667	0,8
21	3 1 2 4	0 1 1	1	0 0 1 1 1 1	2,2	0,3333	0,4
22	1 3 2 4	1 0 1	1	1 1 1 0 1 1	2,5	0,6667	0,8
23	2 1 3 4	0 1 1	1	0 1 1 1 1 1	2,8	0,6667	0,8
24	1 2 3 4	1 1 1	2	1 1 1 1 1 1	3,5	1	1

De la tabla 1 se construyen las tablas 2 y 3 que tienen las distribuciones de frecuencias acumuladas de $-C_1$ y $-C_2$, de las cuales se extraen los valores críticos correspondientes al nivel de significancia deseado, que son los valores de los estadísticos con probabilidades más cercanas a éste.

Es importante resaltar que en ambos casos la distribución exacta del estadístico es simétrica con respecto a cero; en Corzo (1993) se pueden consultar los detalles acerca de la demostración de la simetría alrededor de cero.

Tabla de valores críticos de $-C$

Las tablas de valores críticos para $-C_1$ y $-C_2$ (tablas 4 y 5), se construyen a partir de las distribuciones acumuladas exactas, seleccionando de estas últimas, aquellos valores de la estadística correspondientes a los niveles de significancia más cercanos a 0,5%, 1%, 2,5% y 5%.

En estas tablas se tienen los valores de $-C_1$ y $-C_2$ cuyo nivel de significancia natural, α^* , es más cercano por defecto ($\alpha^* \leq \alpha$, primer renglón de la celda) y por exceso ($\alpha^* > \alpha$, segundo renglón de la celda) al deseado, α .

⁸Conover (1980, págs. 252-261)

Tabla 2. Distribución exacta de $-C_1$ para muestras de 4.

c	-2	-1	-0.5	0.5	1	2
Distribución de probabilidades $P(-C = c)$	0.042	0.333	0.125	0.125	0.333	0.042
Distribución acumulada $P(-C \leq c)$	0.042	0.375	0.5	0.625	0.958	1

Tabla 3. Distribución exacta de $-C_2$ para muestras de 4.

En esta tabla no se incluye la distribución de probabilidades, pues al tomar tantos valores diferentes se tiene que $P(-C = c) = 0,04167$ para $c \neq 0$ y $P(-C = 0) = 0,08333$.

c	-3.5	-2.8	-2.5	-2.2	-2	-1.5	-1.25	-1.2
Distribución acumulada $P(-C \leq c)$	0.042	0.083	0.125	0.167	0.208	0.250	0.292	0.333

c	-0.75	-0.667	-0.2	0	0.2	0.667	0.75	1.2
Distribución acumulada $P(-C \leq c)$	0.375	0.417	0.458	0.542	0.583	0.625	0.667	0.708

c	1.25	1.5	2	2.2	2.5	2.8	-3.5
Distribución acumulada $P(-C \leq c)$	0.750	0.792	0.833	0.875	0.917	0.958	1.000

Tabla 4. Valores críticos de $-C_1$ para muestras de tamaño 4 a 11.

Los valores entre paréntesis son los niveles de significancia naturales, esto es $\alpha^* = P[C \geq c]$ ⁹

Tamaño Sucesión	α			
	5%	2.5%	1%	0.5%
4	2 (0.04167)	*	*	*
	1 (0.37500)	2 (0.04167)	2 (0.04167)	2 (0.04167)
5	1.667 (0.04167)	2.5 (0.00833)	2.5 (0.00833)	*
	1.5 (0.19167)	1.667 (0.04167)	1.667 (0.04167)	2.5 (0.00833)
6	2.25 (0.00833)	2.25 (0.00833)	2.25 (0.00833)	3 (0.00139)
	2 (0.07361)	2 (0.07361)	2 (0.07361)	2.5 (0.00833)
7	1.75 (0.03691)	2.5 (0.02282)	2.8 (0.00139)	2.8 (0.00139)
	1.667 (0.08472)	2.2 (0.02579)	2.5 (0.02282)	2.5 (0.02282)
8	2.25 (0.02510)	2.4 (0.00878)	2.4 (0.00878)	3.333 (0.00020)
	2 (0.08968)	2.25 (0.02510)	2.25 (0.02510)	3 (0.00598)
9	2 (0.04994)	2.667 (0.00733)	2.667 (0.00733)	3 (0.00183)
	1.833 (0.05039)	2.5 (0.03481)	2.5 (0.03481)	2.8 (0.00637)
10	2.143 (0.04306)	2.286 (0.02221)	3.286 (0.00158)	3.286 (0.00158)
	2 (0.09803)	2.25 (0.04218)	3 (0.01196)	3 (0.01196)
11	2.222 (0.04731)	2.571 (0.01726)	2.857 (0.00620)	3.125 (0.00424)
	2.2 (0.05862)	2.5 (0.04302)	2.8 (0.01379)	3 (0.00601)

⁹El estadístico no tiene valores con probabilidad inferior al nivel de significancia deseado.

Obsérvese que, como $-C_2$ toma una mayor cantidad de valores que $-C_1$, los niveles de significancia naturales de los valores críticos son más cercanos al deseado, reflejándose en una mayor sensibilidad a desviaciones de la hipótesis nula de la prueba basada en $-C_2$ con respecto a la prueba basada en $-C_1$.

Tabla 5. Valores críticos de $-C_2$ para muestras de tamaño 4 a 11.
Los valores entre paréntesis son los niveles de significancia naturales, esto es $\alpha^* = P[C \geq c]$.

Tamaño Sucesión	α			
	5%	2.5%	1%	0.5%
4	3.5 (0.041667)	*	*	*
	2.8 (0.083333)	3.5 (0.04167)	3.5 (0.04167)	3.5 (0.04167)
5	4.5 (0.04167)	4.556 (0.02500)	5.5 (0.00833)	*
	4 (0.05833)	4.5 (0.04167)	4.889 (0.01667)	5.5 (0.00833)
6	5.1 (0.05)	6 (0.025)	6.857 (0.00972)	7.2143 (0.00417)
	5.091 (0.05139)	5.923 (0.02639)	6.5 (0.01111)	7 (0.00833)
7	6.25 (0.05)	7.222 (0.02480)	8.278 (0.00912)	9.25 (0.00357)
	6.235 (0.05020)	7.214 (0.02559)	8.25 (0.01111)	9 (0.00556)
8	7.476 (0.04988)	8.68 (0.02500)	10.038 (0.00960)	10.870 (0.00494)
	7.474 (0.05007)	8.667 (0.02547)	10 (0.01014)	10.864 (0.00501)
9	8.731 (0.04998)	10.219 (0.02499)	11.828 (0.00997)	12.852 (0.00498)
	8.727 (0.05001)	10.217 (0.02502)	11.826 (0.01006)	12.846 (0.00501)
10	10.455 (0.04998)	11.805 (0.02496)	13.718 (0.00999)	14.967 (0.00498)
	10.435 (0.050021)	11.8 (0.02500)	13.714 (0.01000)	14.966 (0.00500)
11	11.431 (0.04996)	13.448 (0.02499)	15.683 (0.00999)	17.127 (0.004997)
	11.429 (0.05000)	13.447 (0.02501)	15.682 (0.01000)	17.125 (0.005002)

giendo $\beta_T = 1$, para tendencia creciente, y $\beta_T = -1$, para tendencia decreciente, y eligiendo un caso de $a^j(t)$ (tabla 7), según se quiera tendencia lenta (casos 1, 2 y 3), moderada (casos 4 y 5) o rápida (casos 6, 7 y 8) y estableciendo un tamaño para la sucesión, $T = 5, 6, \dots, 11$.

4.1. Algoritmo para la estimación de la potencia

Esta estimación es un procedimiento iterativo, donde cada iteración i está dada por la realización de los siguientes pasos:

Paso 1: Simular una sucesión de T observaciones con el comportamiento de alguna de las funciones de tendencia escogidas (funciones utilizadas por Aiyar, Guillier y Albers (1979)) (Tabla 7), procediendo de la siguiente manera:

- *Parte aleatoria:* generar un número aleatorio u_t de la distribución uniforme (0, 1), y transformarlo

4. Estudio de potencia

La estimación de las potencias de las pruebas se efectúa para cada función de tendencia específica con la forma definida en la ecuación (1.1), la cual se obtiene seleccionando una distribución para ε_t (tabla 6), esco-

en una observación de la distribución seleccionada para ε_t , $t = 1, 2, \dots, T$, usando su función percentil (funciones utilizadas por Aiyar, Guillier y Albers (1979)) (tabla 6).

- *Parte determinística:* calcular $f(t) = \beta_T a^j(t)$, $t = 1, 2, \dots, T$.
- Obtener la t -ésima observación en la sucesión como $y_t = f(t) + \varepsilon_t$

Paso 2: Calcular los estadísticos de prueba para la sucesión de observaciones generadas.

Paso 3: Decidir si se rechaza o no la hipótesis nula con base en los estadísticos calculados.

Paso 4: Replicar los pasos anteriores n veces, donde $n_i = 2n_{i-1}$ ($n_1 = 100$).

Paso 5: Estimar la potencia: calcular el porcentaje de rechazos de la hipótesis nula al unir las sucesiones de

la iteración anterior con las generadas en la iteración actual.

Paso 6: Determinar la estabilidad de la estimación de la potencia: comparar las potencias estimadas en las dos últimas iteraciones, si la diferencia entre ellas es menor o igual que $0,01^{10}$ finaliza el proceso, en otro caso se realiza la siguiente iteración, $i + 1$.

4.2 Resultados del estudio de potencia

La comparación de pruebas se efectúa a través del cotejo de las potencias empíricas de las pruebas en consideración, cuando se evalúan bajo las mismas condiciones o, en algunos casos, condiciones muy similares. En este estudio, se comparan las potencias de las pruebas que utilizan los estadísticos propuestos $^{-}C_1$ y $^{-}C_2$ con las de Mann basada en τ^* y de Daniels basada en ρ^* .

En la Plancha 1 se presentan las tablas y gráficos de las potencias estimadas de las pruebas al examinar la

hipótesis de una cola al 5% con 12800 muestras, cuando $\beta_T = 1$ (tendencia creciente) y la distribución de ε_t es exponencial doble; se ha estructurado de manera que facilite la exploración de las potencias estimadas al aumentar la rapidez de la tendencia según las funciones seleccionadas, presentando 7 secciones, cada una con una tabla y un gráfico asociado a ésta, utilizando la siguiente notación:

- T : tamaño de la muestra; varía entre 5 y 11
- NS nominal: nivel de significancia nominal de cada prueba
- Caso: modalidad de la tendencia ensayada, va de 1 a 8 (tabla 7)
- PC_1 : potencia estimada de la prueba con $^{-}C_1$ (dicotomización de signos sucesivos)
- PC_2 : potencia estimada de la prueba con $^{-}C_2$ (dicotomización de la prueba del rango)
- P_{tau} : potencia estimada de la prueba de Mann (con τ^*)
- P_{rho} : potencia estimada de la prueba de Daniels (con ρ^*)

Tabla 6. Función percentil de distribuciones estandarizadas.

Distribución	Función percentil de distribución estándar (número aleatorio)
Exponencial doble	$\varepsilon_t = \begin{cases} \frac{1}{\sqrt{2}} \log_e (2u_t) & \text{si } 0 < u_t \leq \frac{1}{2} \\ -\frac{1}{\sqrt{2}} \log_e (2(1 - u_t)) & \text{si } \frac{1}{2} < u_t < 1 \end{cases}$
Logística	$\varepsilon_t = -\frac{\sqrt{3}}{\pi} \log_e \left(\frac{1}{u_t} - 1 \right)$
Normal	<p>Con dos números aleatorios de uniforme (0,1), u_{t_1}, u_{t_2}, se tiene:</p> $\varepsilon_{t_1} = \sqrt{-2 \log_e (u_{t_1})} \cos (2\pi u_{t_2})$ $\varepsilon_{t_2} = \sqrt{-2 \log_e (u_{t_1})} \sin (2\pi u_{t_2})$

En la lectura de los resultados se tiene en cuenta que la desigualdad de las condiciones bajo las cuales se aplican las pruebas incide en las potencias, en este caso se

tiene que los niveles de significancia nominales no son iguales. Nótese que los niveles de significancia de la prueba con $^{-}C_1$ son muy bajos con respecto al deseado,

¹⁰Corzo (1984)

a excepción de $T = 9$ y 11 . Para la prueba con $^{-}C_2$ son muy cercanos al 5%, excepto cuando $T = 5$. Para la prueba de Mann siempre está por debajo de 4.2%. Para la prueba de Daniels es muy cercano al 5% a partir de $T = 8$.

En este sentido se observa que para $T = 6$, las potencias son más bajas que con otros tamaños de muestra, empezando a crecer en el caso 5, pasando a su máximo valor desde el caso 6.

Esta disminución se puede atribuir al hecho de que para este tamaño de muestra el nivel de significancia natural de la prueba es 0,8333% (ver tabla 5), el cual

es bastante menor que el nivel de significancia teórico, 5%; de modo que la probabilidad de rechazo es más baja que con otros tamaños de muestra, cuyos niveles de significancia exactos son más cercanos al teórico.

Para $T = 5$ y 6 , con excepción de la potencia de la prueba con $^{-}C_1$, las potencias de las otras pruebas son bajas en los tres primeros casos, empiezan a crecer en el caso 4, aumentan un poco en el caso 5 y se maximizan desde el caso 6.

A partir de $T = 7$ el aumento en el caso 5 es más pronunciado, siendo las potencias muy cercanas al valor máximo, excepto la de la prueba con $^{-}C_1$.

Tabla 7. Casos de tendencia utilizados¹¹

	Caso j	$a^j(t)$	$a^j(t)'$: Rapidez de crecimiento
Lenta $\left(a^j(t)' < \frac{1}{4}\right)$	Caso 1	$a^1(t) = -t^{-1/8}$	$a^1(t)' = (1/8)t^{-9/8}$
	Caso 2	$a^2(t) = -t^{-1/4}$	$a^2(t)' = (1/4)t^{-5/4}$
	Caso 3	$a^3(t) = t^{1/4}$	$a^3(t)' = (1/4)t^{-3/4}$
Moderada $\left(\frac{1}{4} \leq a^j(t)' \leq 1\right)$	Caso 4	$a^4(t) = \log_e t$	$a^4(t)' = t ^{-1}$
	Caso 5	$a^5(t) = t$	$a^5(t)' = 1$
Rápida $(a^j(t)' > 1)$	Caso 6	$a^6(t) = t^2$	$a^6(t)' = 2t$
	Caso 7	$a^7(t) = t^3$	$a^7(t)' = 3t^2$
	Caso 8	$a^8(t) = t^4$	$a^8(t)' = 4t^3$

Las potencias de la prueba con $^{-}C_1$ siempre son menores que las potencias de las otras pruebas, siendo parecidas a las de Mann y de Daniels ante tendencias lentas, menores ante moderadas e iguales ante rápidas.

Para $T = 5$, la potencia de la prueba con $^{-}C_2$ empieza a crecer en el caso 4, aumenta un poco en el caso 5 y se maximiza a partir del caso 6. Para $T = 6$, el comportamiento de la potencia es análogo, pero a partir de $T = 7$ el aumento en el caso 5 es más pronunciado, siendo la potencia muy cercana al máximo.

La prueba con $^{-}C_2$ es competitiva frente a las de Mann y Daniels, pues tiene valores muy cercanos en tendencias lentas, levemente menores en el caso 4, similares en el caso 5 e idénticos en rápidas. Cabe resaltar que para $T = 6$ la potencia de la prueba con $^{-}C_2$ está por encima de las otras pruebas.

Los resultados bajo las otras distribuciones (logística y normal) presentan estas mismas características. Para alternativa de una cola al 1% son análogos a las descriptas, excepto porque en $T = 5$ las potencias son iguales,

¹¹Ibid

Plancha 1. Potencias estimadas de pruebas a una cola

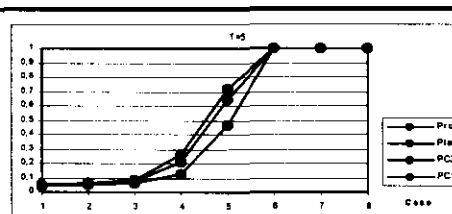
Nivel de significancia deseado: 5%

N= 12800

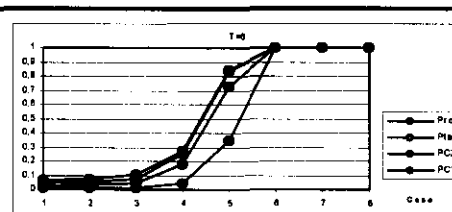
Beta= 1

Distribución Exponencial Doble

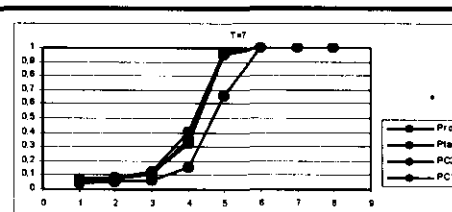
T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
5	NS nominal	0,041667	0,041667	0,042	0,0417
	Caso				
	1	0,046094	0,050781	0,052656	0,052656
	2	0,051328	0,061875	0,066016	0,066016
	3	0,06125	0,078516	0,084922	0,084922
	4	0,123828	0,211094	0,259922	0,259922
	5	0,460703	0,642656	0,717188	0,717188
	6	0,997969	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



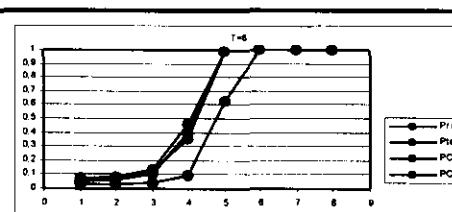
T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
6	NS nominal	0,008333	0,05	0,028	0,0292
	Caso				
	1	0,009297	0,065781	0,039063	0,023828
	2	0,01125	0,078125	0,050781	0,031953
	3	0,015391	0,102266	0,07	0,046328
	4	0,04375	0,269297	0,252344	0,174063
	5	0,344844	0,84	0,834141	0,728828
	6	0,997969	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



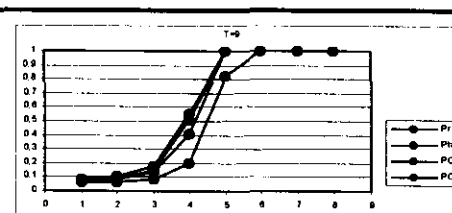
T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
7	NS nominal	0,036905	0,05	0,035	0,044
	Caso				
	1	0,043984	0,067734	0,052266	0,065
	2	0,049219	0,0825	0,067969	0,084141
	3	0,062344	0,1175	0,103281	0,124375
	4	0,153594	0,319766	0,358047	0,403047
	5	0,6525	0,945313	0,962734	0,969453
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



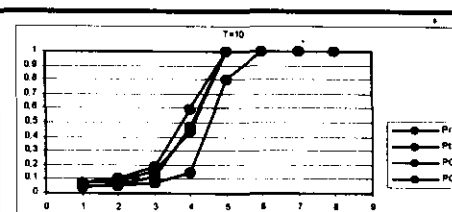
T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
8	NS nominal	0,025099	0,049876	0,031	0,0481
	Caso				
	1	0,027891	0,068359	0,047891	0,063672
	2	0,031016	0,083203	0,062891	0,083906
	3	0,041172	0,126953	0,105703	0,136953
	4	0,096484	0,3575	0,400781	0,454219
	5	0,628906	0,984844	0,990234	0,992109
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



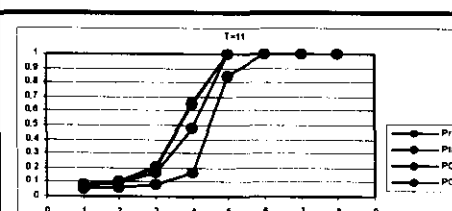
T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
9	NS nominal	0,049942	0,049983	0,038	0,0484
	Caso				
	1	0,058516	0,070313	0,061719	0,079844
	2	0,066328	0,088047	0,083906	0,104141
	3	0,085078	0,139531	0,145156	0,177734
	4	0,2025	0,405625	0,509688	0,555781
	5	0,821563	0,996875	0,999375	0,999609
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
10	NS nominal	0,043061	0,04998	0,036	0,0481
	Caso				
	1	0,048281	0,070938	0,042969	0,075234
	2	0,052813	0,087188	0,058828	0,102578
	3	0,068203	0,151172	0,112813	0,182578
	4	0,140781	0,4425	0,472422	0,591094
	5	0,801875	0,999609	0,999922	0,999922
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



T=		PC1	PC2	Ptau	Pro
11	NS nominal	0,047309	0,049958	0,043	0,047
	Caso				
	1	0,055781	0,071094	0,074375	0,079531
	2	0,062344	0,088906	0,101641	0,108516
	3	0,080547	0,163203	0,195781	0,210859
	4	0,167344	0,474063	0,645234	0,652813
	5	0,84625	0,999922	1	1
	6	1	1	1	1
	7	1	1	1	1
	8	1	1	1	1



cuando $T = 6$ la potencia de la prueba con \bar{C}_1 es ligeramente mayor que las de las pruebas de Mann y de Daniels y cuando $T = 6$ y 7 la potencia de la prueba con \bar{C}_2 supera a las demás. Para alternativas de dos colas son similares a los anteriores, resaltando que con $\alpha = 1\%$ cuando $T = 5$ la prueba no se realiza debido a la ausencia de puntos críticos al nivel de significancia deseado y cuando $T = 6$ las potencias de las pruebas con \bar{C}_1 , de Mann y de Daniels son iguales¹².

Conclusiones

Las potencias de las pruebas con \bar{C}_1 y \bar{C}_2 son competitivas frente a las pruebas de Mann y de Daniels, ya que en muchos casos toman valores cercanos. Las potencias de las pruebas tienen el comportamiento esperado, pues crecen con la rapidez de la tendencia, ya que tienen bajas potencias en tendencias lentas, mejoran en tendencias moderadas y presentan su mejor desempeño cuando las tendencias son rápidas.

Por razones prácticas, resulta más conveniente el uso de \bar{C}_1 , en lugar de \bar{C}_2 , cuando los tamaños de muestra son grandes y la tendencia es rápida o moderada, pues tiene un buen desempeño y su cálculo es sencillo. Por otra parte, el uso de \bar{C}_2 es más adecuado cuando la tendencia es moderada.

El resultado más importante es haber encontrado una prueba tan potente como las de Mann y de Daniels, pero que admite el manejo de datos categóricos ordenables, ya que las rachas se pueden definir a partir de éste tipo de datos, y además se puede aplicar en datos longitudinales, pues para el cálculo de las rachas no se necesita igual espaciamiento de las observaciones.

Otras posibilidades de investigación

Este estudio se puede continuar desarrollando en diferentes sentidos relacionados con las funciones que caracterizan el modelo, ampliando la gama de funciones

de tendencia moderadas en la parte determinística y la cobertura de otros tipos de funciones de distribución en la parte aleatoria. El estadístico \bar{C} tiene la propiedad de cubrir diversos tipos de alternativas de acuerdo con el mecanismo de dicotomización utilizado, así se pueden abordar alternativas de autocorrelación (utilizando dicotomizaciones con las magnitudes relativas de las observaciones con respecto a valores fijos o parámetros de centralidad) o tendencia en variables categóricas ordenables (como las tradicionales de rachas, que manejan el número y el tamaño), entre otras.

Referencias bibliográficas

1. Aiyar, R; Guillier, C. & Albers, W. (1979). *Asymptotic Relative Efficiencies of Rank Tests for Trend Alternatives*. Journal of American Statistician Association. **74**, 226-231.
2. Conover, W. J. (1980). *Practical nonparametric statistics*. John Wiley & Sons. New York.
3. Corzo, J. A. (1984). *Una prueba de dispersión basada en secuencias*. Tesis de Maestría. Universidad Nacional de Colombia.
4. — (1993). *Algunas propiedades distribucionales de estadísticas de rachas*. Reporte interno No. 25. Departamento de Matemáticas y Estadística. Universidad Nacional de Colombia, Santa Fe de Bogotá.
5. — (1996). *Análisis de datos a través de rachas*. Coloquio Distrital de Matemáticas y Estadística, Santa Fe de Bogotá.
6. Gibbons, J. D. (1971). *Nonparametric statistical inference*. McGraw-Hill. Tokyo.
7. Gómez, E. (1999) *Estimación de la potencia de una prueba de rachas para alternativa de tendencia*. Trabajo de grado. Universidad Nacional de Colombia.
8. Lehmann, E. L. & D'Abbrera (1975). *Nonparametrics statistical methods based on ranks*. McGra-Hill. San Francisco.

¹²Estos resultados se pueden consultar en Gómez (1999)

ON THE QUANTUM STRUCTURE OF THE UNIVERSAL ENVELOPING ALGEBRA OF THE LIE ALGEBRA $ST(2)$

by

Berenice Guerrero¹

Abstract

Berenice Guerrero: On the quantum structure of the universal enveloping algebra of the Lie algebra $ST(2)$. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24** (92): 427-434, 2000. ISSN 0370-3908.

The structure of Hopf co-Poisson algebra on the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ of Lie algebra $ST(2)$ is determined with the help of a solution of the Yang-Baxter equation. Using this solution, a bracket on the dual space of Lie algebra $ST(2)$ is also determined. This cobracket on $ST(2)$ induces a deformation of the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ which has a Hopf algebra structure, as we shall verify. This Hopf algebra is called the quantum group associated to a universal enveloping algebra.

Key words: Lie bialgebras, Hopf algebras, Poisson brackets, Lie Poisson group, Hopf co-Poisson algebra, Universal enveloping algebra, r -matrix, Quantum group, Yang-Baxter equation.

Resumen

Con ayuda de una solución de la ecuación clásica de Yang-Baxter determinamos la estructura de álgebra de Hopf-co-Poisson del álgebra envolvente universal $\mathcal{U}(ST(2))$ del álgebra de Lie $ST(2)$. Usando esta solución determinamos un corchete en el espacio dual del álgebra de Lie. Este co-corchete sobre $ST(2)$ induce una deformación del álgebra envolvente universal $\mathcal{U}(ST(2))$ que tiene estructura de álgebra de Hopf, como probaremos. Esta álgebra de Hopf es llamada el grupo cuántico asociado a un álgebra envolvente universal.

1991 Mathematics Subject Classification. Primary 17B37. Secondary 16W30, 17B66.

¹ Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, Bogotá.

Email: aguerrer@ciencias.ciencias.unal.edu.co, beregue@matematicas.unal.edu.co.

The author wishes to thank the support of CINDEC and ICFES. She also wants to acknowledge the important remarks of the referee which helped to improve substantially the text of this article.

Palabras claves: Biálgebra de Lie, Algebra de Hopf, Grupo de Lie Poisson, co-corchete, Algebra de Hopf co-Poisson, Algebra Envolvente Universal, τ -matriz, ecuación de Yang Baxter. Grupo Cuántico.

1. Introduction

Let G be a Lie Group and \mathcal{G} its Lie algebra; we can obtain quantum groups as deformations of the algebra of C^∞ functions $\mathcal{F}(G)$ on G , or as quantizations of a Lie bialgebra \mathcal{G} . A quantization of a Lie bialgebra \mathcal{G} is a deformation of the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(\mathcal{G})$ equipped with the co-Poisson Hopf algebra structure, such that the classical limit of this quantization is the Lie bialgebra structure of \mathcal{G} . To construct a deformation of the universal enveloping algebra we need to describe the co-Poisson Hopf algebra structure on $\mathcal{U}(\mathcal{G})$ or, equivalently, we must build the bialgebra structure on the Lie algebra \mathcal{G} .

The purpose of this work is to describe a mathematical procedure to produce a quantum group structure associated to a universal enveloping algebra, the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ of Lie algebra $ST(2)$. To achieve this purpose we use a solution of the classical Yang-Baxter equation (CYBE) on Lie algebra $ST(2)$. We build a cobracket in $ST(2)$ connected with this solution. This cobracket determines a bialgebra structure in $ST(2)$ and the co-Poisson-Hopf algebra structure in the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ as we shall verify.

We will deform the comultiplication in $\mathcal{U}(ST(2))$ by means of a parameter \hbar in order to build the algebra $\mathcal{U}_\hbar(ST(2))$. We shall find appropriate expressions for the coproduct Δ_\hbar , the antipode application S_\hbar and the bracket $[\]_\hbar$ on $\mathcal{U}_\hbar(ST(2))$. We shall prove that $\mathcal{U}_\hbar(ST(2))$, with these applications, has a Hopf algebra structure so that when $\hbar \rightarrow 0$ the coalgebra structure of $\mathcal{U}_\hbar(ST(2))$ coincides with the bialgebra structure of $ST(2)$. That is, we shall prove that this algebra is a quantum group of the universal enveloping algebra type.

2. The group $ST(2)$ and its algebra $\mathcal{U}(ST(2))$

2.1. The Lie algebra $ST(2)$

Let $ST(2)$ be the Lie group of upper triangular matrices 2×2 with determinant equal to 1 such that the operation of the group is the multiplication between matrices.

The Lie algebra $ST(2)$ associated to $ST(2)$ is the Lie algebra of upper triangular matrices 2×2 with null trace

on \mathbb{R} , where the matrices

$$X_1 = \begin{pmatrix} 1 & 0 \\ 0 & -1 \end{pmatrix}, \quad X_2 = \begin{pmatrix} 0 & 1 \\ 0 & 0 \end{pmatrix}, \quad (2.1)$$

form a basis with the Lie bracket given by

$$\begin{aligned} [X_1, X_2] &= -[X_2, X_1] = 2X_2, \\ [X_i, X_i] &= 0, \quad i = 1, 2 \end{aligned} \quad (2.2)$$

2.2. The Lie bialgebra structure on $ST(2)$

A Lie bialgebra is a Lie algebra with a Lie co-algebra structure δ fulfilling the 1-cocycle condition (2.5) with respect to the tensorial adjoint representation, (see [6] p. 43).

The Lie bialgebra structures may be induced by the adjoint application of Lie algebras

$$\text{ad} : ST(2) \rightarrow ST(2) \times ST(2)$$

defined by

$$\text{ad}_X(Y) = [X, Y], \quad \text{for } X, Y \in ST(2).$$

The adjoint representation of $ST(2)$ is totally determined by its representation on the $\{X_1, X_2\}$ basis of Lie algebra, given by

$$\begin{aligned} \text{ad}_{X_1}(X_1) &= [X_1, X_1] = 0 \\ \text{ad}_{X_1}(X_2) &= [X_1, X_2] = 2X_2 \\ \text{ad}_{X_2}(X_1) &= [X_2, X_1] = -2X_2 \\ \text{ad}_{X_2}(X_2) &= 0. \end{aligned}$$

Any representation of a Lie algebra can be extended to a unique representation on the tensorial product of Lie algebras. Then we can extend the adjoint representation just defined to the adjoint tensorial representation in the following way

$$\begin{aligned} (\text{ad}_X \otimes I + I \otimes \text{ad}_X) : \\ ST(2) \otimes ST(2) \rightarrow ST(2) \otimes ST(2) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} (\text{ad}_X \otimes I + I \otimes \text{ad}_X)(X_i \otimes X_j) \\ = (\text{ad}_X \otimes I + I \otimes \text{ad}_X)(X_i \otimes X_j) \\ = (\text{ad}_X(X_i) \otimes IX_j + IX_i \otimes \text{ad}_X(X_j)) \\ = [X, X_i] \otimes X_j + X_i \otimes [X, X_j]. \end{aligned}$$

With this adjoint tensorial representation and with one special r -tensor, $r \in ST(2) \otimes ST(2)$, we are able to define a co-Lie algebra structure.

An element $r \in ST(2) \otimes ST(2)$ defines a Lie bialgebra structure if and only if r is skew-symmetric and $[[r, r]] = 0$. The equation $[[r, r]] = 0$ is called the classical Yang-Baxter equation (CYBE). Moreover if r is a skew-symmetric element, r is called an r -matrix.

We know that the Lie algebra $ST(2)$ has only one r -matrix (see [9]), and that this r -matrix is the tensor

$$r = X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1, \tag{2.3}$$

X_1, X_2 being the basis elements of $ST(2)$. Thus r is skew-symmetric and satisfies the Yang Baxter equation,

$$[[r, r]] = [r_{12} + r_{13}] + [r_{12} + r_{23}] + [r_{13} + r_{23}] = 0.$$

where

$$r_{12} = X_1 \otimes X_2 \otimes I - X_2 \otimes X_1 \otimes I$$

$$r_{23} = I \otimes X_1 \otimes X_2 - I \otimes X_2 \otimes X_1$$

$$r_{13} = X_1 \otimes I \otimes X_2 - X_2 \otimes I \otimes X_1$$

Proposition 2.1. *The r -matrix*

$$r = X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1$$

induces a cobracket on the Lie algebra $ST(2)$ by the application

$$\delta : ST(2) \rightarrow ST(2) \otimes ST(2)$$

defined by

$$\delta(X) = (\text{ad}_X \otimes I + I \otimes \text{ad}_X)(r) = X \cdot r,$$

for $X \in ST(2)$.

Proof. We can show that δ satisfies the properties of a cobracket. For this purpose it is enough to prove that δ satisfies these properties on $\{X_1, X_2\}$, the basis of the Lie algebra. In those elements, δ is given by

$$\begin{aligned} \delta(X_1) &= X_1 \cdot r = (\text{ad}_{X_1} \otimes I + I \otimes \text{ad}_{X_1})(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \\ &= -[X_1, X_2] \otimes X_1 + X_1 \otimes [X_1, X_2] \\ &= 2(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1), \\ \delta(X_2) &= X_2 \cdot r = (\text{ad}_{X_2} \otimes I + I \otimes \text{ad}_{X_2})(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \\ &= [X_2, X_1] \otimes X_2 - X_2 \otimes [X_2, X_1] = 0. \end{aligned} \tag{2.4}$$

Then δ satisfies the following cobracket properties over $\{X_1, X_2\}$:

(1) If $\delta(X) = \sum X_i \otimes X_j$ then

$$X_i \otimes X_j = -X_j \otimes X_i \text{ for all } i, j.$$

(2) δ satisfies the associative property,

$$(\text{id} \otimes \delta) \circ \delta - (\delta \otimes \text{id}) \circ \delta = 0.$$

(3) δ is one 1-cocycle, that is, δ satisfies

$$\begin{aligned} \delta([X_i, X_j]) &= (\text{ad}_{X_i} \otimes I + I \otimes \text{ad}_{X_i})\delta(X_j) - (\text{ad}_{X_j} \otimes I + I \otimes \text{ad}_{X_j})\delta(X_i) \\ &= X_i \cdot \delta(X_j) - X_j \cdot \delta(X_i) \end{aligned} \tag{2.5}$$

with $i, j = 1, 2$ and $X_i, X_j \in ST(2)$.

The proof of these properties is straightforward. However, since δ is defined by an r -matrix we can deduce, from Proposition 2.1.2 of [2], that δ is a cobracket on $(ST(2))$. Therefore $(ST(2), \delta)$ is a Lie bialgebra.

The Lie bialgebra $(ST(2), \delta)$ is called a quasitriangular bialgebra because it is generated by a solution of the CYBE and triangular bialgebra because it arises from a skew-symmetric solution of the CYBE. This Lie bialgebra is also called a coboundary Lie bialgebra because the cobracket δ is a 1-cocycle.

2.3. The universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$

Let $ST(2)$ be the Lie algebra of $ST(2)$ and let $\mathcal{T}(ST(2))$ be the tensorial algebra of $ST(2)$,

$$\mathcal{T}(ST(2)) = \bigoplus_{n \geq 0} \mathcal{T}^n(ST(2)) = \bigoplus_{n \geq 0} (ST(2))^{\otimes n}$$

where

$$\mathcal{T}^0 ST(2) = (ST(2))^0 = k, \quad \mathcal{T}^1 ST(2) = (ST(2)),$$

$$\mathcal{T}^n ST(2) = (ST(2)) \otimes (ST(2)) \otimes \dots \otimes (ST(2)).$$

The universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ of the Lie algebra $ST(2)$ is the associative algebra,

$$\mathcal{U}(ST(2)) \cong \mathcal{T}(ST(2)) / \mathcal{I},$$

where \mathcal{I} is the ideal of $\mathcal{T}(ST(2))$ engendered by

$$X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1 - 2X_2, \quad X_1, X_2 \in ST(2).$$

with the product given by the recurrent operation,

$$\begin{aligned} (X_1^m X_2^n)(X_1^p X_2^q) &= X_1^{m-1} X_1 X_2 X_2^{n-1} X_1^p X_2^q \\ &= X_1^{m-1} (2X_2 + X_2 X_1) X_2^{n-1} X_1^p X_2^q \\ &= 2X_1^{m-1} X_2^n X_1^p X_2^q + X_1^{m-1} X_2 X_1 X_2^{n-1} X_1^p X_2^q \\ &= \dots \end{aligned}$$

Note 1. It is known that a universal enveloping algebra $\mathcal{U}(\mathcal{G})$ of the Lie algebra \mathcal{G} is a Hopf algebra (see [2],

[11], [15], [16]) with the linear applications Δ , ε and S defined on the basis of \mathcal{G} by

$$\begin{aligned}\Delta(X_i) &= X_i \otimes I + I \otimes X_i \quad i = 1, 2, \dots \\ \varepsilon(X_i) &= 0, \quad i = 1, 2, \dots \\ S(I) &= I, \quad S(X_i) = -X_i, \quad i = 1, 2.\end{aligned}$$

Then $\mathcal{U}(ST(2))$ is a Hopf algebra with the operations just defined.

Note 2. It is known that a cocycle on \mathcal{G} induces a co-Poisson structure in the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(\mathcal{G})$, (see [3], [4], [6], and proposition 6.2.3 in [2]). Then the cobracket induced by δ in (2.4) satisfies the following cobracket properties on $\mathcal{U}(ST(2))$.

(1) Compatibility between δ and Δ ,

$$\delta(X_i X_j) = \delta(X_i) \Delta(X_j) + \Delta(X_i) \delta(X_j).$$

(2) Co-Jacobi identity, that is δ satisfies the co-chain

$$\mathcal{G} \xrightarrow{\delta} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \xrightarrow{\delta \otimes \text{id}} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \xrightarrow{\Sigma} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \otimes \mathcal{G}$$

where Σ means the sum over permutations of the factors in the triple tensor product.

(3) Co-Leibniz identity,

$$(\Delta \otimes \text{id})\delta = (\text{id} \otimes \delta)\Delta + \sigma_{23}(\delta \otimes \text{id})\Delta$$

where σ_{23} means the permutations of the last two elements in $ST(2) \otimes ST(2) \otimes ST(2)$.

Thus, from Note 1 and Note 2, we can infer that the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ of the Lie algebra $ST(2)$ is a Hopf co-Poisson algebra with the coproduct Δ , the counit ε , the antipode S and the cobracket δ . These applications are defined on the generators X_1, X_2 by

$$\begin{aligned}\Delta(X_i) &= X_i \otimes I + I \otimes X_i, \quad i = 1, 2; \\ \varepsilon(X_i) &= 0, \quad i = 1, 2; \\ S(X_i) &= -X_i, \quad i = 1, 2; \\ \delta(X_1) &= 2(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \\ \delta(X_2) &= 0,\end{aligned}\tag{2.6}$$

which are extended to the elements of the algebra $\mathcal{U}(ST(2))$ by the following commutative diagram

$$\begin{array}{ccc} \mathcal{G} & \longrightarrow & T(\mathcal{G}) \\ & \searrow & \downarrow \\ & & \mathcal{U}(\mathcal{G}) \end{array}$$

2.4. The Quantum algebra $\mathcal{U}_h(ST(2))$

The quantum enveloping algebra $\mathcal{U}_h(ST(2))$ of the Lie bialgebra $(ST(2))$ is a quantization of $\mathcal{U}(ST(2))$ when $\mathcal{U}(ST(2))$ is considered as a co-Poisson-Hopf algebra. It means that $(ST(2))$ has a quasitriangular structure (see [4]). Since the bialgebra $(ST(2))$ has a quasitriangular structure we need work with exponential functions, it means that we should work over the ring $\mathbb{R}[[\hbar]]$ of the formal series in \hbar .

In order to build a quantization of $\mathcal{U}(ST(2))$ we consider the Lie algebra $\mathcal{U}(ST(2))[[\hbar]] = \mathcal{U}_h(ST(2))$ of formal power series in $\mathbb{R}[[\hbar]]$ with coefficients in $\mathcal{U}(ST(2))$, generated by X_1, X_2, I with the defining relation

$$[X_1, X_2]_h = 2 \frac{e^{\hbar X_2} - e^{-\hbar X_2}}{e^{\hbar} - e^{-\hbar}}$$

and

$$[X_i, X_i]_h = 0, \quad \text{for } i = 1, 2.$$

We must prove that $\mathcal{U}(ST(2))[[\hbar]]$ with this new product, has a Hopf \ast -algebra structure, so that when $\hbar \rightarrow 0$ the coalgebra structure of $\mathcal{U}_h(ST(2))$ coincides with the bialgebra structure of $ST(2)$.

We shall find appropriate expressions for the co-product Δ_h , the counit ε_h and the antipode application S_h defined on $\mathcal{U}(ST(2))[[\hbar]]$. For this purpose we take Δ_h as the deformation of co-product Δ defined on $\mathcal{U}(ST(2))$. Let be Δ_h the linear application

$$\Delta_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathcal{U}_h(ST(2)) \otimes \mathcal{U}_h(ST(2))$$

defined by

$$\Delta_h = \Delta + \frac{\hbar}{2} \delta + O(\hbar^2)\tag{2.7}$$

such that $\lim_{\hbar \rightarrow 0} \Delta_h \rightarrow \Delta$. Here δ is the cobracket (2.4) and \hbar is the parameter of the deformation. The map Δ_h in X_1, X_2 is given by

$$\begin{aligned}\Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes (I + \hbar X_2) + (I - \hbar X_2) \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes I + I \otimes X_2.\end{aligned}\tag{2.8}$$

Since $(I + \hbar X_2)$ and $(I - \hbar X_2)$ are functions in $\mathcal{U}(ST(2))[[\hbar]]$ we can write more generally,

$$\begin{aligned}\Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes f(\hbar) + g(\hbar) \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes f(\hbar) + g(\hbar) \otimes X_2.\end{aligned}\tag{2.9}$$

and since we must have $\lim_{\hbar \rightarrow 0} \Delta_h = \Delta$, f and g must satisfy

$$\lim_{\hbar \rightarrow 0} f(\hbar) = I, \quad \lim_{\hbar \rightarrow 0} g(\hbar) = I$$

For these two functions we have:

Lemma 2.1. For any choice of f and g , the application

$$\Delta_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathcal{U}_h(ST(2)) \otimes \mathcal{U}_h(ST(2))$$

whereas

$$\begin{aligned} [\Delta_h(X_1), \Delta_h(X_2)] &= \Delta_h(X_1)\Delta_h(X_2) - \Delta_h(X_2)\Delta_h(X_1) \\ &= (X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1)(X_2 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_2) - (X_2 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_2)(X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1) \\ &= (X_1X_2 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1X_2 + X_1 \otimes f(h)X_2 + g(h)X_2 \otimes X_1) \\ &\quad - (X_2X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_2X_1 + X_2g(h) \otimes X_1 + X_1 \otimes X_2f(h)) \\ &= (X_1X_2 - X_2X_1) \otimes f(h) + g(h) \otimes (X_1X_2 - X_2X_1) \\ &= [X_1, X_2] \otimes f(h) + g(h) \otimes [X_1, X_2] = \Delta_h([X_1, X_2]). \end{aligned}$$

Lemma 2.2. The application Δ_h defined by (2.9) is coassociative if and only if f and g satisfy

$$\Delta_h(f) = f \otimes f \quad \Delta_h(g) = g \otimes g$$

Proof. We must proof that Δ_h satisfies

$$(\Delta_h \otimes \text{id})\Delta_h(X) = (\text{id} \otimes \Delta_h)\Delta_h(X) \quad (2.11)$$

if and only if, f and g satisfy

$$\Delta_h(f) = f \otimes f, \quad \Delta_h(g) = g \otimes g \quad (2.12)$$

In fact, the right-hand side of (2.11) takes the form

$$\begin{aligned} (\Delta_h \otimes \text{id})\Delta_h(X_i) &= (\Delta_h \otimes \text{id})(X_i \otimes f(h) + g(h) \otimes X_i) \\ &= \Delta_h(X_i) \otimes f(h) + \Delta_h(g(h)) \otimes X_i \\ &= X_i \otimes f(h) \otimes f(h) + g(h) \otimes X_i \otimes f(h) \\ &\quad + \Delta_h(g(h)) \otimes X_i \quad (i = 1, 2) \end{aligned}$$

and the left-hand side of (2.11) takes the form

$$\begin{aligned} (\text{id} \otimes \Delta_h)\Delta_h(X_i) &= (\text{id} \otimes \Delta_h)(X_i \otimes f(h) + g(h) \otimes X_i) \\ &= X_i \otimes \Delta_h(f(h)) + g(h) \otimes \Delta_h(X_i) \\ &= X_i \otimes \Delta_h(f(h)) + g(h) \otimes (X_i \otimes f(h) + g(h) \otimes X_i) \\ &= X_i \otimes \Delta_h(f(h)) + g(h) \otimes X_i \otimes f(h) \\ &\quad + g(h) \otimes g(h) \otimes X_i \end{aligned}$$

We see that this two expressions are equal if, and only if,

$$\Delta_h(f(h)) = f(h) \otimes f(h) \text{ and } \Delta_h(g(h)) = g(h) \otimes g(h)$$

If we take the application

$$\varepsilon_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathbb{R},$$

defined by

$$\varepsilon_h(X_1) = \varepsilon_h(X_2) = 0, \quad (2.13)$$

defined by (2.9) is an homomorphism of Lie algebras.

Proof. In fact Δ_h satisfies

$$\Delta_h([X_1, X_2]) = [\Delta_h(X_1), \Delta_h(X_2)] \quad (2.10)$$

then ε_h is a counit for the application Δ_h in (2.9), that is, Δ_h and ε_h satisfy

$$\Delta_h(\text{id} \otimes \varepsilon) = \Delta_h(\varepsilon \otimes \text{id})$$

trivially. We can infer from Lemmas (2.1) and (2.2) that the map Δ_h in (2.9), with ε_h in (2.13), is a co-product on the space $\mathcal{U}_h(ST(2))$. Besides, if we consider the map δ in (2.4) extended on $\mathcal{U}_h(ST(2))$ we have the following assertion:

Proposition 2.2. The space $\mathcal{U}_h(ST(2))$ generate by X_1, X_2 is a Lie bialgebra, with the coproduct Δ_h the counit ε_h and the cobracket δ define by

$$\begin{aligned} \Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_2 \\ \varepsilon_h(X_1) &= \varepsilon_h(X_2) = 0 \\ \delta(X_1) &= 2(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \\ \delta(X_2) &= 0 \end{aligned} \quad (2.14)$$

where f and g are functions that satisfy the following properties:

$$\lim_{h \rightarrow 0} f(h) = I, \quad \lim_{h \rightarrow 0} g(h) = I$$

$$\Delta_h(f) = f \otimes f \Delta_h(g) = g \otimes g.$$

Proof. Since that $\mathcal{U}_h(ST(2))$ is a co-algebra with Δ_h, ε_h to prove that it is a Lie bialgebra it is enough to show that δ is the cobracket on $\mathcal{U}_h(ST(2))$. That is, we must prove that δ satisfies cobracket properties (see Note 2). In fact, since $\delta(X_2) = 0$ we have that δ and Δ_h are compatible, that is, they satisfy trivially

$$\delta(X_i X_j) = \delta(X_1)\Delta_h(X_j) + \Delta_h(X_i)\delta(X_j). \quad (2.15)$$

Since the co-Jacobi identity,

$$\mathcal{G} \xrightarrow{\delta} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \xrightarrow{\delta \otimes \text{id}} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \xrightarrow{\Sigma} \mathcal{G} \otimes \mathcal{G} \otimes \mathcal{G}$$

does not depend of Δ_h , when we extend δ over $\mathcal{U}_h(ST(2))$, δ satisfies this property.

$$\begin{aligned} (\Delta_h \otimes \text{id})\delta(X_1) &= (\Delta_h \otimes \text{id})2(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \\ &= 2(\Delta_h(X_1) \otimes \text{id}(X_2) - \Delta_h(X_2) \otimes \text{id}(X_1)) \\ &= 2(X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1) \otimes X_2 - (X_2 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_2) \otimes X_1 \\ &= 2(X_1 \otimes f(h) \otimes X_2 + g(h) \otimes X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes f(h) \otimes X_1 - g(h) \otimes X_2 \otimes X_1) \end{aligned}$$

and the right expression becomes

$$\begin{aligned} (\text{id} \otimes \delta)\Delta_h(X_1) + \sigma_{23}(\delta \otimes \text{id})\Delta_h(X_1) &= (\text{id} \otimes \delta)(X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1) + \sigma_{23}(\delta \otimes \text{id})(X_1 \otimes f(h) + g(h) \otimes X_1) \\ &= X_1 \otimes f(h)\delta(I) + g(h) \otimes \delta(X_1) + \sigma_{23}(\delta(X_1) \otimes f(h) + g(h)\delta(I) \otimes X_1) \\ &= 2g(h) \otimes (X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) + \sigma_{23}(X_1 \otimes X_2 - X_2 \otimes X_1) \otimes f(h) \\ &= 2(g(h) \otimes X_1 \otimes X_2 - g(h) \otimes X_2 \otimes X_1) + \sigma_{23}(X_1 \otimes X_2 \otimes f(h) - X_2 \otimes X_1 \otimes f(h)) \\ &= 2(g(h) \otimes X_1 \otimes X_2 - g(h) \otimes X_2 \otimes X_1 + X_1 \otimes f(h) \otimes X_2 - X_2 \otimes f(h) \otimes X_1). \end{aligned}$$

Therefore $\mathcal{U}_h(ST(2))$ has a Lie bialgebra structure with the bracket $[\cdot, \cdot]$ in (2.2), the cobracket δ and the coproduct $\{\Delta_h, \varepsilon_h\}$.

Since the quantum enveloping algebra is an algebra over formal power series in \hbar , we can describe it by exponential expressions such as $e^{\hbar X_i}$. To perform this description we need the following lemma:

Lemma 2.3. *The functions on $\mathcal{U}_h(ST(2))$*

$$f(h) = e^{\hbar X_2} \text{ y } g(h) = e^{-\hbar X_2}$$

satisfy

$$\Delta_h(e^{\hbar X_2}) = e^{\hbar X_2} \otimes e^{\hbar X_2} \quad \Delta_h(e^{-\hbar X_2}) = e^{-\hbar X_2} \otimes e^{-\hbar X_2}.$$

Proof. Since Δ_h is linear we can calculate Δ_h on the exponential function

$$e^{\hbar X_2} = \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\hbar^n}{n!} X_2^n$$

to obtain

$$\begin{aligned} \Delta_h(e^{\hbar X_2}) &= \sum_{n=0}^{\infty} \frac{\hbar^n}{n!} (X_2 \otimes I + I \otimes X_2)^n \\ &= \sum_{n=0}^{\infty} \sum_{k=0}^n \binom{n}{k} \frac{\hbar^n}{n!} X_2^k \otimes X_2^{n-k} \\ &= \sum_{k=0}^{\infty} \sum_{m=0}^{\infty} \frac{\hbar^{k+m}}{k!m!} X_2^k \otimes X_2^m = e^{\hbar X_2} \otimes e^{\hbar X_2}. \end{aligned}$$

In a similar fashion we can prove the lemma for the function $e^{-\hbar X_2}$.

Likewise, δ satisfies the co-Leibniz identity ,

$$(\Delta_h \otimes \text{id})\delta = (\text{id} \otimes \delta)\Delta_h + \sigma_{23}(\delta \otimes \text{id})\Delta_h, \quad (2.16)$$

where σ_{23} means the permutations of the last two elements. Since $\delta(X_2) = 0$ the identity is zero for X_2 . While for X_1 the left side of (2.16) becomes

Thus we can take in (2.14) $f(h) = e^{\hbar X_2}$ and $g(h) = e^{-\hbar X_2}$. Therefore, Δ_h is given by

$$\begin{aligned} \Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes e^{\hbar X_2} + e^{-\hbar X_2} \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes e^{\hbar X_2} + e^{-\hbar X_2} \otimes X_2 \\ \Delta_h([X_1, X_2]) &= [X_1, X_2] \otimes e^{\hbar X_2} + e^{-\hbar X_2} \otimes [X_1, X_2] \end{aligned}$$

Note 3. Since $\delta(X_2) = 0$ we must take the special expression for $\Delta_h(X_2)$. That is

$$\begin{aligned} \Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes e^{\hbar X_2} + e^{-\hbar X_2} \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes I + I \otimes X_2 \\ \Delta_h([X_1, X_2]) &= [X_1, X_2] \otimes e^{\hbar X_2} + e^{-\hbar X_2} \otimes [X_1, X_2] \end{aligned} \quad (2.17)$$

In this case δ in (2.4) is a cobracket on the $\mathcal{U}_h(ST(2))$ that does not satisfy the co-Leibniz identity (2.16). However, $(\mathcal{U}_h(ST(2)), \Delta_h, \delta, \varepsilon, [\cdot, \cdot])$ is still a Lie bialgebra with Δ_h in (2.17).

With Δ_h defined in (2.17) we can find an antipode application on $\mathcal{U}_h(ST(2))$. Let

$$S_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathcal{U}_h(ST(2))$$

be this application. Since S_h must satisfy the properties of the antipode application, it satisfies in particular the identity

$$m(S_h \otimes I)\Delta_h = m(I \otimes S_h)\Delta_h = 0$$

where m is the multiplication on $\mathcal{U}_h(ST(2))$. Thus S_h satisfies the following lemma:

Lemma 2.4. *The application*

$$S_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathcal{U}_h(ST(2))$$

defined on the Lie bialgebra $(\mathcal{U}_h(ST(2)), \Delta_h, \varepsilon_h, \delta)$ satisfies

$$m(S_h \otimes I)\Delta_h = m(I \otimes S_h)\Delta_h = 0, \quad (2.18)$$

if, and only if,

$$S_h(X_1) = -e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}, \quad S_h(X_2) = -X_2. \quad (2.19)$$

Proof. The left-hand of (2.18) in X_1 takes the form

$$\begin{aligned} m(S_h \otimes I)\Delta_h(X_1) &= m(S_h \otimes I)(X_1 \otimes e^{hX_2} + e^{-hX_2} \otimes X_1) \\ &= m(S_h(X_1) \otimes e^{hX_2} + S_h(e^{-hX_2}) \otimes X_1) \\ &= S_h(X_1)e^{hX_2} + e^{hX_2}X_1 = 0 \end{aligned}$$

Thus

$$S_h(X_1) = -e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}$$

In the same way we can obtain $S_h(X_2) = -X_2$

Now we must prove that S_h defined in (2.19) is the antipode application on $\mathcal{U}_h(ST(2))$.

Lemma 2.5. *The application S_h*

$$S_h : \mathcal{U}_h(ST(2)) \rightarrow \mathcal{U}_h(ST(2))$$

defined on $\{X_1, X_2\}$ by

$$S_h(X_1) = -e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}, \quad S_h(X_2) = -X_2$$

is an antipode application on $\mathcal{U}_h(ST(2))$.

Proof. In fact, S_h satisfies the following properties

$$\begin{aligned} m(S_h \otimes I)\Delta_h &= m(I \otimes S_h)\Delta_h = 0, \\ S_h[X_1, X_2]_h &= -[S_h(X_1), S_h(X_2)]_h, \\ [X_i, S_h(X_i)]_h &= [S_h(X_i), X_i]_h, \quad \text{for } i = 1, 2. \end{aligned}$$

The first property is the property (2.18), which we used to find $S_h(X_1)$ and $S_h(X_2)$; thus S_h satisfies this property for X_1, X_2 . The second property is obtained as a result of the following two expressions

$$\begin{aligned} S_h[X_1, X_2]_h &= S_h\left(2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}}\right) \\ &= 2 \frac{e^{-hX_2} - e^{hX_2}}{(e^h - e^{-h})} \\ &= -2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}}, \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} [S_h(X_1), S_h(X_2)]_h &= [-e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}, -X_2]_h \\ &= e^{hX_2}[X_1, X_2]_he^{-hX_2} \\ &= e^{hX_2}\left(2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}}\right)e^{-hX_2} \\ &= 2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}}, \end{aligned}$$

where we have used that $S(e^{hX_2}) = e^{-hX_2}$ and $S(e^{-hX_2}) = e^{hX_2}$ from the definition of the exponential function. In the same form we prove the last property of antipode,

$$\begin{aligned} [X_1, S_h(X_1)]_h &= [X_1, -e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}]_h \\ &= -e^{hX_2}[X_1, X_1]_he^{-hX_2} = 0. \\ [S_h(X_1), X_1]_h &= [-e^{hX_2}X_1e^{-hX_2}, X_1]_h \\ &= -e^{hX_2}[X_1, X_1]_he^{-hX_2} = 0. \end{aligned}$$

The Lemmas (2.4) and (2.5) complete the proof of the following proposition:

Proposition 2.3. *The algebra $\mathcal{U}_h(ST(2))$ generated by X_1, X_2, I with the operations defined by*

$$\begin{aligned} [X_1, X_2]_h &= 2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}} \\ \Delta_h(X_1) &= X_1 \otimes e^{hX_2} + e^{-hX_2} \otimes X_1 \\ \Delta_h(X_2) &= X_2 \otimes I + I \otimes X_2 \\ \Delta_h([X_1, X_2]) &= [X_1, X_2] \otimes e^{hX_2} + \otimes [X_1, X_2] \\ \varepsilon_h(X_1) &= \varepsilon_h(X_2) = 0 \\ S_h(X_1) &= -e^{hX_2}X_1e^{-hX_2} \\ S_h(X_2) &= S(X_2) = -X_2. \end{aligned}$$

has the structure of a Hopf algebra.

Since when $h \rightarrow 0$, the coalgebra structure of $\mathcal{U}_h(ST(2))$ coincides with the bialgebra $ST(2)$.

Finally, we verify the $*$ -algebra structure.

Proposition 2.4. *The algebra $\mathcal{U}_h(ST(2))$ is a Hopf $*$ -algebra with $X_1 = X_1^*, X_2 = X_2^*$.*

Proof. Let $*$: $X_i \rightarrow X_i^*$, $i = 1, 2$ be the involution. Then the operations defined in the proposition (2.3) are $*$ -algebra maps. In fact, we have

$$(e^{hX_2})^* = e^{hX_2}, \quad (e^{-hX_2})^* = e^{-hX_2}$$

then

$$\begin{aligned} [X_1^*, X_2^*]_h &= [X_1, X_2]_h = 2 \frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}} \\ &= 2 \left(\frac{e^{hX_2} - e^{-hX_2}}{e^h - e^{-h}} \right)^* = [X_1, X_2]_h^* \end{aligned}$$

Similarly we can see that Δ and ε are $*$ -algebra maps.

Because of propositions (2.4) and (2.3) we can affirm that the Hopf algebra $\mathcal{U}_h(ST(2))$ is the quantum group of the universal enveloping algebra $\mathcal{U}(ST(2))$.

References

- [1] G.E. Arutyunov & P.B. Medvedev, *Quantization of the external algebra on a Poisson-Lie group*, hep-th/9311096 (1993), 1–20.
- [2] V. Chari & A. Pressley, *A guide to Quantum Groups*, Cambridge University Press, Cambridge University, 1994.
- [3] J. Dixmier, *Enveloping Algebras*, Graduate Studies in Mathematics 11, American Mathematical Society, 1996.
- [4] V. Drinfeld, *Quantum groups*, ICM–86, 1986, 798–820.
- [5] V. Drinfeld, *On some unsolved problems in quantum group theory*, Lecture Notes in Mathematics 1510, Springer-Verlag, 1992, 1–8.
- [6] H. D. Doebner, J. D. Hennig & W. Lücke, *Quantum Groups*, Lecture Notes in Physics 370, Springer-Verlag, 1990.
- [7] P. Etingof & David Kazhdan, *Quantization of Poisson algebraic groups and Poisson homogeneous spaces*, q-alg/9510020 (1995), 1–9.
- [8] Berenice Guerrero, *Sobre una estructura diferencial cuántica*. Reporte interno No. 56, Departamento de Matemáticas y Estadística, Universidad Nacional de Colombia, 1997.
- [9] Berenice Guerrero, *Quantización no estándar del grupo triangular $ST(S)$* , *Lecturas Matemáticas* 18 (1997), 23–44.
- [10] D. Gurevich & V. Rubtsov, *Yang-Baxter equation and deformation of associative and Lie algebras*. *Lectures Notes in Mathematics* 1510, Springer-Verlag, 1992, 9–46.
- [11] [12] C. Kassel, *Quantum Groups*, Springer-Verlag, Berlin, 1995.
- [12] J. H. Lu & A. Weinstein, *Poisson Lie groups, dressing transformations and Bruhat decompositions*, *J. Differential Geometry* 31 (1990), 501–526.
- [13] S. Majid *Foundations of Quantum Group Theory*, Cambridge University Press, 1995.
- [14] L. A. Takthajan, *Quantum groups and integrable models*, *Advanced Studies in Pure Mathematics* 19 (1990), 435–457.
- [15] L. A. Takthajan, *Lectures on Quantum Groups*, Nakai Institute Series in Mathematical Physics (1990), 193–225.
- [16] N. Yu. Reshetikhin, L. Takthajan & L. D. Faddeev, *Quantization of Lie groups and Lie algebras*, *Algebra and Analysis* (1989), 178–206.
- [16] M. A. Semenov-Tian-Shnsky, *Lectures on R-matrices, Poisson-Lie Groups and Integrable Systems*, Proceedings of the CIMPA School 1991 Nice (France), World Scientific, 1994, 269–318.

A NEW SPECIES OF FROG, GENUS *ELEUTHERODACTYLUS* (LEPTODACTYLIDAE), FROM THE SABANA DE BOGOTÁ

por

John D. Lynch¹

Resumen

Lynch, J. D. A new species of frog, genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) from the Sabana de Bogotá. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 435-439, 2000. ISSN 0370-3908.

Se describe una nueva especie de *Eleutherodactylus* pequeña, aparentemente relacionada con *E. bogotensis* y *E. lynchi*, del borde occidental de la Sabana de Bogotá. Se reconoce más fácilmente por aspectos de su patrón de coloración.

Palabras clave: Colombia, *Eleutherodactylus*, Taxonomía

Abstract

A small *Eleutherodactylus*, apparently allied to *E. bogotensis* and *E. lynchi*, is named from the western edge of the Sabana de Bogotá. The new species is most easily recognized by features of its color pattern.

Key words: Colombia, *Eleutherodactylus*, Taxonomy

Introduction

One might imagine that all vertebrate species found in the Sabana de Bogotá would have been described long ago but in point of fact, only the frog fauna of the páramos is well known. The ecological association that is poorly known is the Andean forest. Unfortunately, the Andean forests are among the most threatened environments and now consist of fragments in a sea of anthropogenically modified habitats. The frog genus *Eleutherodactylus* is represented by five species known

from the immediate vicinity of Bogotá: *E. affinis*, a species very rarely collected but apparently a species of bosques andinos (2800-3200 m), *E. bogotensis*, a species rare in the Sabana but abundant in the páramos east and south of Bogotá (2600-3600 m), *E. elegans*, having the same ecological distribution as *E. bogotensis* (2800-3600 m), *E. nervicus*, a páramo species (3000-3850 m), and *E. w-nigrum* (2000-2800 m) from cloud forests. Two of these (*E. bogotensis* and *E. elegans*) were named by **Peters** (1863 a,b) and *E. affinis* was described a century ago by **Werner** (1899). **Lynch** (1994) named *E. nervicus*.

For the past 15 years, I have been aware of additional species of *Eleutherodactylus* from the Bogotá area but

¹ Profesor, Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia.

my major research interests were focused on *Eleutherodactylus* of the Cordillera Occidental and on centrolenid frogs.

Materials & Methods

Terminology follows Lynch & Duellman (1997). The following abbreviations are used: E-N, eye to nostril distance, HW, greatest width of head, IOD, interorbital distance, and SVL, snout to vent length. Measurements were taken with a dial caliper using a stereomicroscope.

Eleutherodactylus renjiformis sp. nov.

Holotype: ICN 13757, adult female obtained 21-28 August 1985.

Type-locality: Colombia, CUNDINAMARCA, municipio Cabrera, vereda Núñez, 16 km S Cabrera, 2400-2800 m.s.n.m.

Topoparatype: ICN 13758, adult male.

Paratypes: ICN 5005 (adult male), 5006-07, 5010, 5014 (adult females), CUNDINAMARCA, municipio Sibaté, Alto San Miguel, finca La Primavera, ca. 2800 m.s.n.m., collected 24 July 1979 by V. Corredor and M. Herrán; MLS 1019, Alto San Miguel, 2000 m.s.n.m., obtained 12 May 1995 by Hermano Roque Calles et al.

Referred specimens (juveniles): ICN 5008-09 from Alto San Miguel and 13759-60, topotypes.

Diagnosis: (1) Skin of dorsum smooth, that of flanks granular and venter areolate; no dorsolateral folds; (2) tympanum present, prominent, round; (3) snout round in dorsal view, sloping in lateral profile; canthus rostralis poorly defined, straight; (4) IOD broader than upper eyelid; no cranial crests; no enlarged tubercles on upper eyelid; (5) vomerine odontophores prominent, widely separated; (6) males with vocal slits, lacking nuptial pads; (7) first finger shorter than second, disks of fingers expanded, round, slightly broader than digits; (8) fingers bearing lateral keels; (9) ulnar tubercles absent; (10) no tubercles on heel or outer edge of tarsus; short inner tarsal fold; (11) two metatarsal tubercles, both oval, inner 4-5 times size of outer; supernumerary plantar tubercles low, numerous; (12) toes with lateral fringes, no webbing; fifth toe very long; (13) pale brown above with little indication of pattern; cream labial stripe; flanks and concealed surfaces of limbs cream (orange in life) spotted with dark brown; venter cream with some brown flecking; (14) adults

small, two males 21.9 and 23.8 mm SVL, six females 25.0-31.3 mm SVL.

Eleutherodactylus renjiformis is most readily distinguished from other species using its color pattern (pale labial stripe, pattern restricted to concealed surfaces of limbs, Fig. 1). Phenetically, it seems most similar to *E. bogotensis* and *E. lynchi*, two species also endemic to the Cordillera Oriental. Males of each of these have obvious nuptial pads and small tubercles and/or short folds on the dorsum (skin not smooth).

Etymology: The name is given to honor my very dear friends, Camila, Juan, and Patricia Renjifo.

Description: Head broader than body in males and juveniles, narrower than or as broad as body in adult females; head wider than long, HW 39.7-41.6 % SVL; snout round in dorsal view, gently sloping in lateral profile, short, E-N 68.8-88.9 % eye length; nostrils oriented dorsolateral, not protuberant; canthus rostralis evident but with rounded edge, straight or gently sinuous; loreal region nearly flat, sloping gradually to lip; lips not flared; upper eyelid lacking pungent tubercles, narrower than IOD, upper eyelid width 66.7-87.9 % IOD; no cranial crests; supratympanic fold prominent above tympanum, ill-defined posterior to tympanum; tympanum round, its length 27.8-34.4 % eye length, its anterior and ventral edges elevated, separated from eye by distance slightly greater than tympanum diameter; postrectal tubercles scarcely evident; choanae large, round, not concealed by palatal shelf of maxillary arch; vomerine odontophores oval, median and posterior to choanae, smaller than a choana, separated medially by width of an odontophore, bearing a slanted row of 3-5 teeth; tongue longer than broad, its posterior edge bearing shallow notch, posterior ½ not adherent to floor of mouth; vocal slits long, posterolateral to tongue.

Skin of top of head and back smooth as is skin of upper surfaces of limbs, becoming feebly granular laterally on head and body as well as on lowermost back; no dorsolateral folds; skin of throat smooth, that of venter and posteroventral surfaces of thighs areolate; discoidal folds present, well anterior of groin; no ulnar tubercles; palmar tubercle bifid, much larger than oval thenar; supernumerary palmar tubercles low, numerous; subarticular tubercles subconical, round; fingers bearing lateral fringes or keels; disks round, about 1 ½ times width of digit below disk (narrower on thumb), bearing complete ventral pads; males lack nuptial pads.



Figure 1. The *Eleutherodactylus* found in the vicinity of Bogotá. (Top left) *E. affinis*, juvenile female 34.3 mm SVL, JDL 17287; (Top right) *E. bogotensis*, male 24.2 mm SVL, MK 093; (Middle left) *E. elegans*, female 39.8 mm SVL, ICN 33226; (Middle right) *E. nervicus*, young female 22.0 mm SVL, JDL 21426; (Bottom left) *E. renjiform*, holotype female 25.5 mm SVL; (Bottom right) *E. renjiform*, topoparatype male 21.9 mm SVL.

No tubercles on heel or outer edge of tarsus; short fold on distal ¼ of inner surface of tarsus; inner metatarsal tubercle 2 ½ times as long as wide; outer metatarsal tubercle elongate, its length 1 ¼ times its width; numerous low supernumerary plantar tubercles; subarticular tubercles subconical, round; toes bearing obvious lateral fringes, no webbing; tip of fifth toe reaches to distal edge of distal subarticular tubercle of Toe IV, tip of Toe III reaches just distal to distal edge of penultimate subarticular tubercle of Toe IV; hindlimbs short, shank 45.3-52.0 % SVL, heels touching when flexed hindlimbs held perpendicular to sagittal plane.

Coloration in alcohol: Upper surfaces pale brown with scattered flecks of dark brown; some dark flecks concentrated on upper lip at junction between brown ground color and cream labial stripe; flanks, especially posteriorly with dense spotting of dark brown on cream background; anterior and posterior surfaces of thighs and underside of shank cream with dark brown blotches or spots; no anal triangle; ventral surfaces cream except for small brown spots on chin and undersides of thighs and tenuous brown reticulum over lower abdomen.

Color in life: Dorsal surfaces pale bronze-tan; creamy white labial stripe; black spots along upper edge of groin and on concealed thigh (a few as well in axilla and under shank); concealed surfaces of hindlegs, axilla, and groin, orange; throat and venter white; iris pale yellow with black reticulations and a reddish horizontal streak (JDL fieldnotes, September 1985).

Measurements of holotype in mm.: SVL 25.5, shank 12.9, HW 10.5, head length 9.4, chord of head length 10.8, upper eyelid width 2.5, IOD 3.2, tympanum 1.1, eye length 3.2, E-N 2.6.

Natural history: Little data are available. Corredor & Herrán found their series under trunks and moss. No ecological data are available for the topotypes.

Remarks: As is often the case for species found in one's backyard, the *Eleutherodactylus* from the immediate vicinity of Bogotá are largely unstudied although **Bernal & Guzman** recently (2000) described the calls of *E. bogotensis*, *E. elegans*, and *E. nervicus*. One species, *E. w-nigrum*, once known from the Sabana de Bogotá, seems to have disappeared during the past 50 years. **Dunn** (1944) found it at several sites on the western slopes below Bogotá whereas during my searches for the species in the 1980s none was found at these localities. **Werner's** (1899) record from the Alto de Sibaté is the highest (2800 m) but that site has not been revisited. *Eleutherodactylus*

w-nigrum is a large species, normally very abundant along streams, my failure to find it suggests local extinctions for unknown reasons (but probably pollution descending onto the slopes from Bogotá).

Lynch (1994) considered *E. nervicus* allied to *E. nicefori*, a páramo species from Cocuy and the páramos of Almorzadero and Pisba in Boyacá, Norte de Santander, and Santander but, subsequently (**Lynch**, 1998), decided that it was most closely related to *E. mnionaetes*, known from a subpáramo south of Lago Tota, and published a map of its distribution. *Eleutherodactylus nervicus* is a small frog with a pointed snout, warty skin, and narrow disks (Fig. 1).

In contrast, *E. affinis*, *E. bogotensis*, and *E. elegans* remain known largely from taxonomic descriptions. The descriptions of single specimens of each by **Cochran & Goin** (1970) are acceptable but their account of variation is confusing. Older descriptions are available in **Peracca** (1914), **Peters** (1863 a,b), and **Werner** (1899) and **Hoyos** (1991) discussed variation in *E. bogotensis* and provided some descriptive notes for *E. elegans* and *E. nervicus*.

Eleutherodactylus affinis (Fig. 1) and *E. elegans* (Fig. 1) are probably closely related. These two species share a large bulky head in contrast to the other species of *Eleutherodactylus* found on the Cordillera Occidental and have pointed snouts. Each is a relatively large organism (adult females 32.8-46.0 mm SVL) in contrast to the other species. The former remains known from only five specific localities whereas the latter is abundant in some páramos (Chingaza and Chisacá) but otherwise rare. **Dunn's** (1944) report of *E. elegans* from Aguadita (2000 m) requires confirmation.

Eleutherodactylus bogotensis (Fig. 1) is abundant in the wet páramos east La Calera, Chingaza, Cruz Verde) and south (Chisacá) of Bogotá but less common elsewhere in Cundinamarca. It is distributed into southern Boyacá and is generally replaced geographically by *E. lynchi*. The two can be distinguished in that the vomerine teeth are concealed in the tissue of the palate in *E. lynchi* and that species has a curved inner tarsal fold and *E. lynchi* has a subacuminate snout whereas the snout of *E. bogotensis* is rounded. Each of these frogs has some sort of dorsal pattern and each has the posterior surfaces of the thighs uniformly brown (in preservative). Flash marks of *E. bogotensis* are red. Collections from critical places are very limited but *E. bogotensis* appears to be sympatric with *E. renjiformis*, pending more complete study of the samples available now assigned to *E. bogotensis*.

Eleutherodactylus renjiformis has only been collected three times to my knowledge. The data available are too meager to conclude that it is therefore rare. The 2400-2800 m band on the western slopes of the Cordillera Oriental has been subjected to very little herpetological exploration and even less in relatively undisturbed forests (which seem to be the habitat of this small frog).

Acknowledgments

Hermano Roque Calles permitted access to the collection of the Museo La Salle (MLS). Juan Rengifo was a frequent companion during the searches for *E. w-nigrum* in western Cundinamarca in the 1980s.

Literature cited

- Bernal, X. & F. Guzman. 2000 ("1999"). The advertisement calls of three *Eleutherodactylus* species (Anura: Leptodactylidae) in a Colombian highland community. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 23 (Supl. Esp.): 261-264.
- Cochran, D.M. & C.J. Goin. 1970. Frogs of Colombia. United States National Museum Bulletin (288): 1-655.
- Dunn, E. R. 1944. Herpetology of the Bogotá area. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 6 (21): 68- 81.
- Hoyos, J.M. 1991. Aspectos taxonómicos y patrones de diseño de *Eleutherodactylus bogotensis* del Parque Nacional Natural Chingaza. Cuadernos Divulgativos [Universidad Javeriana] (18): 1-12.
- Lynch, J.D. 1994. A new species of high-altitude frog (*Eleutherodactylus*: Leptodactylidae) from the Cordillera oriental of Colombia. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 19 (72): 195-203.
- . 1998. A new frog (genus *Eleutherodactylus*) from cloud forests of southern Boyacá. *Rev. Acad. Colomb. Cienc. Ex. Fis. Nat.* 22 (84): 429-432.
- & W.E. Duellman. 1997. Frogs of the genus *Eleutherodactylus* (Leptodactylidae) in western Ecuador: systematics, ecology, and biogeography. *Nat. Hist. Mus., Univ. Kansas Spec. Publ.* (23): 1-236.
- Peracca, M. G. 1914. Reptiles et batraciens de Colombie. *Mem. Soc. Sci. Nat. Neuchatel* 5: 96-111.
- Peters, W. 1863a. Über eine neue Schlangengattung, *Styporhynchus*, und verschiedene andere Amphibien des Zoologischen Museums. *Monatsb. Akad. Wiss. Berlin* 1863: 399-413.
- . 1863b. Über verschiedene Batrachien nemlich über die Original exemplare de von Schneider und Wiegmann beschrieben Arten des Zoologischer Museum zu Berlin. *Monatsb. Akad. Wiss. Berlin* 1863: 445-471.
- Werner, F. 1899. Ueber Reptilien und Batrachier aus Colmbien und Trinidad. *Verh. Zool.-Bot. Ges. Wien* 49: 471-484.

LA FARMACIA MODERNA ESTÁ EN LOS PRODUCTOS NATURALES

por

Jaime Bermejo Barrera*

Resumen

Bermejo Barrera, J.: La farmacia moderna está en los productos naturales. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **24**(92): 441-447, 2000. ISSN: 0370-3908.

Se hace una breve descripción de los metabolitos aislados la mayor parte de ellos de la familia de las Compuestas, algunos con propiedades farmacológicas.

Palabras clave: *Trixis paradoxa*, *Eupatorium*, lactonas sesquiterpénicas, diterpenos, flavonoides, farmacología.

Abstract

A short description is given of numerous metabolites isolated from the Compositae family, some with pharmacological activity.

Key words: *Trixis paradoxa*, *Eupatorium*, Compositae, sesquiterpene lactones, diterpenes, flavonoids, pharmacology.

Introducción

En una reunión de la Sociedad Internacional de Química Ecológica celebrada en Suecia se adoptó por unanimidad de los miembros asamblearios, proclamar y mantener la siguiente resolución:

“Los Productos Naturales constituyen un tesoro de inmenso valor para la humanidad. La extraordinaria velocidad con que se produce actualmente la extinción de especies está dando lugar a una rápida depresión de este tesoro, con consecuencias potencialmente desastrosas. La

Sociedad Internacional de Ecología Química hace un llamamiento urgente para que, en el ámbito mundial, se arbitren medidas para detener el curso de la actual extinción de especies y para que se emprendan, con una extensión mucho más vasta, estudios bioracionales dirigidos al descubrimiento de nuevas sustancias químicas naturales de uso en medicina, agricultura e industria. Estos esfuerzos exploratorios deberían de ser acometidos por un consorcio entre países desarrollados y en vías de desarrollo, de tal manera que los beneficios económicos desemboken en medida razonable a todos los participantes”.

* Instituto Universitario de Bio-Orgánica “Antonio González”-Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del C.S.I.C., La Laguna, Tenerife, Islas Canarias, España. E-mail: jbermejo@ull.es

Generalidades

La extinción de especies "la muerte del pajarillo", como ha sido llamada es la crisis silenciosa de nuestro tiempo. Las especies se están perdiendo a una velocidad cada vez más en aumento, mucho más rápidamente en orden de magnitud que las velocidades de reemplazamiento evolucionario. Incluso los más optimistas conceden que no hay remisión a la vista. Es previsible que en el siglo XXI, el ritmo de crecimiento demográfico propicie la destrucción biótica de manera irreversible.

Se está así empezando a captar que, en efecto, tal extinción será para siempre, sin embargo, no parece que hayamos comprendido aún que es lo que perdemos cuando las especies desaparecen. Un aspecto totalmente crítico es que un empobrecimiento biótico lleva consigo un empobrecimiento químico. La pérdida de una especie significa la pérdida de sustancias químicas que son potencialmente únicas en la naturaleza, que muy probablemente puedan ser creadas independientemente en el laboratorio y que posiblemente serían de gran utilidad particularmente en medicina. En sentido totalmente real, y completamente aparte de otros aspectos asimismo meritorios, las especies tienen valor químico.

Las implicaciones de la pérdida de especies pueden ser de vértigo en lo que respecta a la Química Médica. El hombre, ha investigado desde siempre la naturaleza como fuente de medicamentos, y su búsqueda tiene una larga historia de deuda por pagar. Durante siglos o quizás milenios el *jicote* o abeja carpintera fue un habitante casi anónimo de las tierras bajas de Guanacaste, al noreste de Costa Rica. Su tamaño (unos 2.5 cm), el color negro brillante de las hembras, y el amarillo claro de los machos, la costumbre de construir sus nidos en ramas o árboles muertos y hasta el diario trájín en busca de néctar y polen son el resultado de una evolución que se ha producido a lo largo de millones de años, y en la que casi nadie había reparado.

Pero alguien cayó en la cuenta de que el *jicote*, al igual que las 300.000 especies de insectos que pululan por los bosques y selvas costarricenses, puede poseer una sustancia o una simple molécula cuya producción en serie tal vez sirva para curar enfermedades, mejorar las cosechas o revolucionar la industria. Por eso, cada porción de su minúsculo cuerpo está siendo estudiada y analizada para saber si encierra algún secreto que resulte útil y rentable a la sociedad.

Lo mismo ocurre con miles de plantas y árboles, no sólo en Costa Rica, sino en todas las zonas tropicales del mundo, las más ricas en biodiversidad, es decir, en varie-

dad y cantidad de especies vegetales y de animales invertebrados. La ciencia, con los laboratorios farmacéuticos a la cabeza, ha vuelto su mirada hacia estas regiones del planeta todavía semidesconocida, si se considera que apenas el 1% de las plantas y el 10 % de los insectos han sido estudiados por la medicina occidental.

Así, firmas estadounidenses, francesas, británicas o alemanas se han lanzado a una frenética carrera a través de un camino que habían abandonado en los años setenta, cuando la biotecnología y la química molecular parecían capaces de brindar soluciones a todos los males de la humanidad.

Ahora bien, no siempre es posible asimilar la acción de una planta medicinal a uno de sus principios activos. El efecto producido es con gran frecuencia, el resultado de sinergias complejas que aparecían por asociación de diversas sustancias, cada una de las cuales es totalmente inactiva por sí sola. Por ejemplo, la propiedad colestérica y diurética de las hojas de alcachofa no se manifiesta más que cuando se yuxtaponen una serie de sustancias que, por si sola no tienen ningún efecto terapéutico identificable mediante métodos farmacológicos. Por tanto ¿cómo es posible en estas condiciones verificar la eficacia de las plantas medicinales indígenas o exóticas?. Únicamente la experimentación farmacológica permite precisar el perfil de la actividad de una especie vegetal, determinar la dosis óptima y definir el modo de preparación de sus extractos. La parte de la planta utilizada, su estado fresco o seco, el disolvente, el modo de preparación del extracto, el tiempo de extracción, o la dosis que ha de administrarse son otros tantos factores que conviene definir para cada planta, ya que varía considerablemente de una a otra. Lo mismo puede decirse de la elección de las técnicas farmacológicas (investigación de toxicidad, técnica *in vivo* o *in vitro*, elección del órgano de análisis, etc), del modo de administración (oral, inyectable, externa).

Frente a esta gran diversidad de los protocolos experimentales, y en la imposibilidad de verificarlos en su conjunto, en una primera fase es necesario mantenerse lo más cerca posible de la tradición, tanto al nivel de preparación como a nivel del efecto farmacológico que se persigue. El resultado obtenido en los laboratorios universitarios de Metz y de Nancy y en el laboratorio de psicofarmacología de la Universidad de Estrasburgo (Francia), demuestra que cada especie vegetal es única y que sólo la experimentación permite definir, en función de la eficacia terapéutica, los modos de preparación de los extractos y las dosis que han de prescribirse. Veamos algunos ejemplos:

a) La influencia de la parte de la planta

El romero (*Rosmarinus officinalis L.*) es una planta medicinal conocida por la medicina Griega y arábigo-persa para resolver las obstrucciones del hígado y provocar el fluir de la orina; en Francia también se utiliza tradicionalmente como colerético (estimulación de la secreción biliar por el hígado), y para facilitar las funciones de eliminación renal y digestiva. Se han confirmado estas indicaciones terapéuticas tradicionales: el romero posee propiedades coleréticas y diuréticas (aumento de la secreción urinaria en la rata, pero administrando al animal extractos preparados a partir de retoños jóvenes, hojas adultas y brotes floridos, se observa que los retoños jóvenes son los más activos para la secreción biliar y la secreción urinaria. Resultados parecidos se han observado *in vivo*, ya que retoños jóvenes protegen a las ratas contra una hepatitis inducida por tetracloruro de carbono. *In vitro*, estos retoños jóvenes presentan un efecto hepatoprotector ante una intoxicación de los hepatocitos aislados de ratas, provocada por *terc*-butilhidroperóxido. Los hepatocitos aislados se obtienen después de la perfusión de un hígado de rata con colagenasa y disociación de las células. El tóxico, *terc*-butilhidroperóxido, induce una lipoperoxidación de las membranas, evaluadas por la dosificación del malonaldehído, y una necrosis celular cuantificada por la dosificación de los lactatos dehidrogenasa (LDA) y de los glutamatos piruvatos transaminasa (GPT). Así pues, los extractos de retoños jóvenes tienen un efecto antinecrótico y antirradicales libres (Hoefler et al. 1987). Estos resultados demuestran también aquí que en el romero la parte más activa de la planta son los retoños jóvenes.

b) La influencia del disolvente de extracción

La raíz del hinojo (*Foeniculum vulgare P. Miller*) se consideraba diurética en la medicina griega, egipcia y en la medicina tradicional francesa en forma de vino medicinal, pero sus efectos farmacológicos no se habían demostrado. Se prepararon dos extractos: uno de ellos se obtuvo macerando las raíces en un disolvente hidroalcohólico de bajo contenido en etanol, corriente en los vinos medicinales; el otro con maceración en agua. Ambos extractos obtenidos se administraron a la rata, que recibió una sobrecarga hídrica hipotónica. A continuación, cada hora, y a lo largo de 24 horas, se recogieron las secreciones urinarias. Únicamente los extractos hidroalcohólicos presentaron un efecto diurético importante lo que demostraba que la presencia de alcohol en el disolvente es indispensable para extraer los principios activos responsables del efecto.

c) La influencia de la dosis suministrada

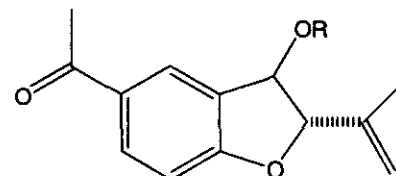
La actividad terapéutica de un medicamento está en función de la dosis que se aplica. Podría pensarse que, aumentando la dosis, se aumenta el efecto. Si bien esto demuestra ser parcialmente exacto para ciertas plantas, en otras, los efectos biológicos difieren de una especie a otra. La adormidera de California (*Eschscholtzia californiana Cham*) se utilizaba desde antaño por los indios americanos como calmantes. Sus propiedades evolucionaron paralelamente a la dosis; aparecen a partir de una dosis de 100 mg/Kg y aumenta regularmente hasta la dosis de 1600 mg/Kg.

No ocurre lo mismo en el *Eupatorium cannabinum*, que como sabemos es una **asteraceae** que, desde la antigüedad goza de reputación hepatótropa lo que le hace recomendable en los casos de ictericia y colecistitis. Protege a la rata de una hepatitis inducida por tetracloruro de carbono, a partir de dosis de 250 mg/Kg, pero este hecho no aumenta cuando la dosis administrada se multiplica por dos o por cuatro (Lexa et al., 1989).

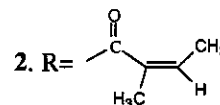
La investigación sistemática de los principios activos de las plantas, está actualmente dirigida sobre todo hacia la extracción de compuestos citotóxicos potencialmente utilizados para combatir el cáncer, (se estima que los compuestos orgánicos vegetales conocidos, el diez por ciento del total tienen actividad).

En la última década y con vistas de ser utilizados como agente terapéutico se han estudiado gran número de extractos de plantas, que exhibían actividad antineoplásica, reconociéndose en muchos casos, su potencial citotóxico con relación a numerosos tipos de tumores.

Un extraordinario número de lactonas sesquiterpénicas aisladas de especies de la familia de las compuestas, principalmente del género *Centaurea*, *Artemisia* y *Eupatorium* exhiben considerable actividad antitumoral, siendo de un

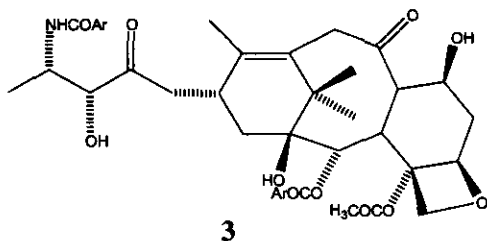


1. R= H



modo general, activas en relación al carcinoma 256 de Walter. Para que estas lactonas presenten actividad de cierta importancia, es necesaria la presencia del agrupamiento α -metileno- γ -lactona. Análisis antitumorales realizados por National Institute of Health (Rodríguez *et al.* 1976) mostraron que el toxol (1) y su angelato (2) exhibían amplia actividad antitumoral contra el P-388.

El taxol (3), es un diterpeno del grupo del taxano, el cual ha sido aislado de varias especies del género *Taxus*, familia Laxaceae. Se ha comportado como un excepcional agente terapéutico contra el cáncer con un amplio espectro de actividad antileucémica y antitumoral, siendo activo *in vivo* contra el P-388, P-1534 y L-1210 en ratas leucémicas (Vidensek *et al.* 1990). Actualmente se ha mostrado como una sustancia única y de especial eficacia en el tratamiento de los cánceres de ovario y de pulmón.

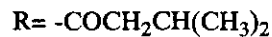
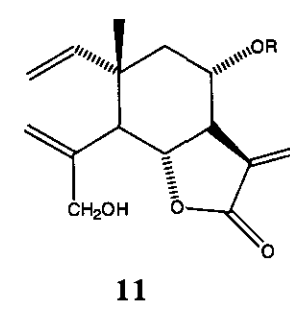
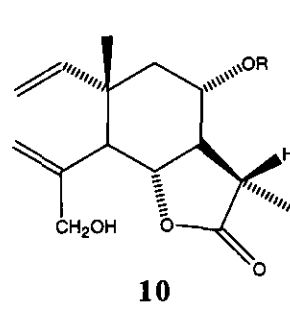
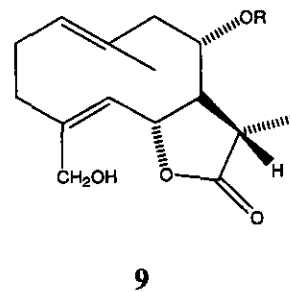
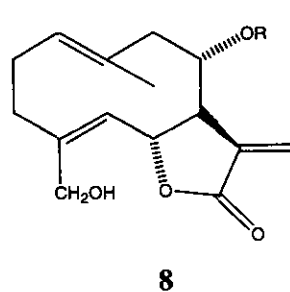
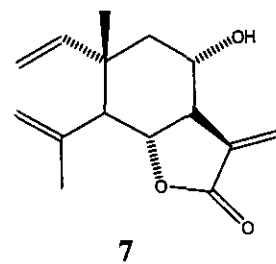
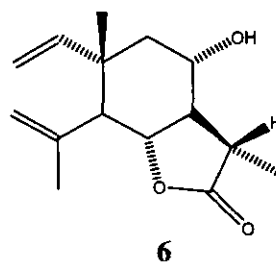
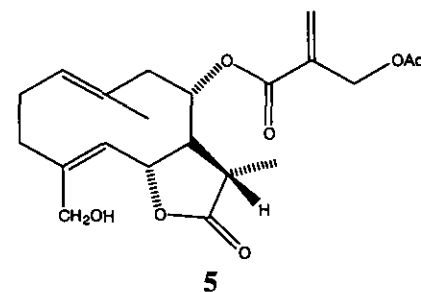
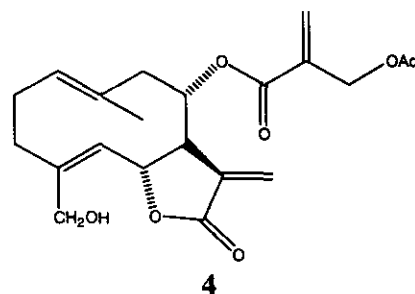


En el Instituto Universitario de Bío-Orgánica "Antonio González"- Instituto de Productos Naturales y Agrobiología del Consejo Superior de Investigaciones Científicas, se avanza cada vez más en el estudio de los productos naturales principalmente de plantas canarias y sudamericanas, pero siempre poniendo nuestra atención a las respuestas del hombre del campo. Así, en el año de 1988 la Cátedra de Biología Vegetal de la Universidad de La Laguna (Tenerife-Islands Canarias-España) saca a la luz un extraordinario "Catálogo de las Plantas Medicinales de las Islas Canarias. Sus Aplicaciones Populares" (Pérez de Paz, 1988). A esta publicación le siguió otra sobre plantas iberoamericanas (González, 1990a).

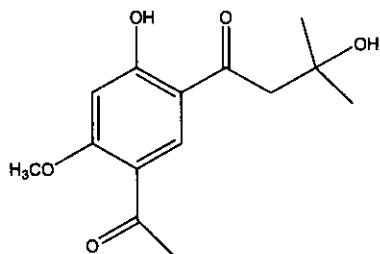
De aquí que el contexto u objetivo del presente trabajo consistiere en dar cuenta de una serie de metabolitos secundarios obtenidos de plantas sudamericanas, Canarias y Península Ibérica perteneciente a la familia de las Compuestas.

Centáurea amara L. Se encuentra en la Ciudad Encantada (Cuenca, España). De la parte aérea de esta especie se aislaron las nuevas lactonas sesquiterpénicas amarina (4) y dihidroamarina (5) junto a las ya conocidas melitensina (6) y dehidromelitensina (7) (González *et al.* 1980).

Centaurea arbutifolia Svent. Se encuentra en Las Palmas de Gran Canaria. De esta especie se aislaron cinco lactonas sesquiterpénicas una de ellas conocida, la aguerina A (González *et al.* 1978), las otras cuatro fueron nuevas y denominadas arbutifolina (8), 11,13-dihidroarbutifolina (9), isoarbutifolina (10) y 11,13-dihidroisoarbutifolina (11) (González *et al.* 1981)

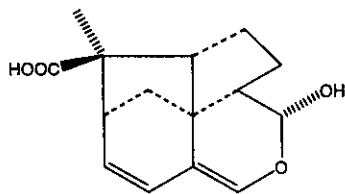


Artemisia glutinosa. De las partes aéreas de esta especie recolectada en Ontigola (Toledo, España) se ha aislado herniarina, los flavonoides naringenina, dihidroquercetina, 7,3-dimetileter, 5,3',4'-dihidroxi-7-metoxiflavanona, palmatina y tres derivados de acetofenonas: 2,4-diacetilansol, dehidroespeletona y el nuevo compuesto glutinosol (12) (González *et al.* 1983)



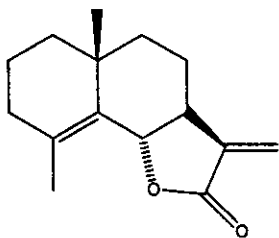
12

Trixis paradoxa Cass. Fue recolectada en Canta (Perú), su extracción con etanol y cromatografía en columna dio los siguientes componentes: Los triterpenos β -amirina, acetato de lupeol y lupeol, la cumarina perefiorina, el flavonoide xantomicrol y el nuevo sesquiterpeno trixol (13) (González *et al.*, 1984).

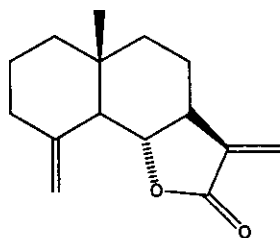


13

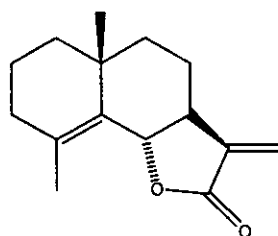
Eupatorium quadrangulare. Recolectado en San Luis de Potosí (México), su extracción con metanol en caliente y posterior tratamiento del extracto, nos permitió llegar a un líquido siruposo que por posterior cromatografía en columna nos condujo a cuatro lactonas sesquiterpénicas denominadas: arbusculina B (14), β -ciclocostunolido (15), α -ciclocostunolido (16) y quadrangulina A (17), esta última nueva en la bibliografía (González *et al.* 1985)



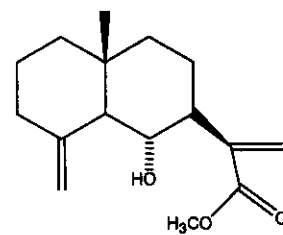
14



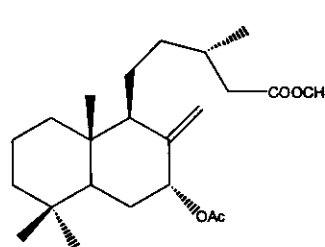
15



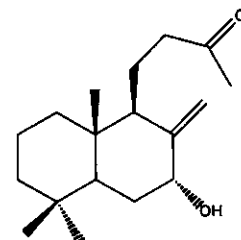
16



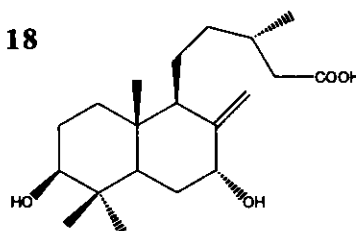
17



18



19



20

Eupatorium salvia Colla. A esta especie se le denomina ahora *Ageratina salvia* Colla perteneciente también a la familia de las compuestas, tribu Eupatorieae.

El extracto etanólico en caliente dio después de cromatografía en columna cinco diterpenos de la serie del labdano: ácido sálvico, acetato del ácido sálvico, metil-7 α -acetoxi-labd-8(17)-en-15-oato (18), 7 α -hidroxi-14,15-dinor-13-oxo-8(17)-labdeno (19), 3 β , 7 α -dihidroxi-labd-8(17)-en-15-oico (20), estos tres últimos nuevos en la bibliografía (González *et al.*, 1990b)

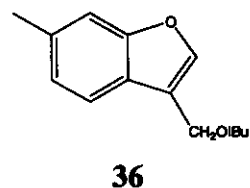
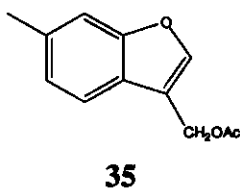
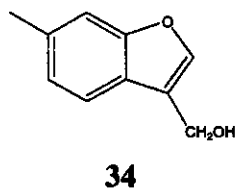
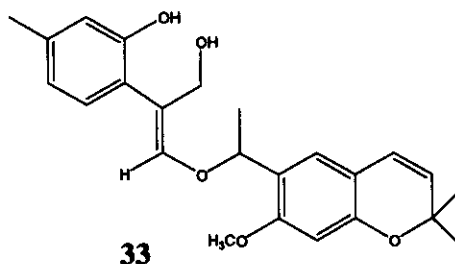
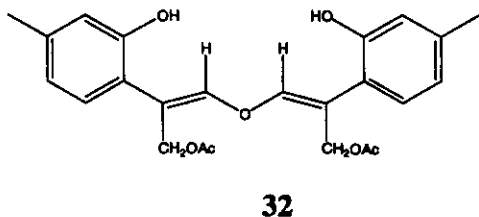
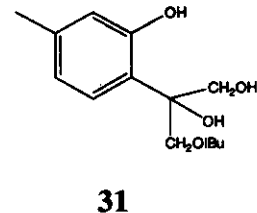
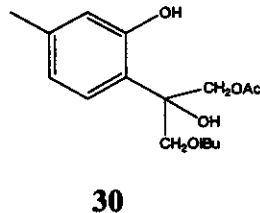
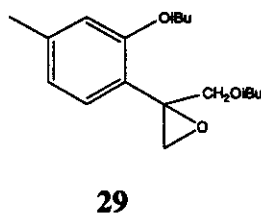
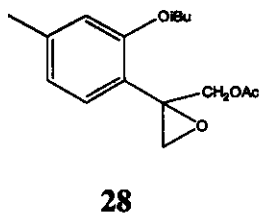
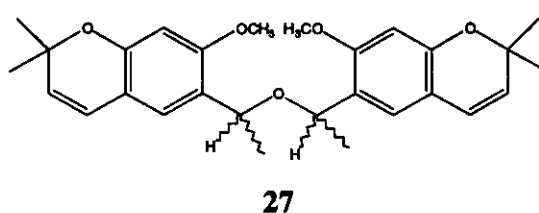
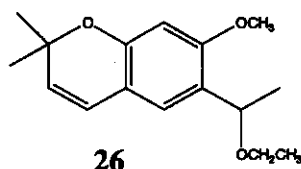
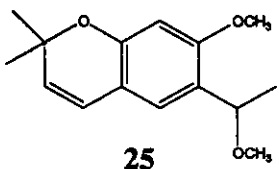
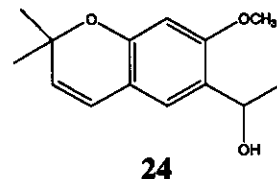
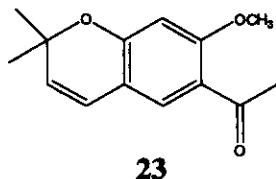
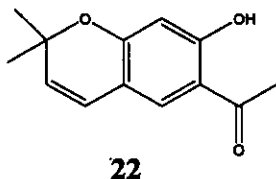
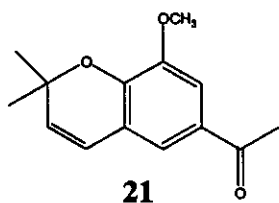
Del *Eupatorium* también se aísla el sesquiterpeno espatulenol y los flavonoides pectolarigenina y salvigenina.

Eupatorium glechonophyllum. Siguiendo nuestra línea de investigación sobre la búsqueda de lactonas sesquiterpénicas en el género *Eupatorium*, hemos reinvestigado el *Eupatorium glechonophyllum*, denominado ahora *Ageratina glechonophylla* Less (King &

Robinson, 1975). Este género endémico de Chile, no mostró la presencia de lactonas sesquiterpénicas en cambio nos proporcionó diecisiete sustancias, la mayoría constituyentes fenólicos (González *et al.*, 1992a). Para su estudio lo dividimos en dos grupos: a) derivados del 2,2-dimetil-cromeno y b) derivados del timol.

a) Sustancias derivadas del 2,2-dimetil-cromeno

6-acetil-8-metoxi-2,2-dimetil-cromeno (21), 6-acetil-7-hidroxi-2,2-dimetilcromeno (22), 6-acetil-7-metoxi-2,2-dimetilcromeno (23), 6-(1-hidroxi-etil)-7-metoxi-2,2-dimetil-cromeno (24), 6-(1-metoxietil)-7-metoxi-2,2-



dimetil-cromeno (25), 6-(1-etoxietil)-7-metoxi-2,2-dimetil-cromeno (26), sustancia dimérica (27).

b) Sustancias derivadas del timol

Isobutirato de 10-acetoxi-8,9-epoxi-timol (28), isobutirato de 10-isobutiriloxi-8,9-epoxi-timol (29), 8-hidroxi-9-isobutiriloxi-10-acetoxi-timol (30), 8,9-dihidroxi-10-isobutiriloxi-timol (31), glechonina A (32), glechonina B (33), 3-hidroximetil-6-metil-benzofurano (34), 3-acetoximetil-6-metilbenzofurano (35), 3-isobutiriloximetil-6-metil-benzofurano (36). Estas seis últimas sustancias son nuevas en la bibliografía.

La sustancia (34) se obtuvo también mediante una síntesis total (González *et al.*, 1992b).

Bibliografía

- González, A. G. 1990. "Plantas Iberoamericanas, Fuentes de Moléculas Bioactivas". 1ª Ed. Litografía Romero. Santa Cruz de Tenerife, 219 pp.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Bretón, F. J. L., Galindo, A. & Massanet, G. M. 1978. "Sesquiterpene Lactones from *Centáurea arbutifolia*", *Rev. Latinoamer. Quim.* 9:78-79.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Díaz, J. G., Rodríguez, P. E. M., Yanes, H. C., Rauter, A. P. & Pozo, C. J. 1990b. "Diterpene and other Constituents of *Eupatorium salvia* Colla", *Phytochemistry.* 29:321-323.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Estévez, F. T. & Velásquez, R. 1983. "Phenolic Derivatives from *Artemisia glutinosa*", *Phytochemistry.* 22:1515-1516.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Toledo, F. & Daza, L. R. 1981. "Sesquiterpene Lactones from *Centáurea arbutifolia*", *Phytochemistry.* 20:1895-1897.
- González, A. G., Bermejo, J. B. & Yanes, H. C. 1992a. "Thymol Derivatives and a Chromene from *Ageratina glechonophylla*", *Phytochemistry.* 31:714-716.
- González, A. G., Bermejo, J. B. & Yanes, H. C. 1992b. "A Synthesis of 3-hidroxy-methyl-6-methylbenzofuran", *Heterocycles.* 34:1311-1315.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Yanes, H. C., Estévez, F. T. & Domínguez, X. A. 1985. "Eudesmane Sesquiterpene from *Eupatorium quadrangulare*", *Phytochemistry.* 24:1847-1848.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Yanes, H. C., Peraza, P. J. & Zaragoza, T. 1984. "Nuevo derivado isocodrónico de la *Trixis paradoxa* Cass", *An. Quim.* 80C:319-320.
- González, A. G., Bermejo, J. B., Zaragoza, T. & Velásquez, R. 1980. "Química de las Compuestas XLIII. Lactonas Sesquiterpénicas de la *Centáurea amara* L. (Amarina y Dihidroamarina)", *An. Quim.* 76:296-297.
- Hoefler, C., Fleurentin, J., Mortier, F., Pelt, J. M. & Guillemain, J. 1987. "Comparative Choleric and Hepatoprotective Properties of young Sprouts and Total Plant Extracts of *Rosmarinus officinalis* in Rats", *J. Ethnopharmacology.* 19:133-143.
- King, R. H. & Robinson, H. 1975. "The Biology and Chemistry of the Compositae". Symposium at Reading. U.K.
- Lexa, A., Fleurentin, J., Lehr, P. R., Mortier, F., Pruvost, M. & Pelt, J. M. 1989. "Choleric and Hepatoprotective Properties of *Eupatorium cannabinum* in the Rats", *Planta Medica.* 55:127-132.
- Pérez de Paz, P. L. 1988. "Catálogo de las Plantas Medicinales de la Flora Canaria. Aplicaciones populares" 1ª ed. Santa Cruz de Tenerife, 131 pp.
- Rodríguez, E., Towers, G. H. N. & Mitchell, J. C. 1976. "Biological Activities of Sesquiterpenes Lactones", *Phytochemistry.* 15:1573-1580.
- Vidensek, N., Lim, P., Campbell, A. & Carlson, C. 1990a. "Taxol Content in Bark, Wood, Root, Leaf, Twing, and Seedling from several *Taxus* species", *J. Nat. Prod.* 53:1609-1610.

PALABRAS PRONUNCIADAS POR PRESIDENTE DE LA ACADEMIA EN LA SESIÓN SOLEMNE ESTATUTARIA CELEBRADA EL 25 DE AGOSTO DE 2000

En primer lugar, permítanme reiterar, en este solemne acto, nuestros agradecimientos al pleno de la Academia por el alto honor de depositar en nosotros, una vez más, su confianza para presidir la Corporación durante el período académico estatutario que hoy comienza. Somos conscientes de la elevada responsabilidad y compromisos de dedicación, persistencia y concentración en nuestro trabajo que implica el desempeño de los cargos para los cuales fuimos reelegidos; estamos seguros que contaremos con su decidido apoyo y colaboración para culminar con éxito la gestión que nos proponemos realizar en favor del fortalecimiento de la Institución durante el período académico que hoy comienza.

En nombre de la Corporación, expreso los más cordiales saludos de bienvenida y agradecimientos a todos los presentes por aceptar nuestra invitación y acompañarnos en este acto, con el cual la Academia celebra un nuevo aniversario de su fundación, como entidad promotora del conocimiento científico, de la enseñanza de las ciencias en nuestro medio y como cuerpo consultivo del Estado sobre estas mismas materias, según lo dispuesto en la Ley 34 de 1933. Las mismas tareas que en el presente, ante la urgencia de asimilar e incrementar el conocimiento científico cobran plena vigencia y deberían ser consideradas prioritarias, en particular, por quienes tienen la responsabilidad de orientar y dirigir nuestro sistema educativo, en todos sus niveles.

Cada día crece el reconocimiento sobre el papel decisivo que en los llamados países desarrollados ha desempeñado el conocimiento en los campos económico, social, político y cultural y, asimismo el consenso sobre la necesidad de promoverlo e incrementarlo en nuestros países. Puesto que del conocimiento va a depender en buena parte la superación de las situaciones de crisis que periódicamente nos afectan, en los diferentes campos del quehacer humano.

Por lo mismo, considero que en el nuevo período que hoy comienza, entre las tareas propias de la Academia se

debe conceder particular atención a la de promover, mediante la colaboración interinstitucional, la apropiación inteligente, dinámica y contextualizada de los conocimientos de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales y desde luego, la capacidad de crearlos; de tal calidad, que merezcan reconocimiento de su validez por la comunidad científica nacional e internacional.

Paralelamente y en estrecha relación con esta tarea prioritaria, también mediante la colaboración interinstitucional y la aplicación de métodos de inspiración endógena, la Academia deberá prestar apoyo a los establecimientos educativos para promover la transición, desde el modelo formalista y repetitivo de la enseñanza de las ciencias, hacia un modelo promotor de la creatividad en los educandos. No me cabe duda que entre los factores que inciden en la difícil situación por la que atraviesa Colombia y que es causa de alarma y preocupación en los ámbitos nacional e internacional, se cuenta el no haber dado la prioridad que merece al “conocimiento”, en particular, al conocimiento sobre el medio natural que nos sustenta y sobre las manifestaciones culturales surgidas de la dinámica social y del interactuar tradicional de las generaciones que nos presidieron con el entorno. Crear, difundir y compartir tales conocimientos hubiera podido contribuir a conformar y consolidar nuestra identidad cultural y con ello a incrementar la solidaridad ciudadana, en la medida que tal solidaridad que se apoyaría en el conocimiento y en valores culturales y éticos compartidos por quienes conformamos la sociedad colombiana.

Quizás también la carencia de los conocimientos suficientes sobre nuestro contexto cultural y sobre el entorno natural que nos sirve de apoyo, figure entre las razones por las cuales la organización de nuestras instituciones y aun la del propio Estado, se haya inspirado en modelos foráneos que bajo los contextos y peculiaridades de nuestro contexto cultural y medio natural no han producido los resultados que de su aplicación esperaban quienes las propusieron y finalmente adoptaron, las órdenes econó-

mico, social, jurídico y cultural. Quizás esto mismo contribuya a explicar porqué aún sea débil el aprecio de nuestra Nación por el conocimiento científico y por ende por la ciencia y de la tecnología. Esto explicaría también por qué es tan difícil obtener los recursos financieros y logísticos suficientes para el desarrollo de la ciencia, de la tecnología y del mejoramiento de la calidad de la Educación, en nuestro medio.

Por la misma razón, resulta cada vez más urgente insistir en la necesidad de transformar el modelo tradicional de la Educación, e incluir en el que lo sustituya, procedimientos dirigidos a despertar en los educandos mas pronto que tarde, la motivación que los lleve a ampliar por propio deseo e interés los conocimientos obtenidos en el aula, movidos por el asombro, la curiosidad o por el interés de resolver interrogantes sobre los fenómenos que observen en la realidad. Pienso, que así podría crearse interés por el conocimiento de nuestras realidades, de nuestras potencialidades y recursos. Conocimiento que nos permitiría también fortalecer el sector productivo de nuestra economía.

Por lo mismo, fiel a los derroteros que le señalaran sus fundadores, la Academia Colombiana de Ciencias, pese a los limitados recursos, ha procurado y procurará mantener vivo el interés por la ciencia, en sectores cada vez más amplios de nuestra sociedad y también porque se conozcan y difundan los conocimientos y mejore la calidad de la enseñanza de las ciencias. Hasta ahora, a ella han contribuido de modo particular, la publicación de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias, cuya aparición se ha regularizado e incrementado, lo mismo que sus cuatro colecciones de libros y la publicación de "entregas especiales", como la que ahora se ha publicado con ocasión de la celebración de este nuevo aniversario de fundación de la Academia, en homenaje a sus fundadores y en reconocimiento a sus Miembros Numerarios y Honorarios, bajo el título "*Tradición Académica. Diccionario Biográfico y Bibliográfico de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*".

Durante el último año de labores, representantes de la Academia participaron en Congresos y Conferencias Nacionales e Internacionales, entre otras, en la "Vigési-

masexta Conferencia General del Consejo Internacional de la Ciencia" que tuvo lugar a finales el pasado mes de septiembre en la ciudad de El Cairo, en la cual participaron delegaciones de numerosos países de todos los continentes. Como representante de la Academia insistí allí, sobre la necesidad de establecer sistemas equitativos de cooperación entre los países industrializados, y los países en desarrollo, que realmente conduzcan al fortalecimiento de la capacidad científica de nuestros países. Asimismo, entre otros eventos, la Academia ha participado en las reuniones en las cuales se discutió y aprobó el establecimiento de un ente internacional promotor de Programas de cooperación científica entre las entidades académicas y de investigación científica de los países que conforman el área del Caribe y que llevará el nombre de "*Comunidad científica del Gran Caribe*". El próximo mes de noviembre, bajo la coordinación y responsabilidad de la Academia Colombiana de Ciencias, tendrá lugar en la ciudad de Cartagena una nueva reunión, durante cuyo desarrollo, una vez se discutan y aprueben los Estatutos, se procederá a declarar oficialmente constituida la nueva organización internacional, con domicilio en la ciudad de Cartagena de Indias.

Pienso que las actividades a las cuales me he referido, permitirán apreciar el amplio campo de acción de la Academia en busca de contribuir a encontrar soluciones a urgentes problemas, mediante el acrecentamiento y profundización del conocimiento de nuestras realidades, en los campos de las ciencias exactas, físicas y naturales. Finalmente quisiera destacar el empeño que pondremos, a lo largo del nuevo período académico, tras la meta de establecer centros correspondientes de la Academia en otras ciudades del país. Se busca con ello, estrechar los vínculos de la Academia con las respectivas comunidades científicas regionales y extender sus programas de promoción de la ciencia, al ámbito nacional, como fuera ya propuesto por los fundadores y consignado en la Ley a la cual ya hice referencia.

Luis Eduardo Mora Osejo

INFORME CORRESPONDIENTE A LAS ACTIVIDADES DESARROLLADAS POR LA CORPORACION DURANTE EL ULTIMO AÑO ACADÉMICO

A continuación se resumen las actividades adelantadas durante el año académico comprendido entre el 20 de agosto de 1999 y el 19 de agosto de 2000.

SESIONES

a- Junta Directiva

La Junta Directiva celebró 11 reuniones ordinarias y 2 extraordinarias en las cuales se tomaron las decisiones necesarias para el funcionamiento de la Academia que permitieron entre otras, las siguientes acciones:

En el mes de julio se firmó el contrato de asesoría y servicios con el Ministerio de Educación Nacional, correspondiente al año 2000, por un valor de \$305.702.874.00.

Se firmó el contrato No. 020 de 1999 con la Universidad Nacional para administrar los fondos de siete subproyectos.

Se renovaron los contratos correspondientes al funcionamiento y ampliaciones de la red de computadores de la Academia. Se adicionó la posibilidad de trabajar en plataforma Linux.

Se firmó un contrato con la GTZ como un suplemento al contrato anterior.

b- Sesiones Ordinarias

En las reuniones ordinarias celebradas los terceros miércoles de cada mes, se dictaron las siguientes conferencias:

Septiembre 15: Don Jorge Martínez: "Estudio comparativo de la producción académica de las Universidades públicas según el puntaje otorgado por el decreto 1444".

Octubre 20: Doña Angela Guzmán "La era de la mecánica cuántica aplicada"

Febrero 16: "Don Guillermo Páramo "Entidades míticas y entidades matemáticas"

Marzo 15: Don Hernando Ordóñez "Estado vital de la materia, su origen su evolución y su futuro"

Abril 12: Don Moisés Wasserman "Postmodernismo y la guerra de las ciencias"

Mayo 17: Don Víctor Albis "El testamento matemático de Fermat".

Junio 21: Don Gabriel Toro "Origen y evolución de la neurociencia"

En la reunión ordinaria celebrada el 26 de julio se eligió, de acuerdo con lo establecido en los estatutos, a la Junta Directiva para el período 2000-2002. La Junta fue reelegida en su totalidad y quedó constituida así:

Presidente, Don Luis Eduardo Mora Osejo

Vicepresidente, Don Moisés Wasserman Lerner

Secretario, Don José A. Lozano Iriarte

Tesorera, Doña Inés Bernal de Ramírez

Director de la Revista, Don Santiago Díaz Piedrahita

Director de Biblioteca, Don Víctor S. Albis González

c. Sesiones Especiales

Durante la Sesión Solemne Estatutaria del 21 de agosto, se presentó el estudio de fondo, a cargo de Don Armando Espinosa, titulado: "El terremoto del Quindío y sus enseñanzas para las ciudades colombianas".

En sendas sesiones especiales se posesionaron dos académicos correspondientes, quienes presentaron los respectivos trabajos científicos preparados especialmente para la ocasión.

Septiembre 29: Don José Luis Fernández Alonso "Salvias y mastrantos colombianos. Taxonomía, distribución y conservación de la Familia Labiatae en Colombia".

Octubre 27: Don Luis Caraballo "Caracterización inmunoquímica y molecular de los alérgenos de *Blomia tropicalis*, un ácaro causante de asma en el trópico"

DEFUNCIONES

La Academia lamenta la pérdida del miembro correspondiente Don Ernesto Guhl (agosto 9).

PARTICIPACION EN ACTIVIDADES NACIONALES E INTERNACIONALES

La Academia Colombiana de Ciencias mantuvo su afiliación y participación en el Consejo Internacional para

la Ciencia (ICSU), el Programa Internacional Geosfera-Biosfera (IGBP), la Federación Latinoamericana de Academias de Ciencias (FELAC), el Comité sobre Ciencia y Tecnología en países en Desarrollo y Red Internacional de Biociencias (COSTED-IBN), la Academia de Ciencias del Tercer Mundo (TWAS), la Fundación Internacional para la Ciencia (IFS) y la Unión Internacional para la Investigación del Cuaternario (INQUA).

Durante este período varios miembros participaron en su carácter de académicos o de representantes oficiales de la Academia en numerosas actividades. Algunas de ellas se mencionan a continuación.

El Presidente de la Academia Don Luis Eduardo Mora participó en los siguientes eventos:

XXVI Conferencia General de ICSU y Asamblea General de COSTED en El Cairo, Egipto, entre el 26 de septiembre y el 2 de octubre. En sus intervenciones insistió sobre la necesidad de la colaboración internacional para cerrar la brecha que separa a los países en desarrollo de los países desarrollados en el caudal de conocimientos científicos y tecnológicos disponibles así como en el grado de avance y consolidación de la ciencia y la tecnología en uno y otro caso. En las conferencias Internacionales suele hacerse caso omiso de esta situación y continúa siendo débil la preocupación por este asunto. Al punto que pareciera que no existiera tal brecha, cada vez más profunda.

Tomó posesión como miembro de la Academia de Ciencias Físicas, Matemáticas y Naturales de Venezuela, con la conferencia "La Morfología comparada de las plantas explicada en el ejemplo de una teoría sobre las unidades de crecimiento y floración de las angiospermas", de la cual es autor.

El 24 de noviembre asistió a una reunión sobre bioseguridad en el Ministerio del Medio Ambiente, con miras a la estructuración de un marco jurídico nacional sobre bioseguridad. Insistió sobre la urgencia de formar conciencia biótica, es decir en fomentar en la ciudadanía valores que inspiren comportamientos a favor del robustecimiento de los sistemas de soporte de la vida en la tierra, incluida la vida humana; de la cual es imprescindible preservar su dignidad. Es necesario, en consecuencia impedir la manipulación genética de la vida humana, sin que previamente se hayan valorado cuidadosa y responsablemente por parte de los científicos, médicos o tecnólogos sus consecuencias. La ética utilitarista debe ser sustentada por la bioética que mantenga la vida, en general, y la dignidad humana, en particular.

Se hizo presente en la instalación de la fundación Filosofía y Ciencia. Asistió a la reunión sobre Bioética realizada en la Academia Nacional de Medicina, en donde intervino como orador y expuso el pensamiento bioético desde el punto de vista universal, biológico y humanístico. Fue también invitado por el ICFES a varias reuniones, en los meses de mayo a agosto, para revisar el documento sobre Educación Superior en Colombia que será enviado a la UNESCO y que fue elaborado teniendo en cuenta las recomendaciones sobre educación superior que hizo la UNESCO en 1998. En estas reuniones insistió sobre los temas siguientes: Que la Universidad designe a la investigación partidas presupuestales básicas que aseguren la continuidad de los proyectos, sin perjuicio de buscar las posibilidades de incrementar tales partidas con recursos procedentes de entidades oficiales o privadas, dedicadas al fomento y estímulo de la investigación científica. La participación de las Universidades en la tarea de creación de nuevos conocimientos es esencial para elevar la calidad de la formación profesional y científica, en cuanto prepara al estudiante para analizar y auscultar la realidad de diferentes órdenes, natural social, de la salud, jurídica, etc. es decir "contextualizar" el conocimiento con el entorno multifacético, sacarlo del simple contexto de los libros y confrontarlo con lo real, elevar la información a nivel de explicación, del nivel de abstraer de la multitud de hechos en objetos, lo que es común a todos.

Todo, en razón de fortalecer la creatividad individual de los futuros científicos y profesionales y con ello fortalecer su capacidad de plantear y resolver problemas concretos, por ejemplo, relacionados con el fortalecimiento de sectores: productivo, ambiental, social, salud, educacional, cultural, educativo y científico. De otra manera será cada vez más difícil superar la crisis.

En compañía de Don José A. Lozano, participó, del 14 al 17 de diciembre de 1999, en la reunión de Academias de Ciencias convocada por la Academia de la República Dominicana con el objeto de iniciar la promoción de la creación de la Comunidad Científica del Caribe. Asistió a la reunión que se celebró en La Habana, entre el 23 y el 25 de abril, con el fin de avanzar en el proceso de la creación de la Comunidad Científica del Caribe que tendrá como uno de sus objetivos la formación de un bloque multinacional para consultas y discusión de todo lo que en el presente y futuro pueda afectar a los países del área en materia de ciencia y tecnología. Asistió a la reunión convocada por Colciencias, preparatoria del Diálogo Global que se realizó en la Feria Exposición de Hannover. Participó el 14 de junio en una reunión que convocó el Instituto von Humboldt con el ánimo de presentar los avances

del proyecto de "Implementación del mecanismo de facilitación en Colombia". Asistió también al VII Congreso Departamental de Túquerres durante el cual se hizo el lanzamiento del video "Vida y obra del Dr. Luis Eduardo Mora Osejo" y se entregó la orden al mérito civil "ciudad de Túquerres" a Don Luis Eduardo Mora Osejo.

Por invitación de la Academia Colombiana de Ciencias Económicas, dictó el 12 de julio, dentro del ciclo de tertulias-foro la conferencia sobre el tema ¿Cómo utilizar para un desarrollo integral, los recursos humanos, bio y geofísicos que tenemos? El texto de su conferencia se publicará en las memorias de las tertulias foro. Por invitación de la División de Investigaciones, Sede Bogotá, de la Universidad Nacional participó como miembro del Jurado calificador del Concurso "Semillero de Investigación" en los meses de mayo-agosto, 2000. El 14 de junio, junto con Don José A. Lozano, asistió a la presentación que realizó el Instituto von Humboldt, en la que resumió las actividades desarrolladas durante sus primeros cinco años de funcionamiento. Asistió a la conferencia sobre metropolización de la Sabana y junto con Don José A. Lozano y Don José María Rincón, al Foro sobre Producción más limpia, realizado en la Universidad de los Andes. En compañía de Don José A. Lozano y Don Humberto Rodríguez atendió la invitación del Ministerio de Relaciones Exteriores para discutir el tema de gases de efecto invernadero dentro de la Comisión de Asuntos Ambientales.

El Secretario, Don José A. Lozano, representó a la Academia en varios eventos: como delegado de la Academia y presidente de la Red colombiana de formación ambiental, leyó su discurso en la sesión inaugural del II Seminario Latinoamericano y del Caribe sobre Universidad y Medio Ambiente, celebrado en Santiago de Cali, entre el 24 y el 26 de noviembre de 1999. Entre el 4 y el 7 de octubre asistió al Seminario-taller sobre experiencias educativas innovadoras en educación ambiental (América Latina y el Caribe). El seminario taller se desarrolló dentro del módulo de "Educación ambiental para la sustentabilidad" del proyecto "Educación para la ciudadanía y la sustentabilidad en sociedades multiculturales". Participó activamente, como invitado especial, en el Primer Encuentro Nacional de Comités Departamentales de Educación Ambiental, que tuvo lugar en Guarne - Antioquia, marzo 30, 31 y 1 de abril de 2000. Este encuentro fue organizado por la Dirección de Investigación y Desarrollo Pedagógico del Ministerio de Educación Nacional y el Comité Técnico Inter-institucional del Departamento de Antioquia. Tomó parte en el "Interacademy Panel" que se reunió en Tokio, Japón entre el 14 y el 19 de mayo, para celebrar la "2000 Conference of Academies on a

Transition to Sustainability in the 21st Century". Allí expresó su convencimiento de que la solución de los problemas globales solo se obtendrá por la adición de muchas soluciones locales. Ante la declaración de que todos los países tienen problemas similares en educación y que necesitamos educación en ciencias para cambiar el comportamiento de la gente, argumentó que generalmente los cambios de comportamiento en los países desarrollados y en desarrollo deberían tener sentidos opuestos. En la transición hacia la sostenibilidad debemos encontrar la manera de reducir tanto las inequidades entre países desarrollados y en desarrollo como las inequidades internas en cada país. Aunque necesitamos ayuda externa, este proceso debe ser una responsabilidad nuestra porque tanto en las relaciones personales como en las internacionales es necesario respetarse a sí mismo si se aspira a lograr el respeto de los demás.

Asistió en Cartagena, entre el 22 y el 23 de junio, a una reunión convocada por COLCIENCIAS para discutir un proyecto sobre las playas de la ciudad. Aquí hizo énfasis en la necesidad de utilizar el conocimiento acumulado para lograr el entendimiento de los procesos a nivel regional y local necesarios para el diseño apropiado de obras civiles.

Asistió al Seminario Internacional de Mercados Verdes y Ecotiquetado, entre el 8 y el 11 de agosto.

Doña Inés Bernal de Ramírez participó en una reunión convocada por el Ministerio de Relaciones Exteriores, con el fin de poner en marcha estrategias encaminadas al cumplimiento de los compromisos de Colombia como estado parte de la "Convención sobre la Prohibición del Desarrollo, Producción, Almacenamiento y Transferencia de Armas Químicas y sobre su Destrucción".

Doña Inés Bernal de Ramírez y Don José A. Lozano asistieron el 15 de agosto a la reunión convocada por la Cancillería con el propósito de evaluar lo actuado por Colombia en el Sistema Antártico, y decidir la conveniencia de iniciar los trámites para la ratificación del Protocolo para la Protección del Medio Ambiente Antártico, firmado en Madrid en 1991. La delegación de la Academia sustentó la tesis de que la investigación antártica no es de primera prioridad para Colombia y se justifica si es para respaldar el interés político de la participación de Colombia en el Tratado Antártico. La Comisión Colombiana de Oceanografía y la Academia elaborarán una propuesta con otras entidades.

Doña Inés Bernal de Ramírez asistió el 23 de agosto al Primer Encuentro sobre Apropriación Pública de la Ciencia y la Tecnología convocado por COLCIENCIAS. Don Víctor Albis participó, entre el 29 de noviembre y el 3 de

diciembre, en el “Segundo Coloquio Nororiental de Matemáticas y Séptimas Jornadas de la Sociedad Colombiana de Matemáticas”.

El 5 de mayo, Don Humberto Rodríguez y Don José A. Lozano asistieron a una reunión convocada por el Departamento Nacional de Planeación para discutir las posibilidades de cooperación con Guatemala. Se realizó una reunión posterior con el mismo objetivo, participaron Don Humberto Rodríguez y Don José María Rincón. La Academia ofreció la asesoría solicitada en la elaboración de inventarios de gases de efectos de invernadero y en metodologías de disminución de la contaminación.

Don Augusto Rivera asistió, entre el 5 y el 9 de junio, en Sevilla España a la “1ST World Conference and Exhibition on Biomass for Energy and Industry” donde presentó el trabajo “Development of an alternative industrial production route of vitamin D2”. Posteriormente viajó a Madrid para asistir a una reunión con el presidente de la Real Academia de Ciencias.

Don Moisés Wasserman reemplazó a Doña Carmenza Duque como representante de la comunidad científica en el Consejo Nacional de Educación Superior (CESU).

Don Jorge Arias de Greiff asistió el 31 de marzo a la reunión de la Comisión sobre la Utilización del espacio ultraterrestre con fines pacíficos, COPUOS, convocada por la Cancillería.

Don Alberto Cadena, el 31 de mayo, participó en la II reunión del Comité MaB, de la Reserva de la Biosfera en Colombia para evaluar las propuestas de declaración de nuevos sitios como reservas de la biosfera y discutir la forma de cumplir los compromisos adquiridos en 1979 al declarar como reservas la Sierra Nevada de Santa Marta, El Tuparro y el Macizo Colombiano.

Se apoyó la realización del Primer Congreso Nacional de Zoología, con la financiación del pasaje Viena-Bogotá-Viena al académico correspondiente Don Santiago Gaviria, quien dictó su conferencia “Biodiversidad y biogeografía de los cladoceros y copepodos (Arthropoda, Crustacea) de Colombia: estado actual del conocimiento” en sesión plenaria.

La Academia, conjuntamente con la Sociedad Colombiana de Matemáticas y la Escuela Regional de Matemáticas convocaron al Congreso Nacional de Matemáticas que se celebró entre el 14 y el 18 de agosto en Bogotá en las sedes de ocho universidades y la Academia. En este evento se inscribieron 750 personas. Don Víctor Albis

representó a la Academia en el comité organizador del evento. En la sede de la Academia se realizó el simposio de álgebra, teoría de números y computación. El Señor Presidente, Don Luis Eduardo Mora Osejo, pronunció sendos discursos en las ceremonias de apertura y de clausura. En la sesión de Clausura la Universidad Javeriana entregó el título de Doctor Honoris Causa a los académicos Carlo Federici y Yu Takeuchi.

La Academia participó en la tercera versión de Expoambiental 2000 realizada en Santafé de Bogotá entre el 22 y el 28 de mayo, en donde expuso sus publicaciones, en el área contratada con financiación de la GTZ, y Don Humberto Rodríguez dictó la conferencia «Gases de Efecto Invernadero: emisiones y opciones de reducción de emisiones para Colombia».

La Academia concursó y obtuvo el premio al mejor libro en la categoría de Libro Técnico y Científico en Ciencias Biológicas otorgado por la Cámara Colombiana del Libro. El libro: “Insectos de Colombia” fue coeditado por Germán Amat, Gonzalo Andrade y Fernando Fernández.

SEMINARIOS, SIMPOSIOS Y CONFERENCIAS

Seminario Permanente de Ciencia Teórica

Don Eugenio Andrade, coordinador del Grupo de Ciencia Teórica, programó las conferencias que se dictaron los terceros jueves del mes en la sede de la Biblioteca Luis López de Mesa, y que se enumeran a continuación:

Febrero: Primavera Grigoriu “Modelos matemáticos para tasas de mutación en *Drosophila*”. Marzo: Michael Raghieb “Desafío de la sustentabilidad en los países en desarrollo: una visión desde los sistemas complejos”. Junio: Olga Lucía Herrera “¿Caso puro?: Reflexiones sobre el principio de incertidumbre en la Física”.

Por solicitud del Departamento de Física de la Universidad Pedagógica, Don Humberto Rodríguez dictó, el 26 de mayo, una charla sobre energías alternativas y mitigación de gases de efecto invernadero.

Actividades de las comisiones y grupos

El Comité de Mejoramiento de la Enseñanza de las Ciencias, a través de Doña Inés Bernal, como parte de la participación de la Academia en la celebración del año internacional de la Química, promovió la organización de un concurso para estudiantes sobre el “Aporte de la Química al desarrollo de Colombia” y una serie de con-

ferencias sobre el mismo tema que se dictaron durante los meses de octubre y noviembre así:

Don Carlos Corredor, "El impacto de la Bioquímica en el desarrollo"

Don Marco Quijano, "La comunicación mediada por señales químicas y las nociones de mensaje y calidad sensorial: Aplicación al desarrollo vitivinícola del Valle del Sol"

Don José María Rincón, "Aporte de la Química al desarrollo energético"

Don Ricardo Fierro, "Avances en catálisis homogénea"

Doña Carmenza Duque, "Estudios sobre el aroma de frutas colombianas"

Don Gerardo Pérez, "Glicobiología"

Don José María Rincón, "Nuevos desafíos para el químico en el área energética en Colombia"

Este mismo Comité programó la conferencia de Don Alfonso Castro: "Observaciones sobre el sistema de educación superior en los Estados Unidos", a la cual se invitaron dignatarios de las Universidades e instituciones vinculadas a la Educación Superior.

La Comisión de Investigación organizó el 6 de diciembre el Foro sobre Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente, auspiciado conjuntamente por la Academia Colombiana de Ciencias y la Universidad Nacional. Este Foro contó con tres paneles así:

CIENCIA Y TECNOLOGIA AD PORTAS DEL AÑO 2000

Presidió Don Eduardo Posada, (ACAC)

Ponentes:

- Representante del Departamento Nacional de Planeación
- Don Rafael Orduz (Senador de la República)
- Don Gabriel Misas del Consejo Superior de la Universidad Nacional

EDUCACION SUPERIOR EN EL DESARROLLO CIENTIFICO Y TECNOLOGICO

Presidió Doña Carmenza Duque, Universidad Nacional - CESU

Ponentes:

- Don Víctor Manuel Moncayo, (Rector Universidad Nacional)

➤ Don Carlos Angulo Galvis, (Rector Universidad de los Andes)

➤ Don Eduardo Aldana (Miembro del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología).

LA INVESTIGACION CIENTIFICA EN LA CONSERVACION DEL MEDIO AMBIENTE

Presidió Don Luis Eduardo Mora Osejo, (ACCEFYN)

Ponentes:

- Don Juan Mayr, (Ministro del Medio Ambiente)
- Don Jairo Sánchez, (Director del IDEA, Universidad Nacional)
- Don Enrique Forero, (Decano de la Facultad de Ciencias, Universidad Nacional)

Existen otros grupos y comités de la Academia o en los que participa institucionalmente por delegación del señor Presidente, entre los que se encuentran:

Don Thomas van der Hammen coordina el Comité de Investigación del Cuaternario (INQUA)

Don Humberto Rodríguez coordina el Grupo de Trabajo Gases de Invernadero.

Don José A. Lozano preside el Comité Directivo de la Red Colombiana de Formación Ambiental

Don Michel Hermelín representa a la Academia en el Comité Nacional de Prevención de Desastres y en el Comité Institucional del III Simposio Panamericano de Deslizamientos.

Estos y otros grupos permanentes u ocasionales tratan de mejorar el nivel de la investigación y la calidad de la enseñanza de las ciencias.

Dentro del Convenio firmado con la Universidad del Quindío se desarrolló el proyecto "Caracterización del subsuelo en diferentes localidades del Eje Cafetero, Departamento del Quindío, Colombia. Por medio de sísmica de refracción se determinó el espesor de los rellenos cuaternarios, en especial en aquellas áreas más afectadas por el Sismo del 25-01-99".

Por manejo eficiente, quedó un remanente del contrato anterior con la GTZ. Se formuló una propuesta de preparar un portafolio colombiano de proyectos en energía para reducción de emisiones de gases de efecto invernadero. Esta propuesta fue aprobada y se eje-

cutó como un suplemento al contrato anterior. El contrato se terminó en el mes de junio y está en imprenta el libro "Portafolio Colombiano de Proyectos en Energía para el MDL", de Humberto Rodríguez y Fabio González.

PREMIOS

Con el objetivo de premiar la consagración de una vida a la investigación científica y de promover las vocaciones de jóvenes científicos, se convocó a concurso nacional para los premios de la Academia.

En la Sesión Solemne, realizada el 18 de agosto, se entregó el Premio a la Obra Integral de un Científico, correspondiente al año 1999, a Don Xavier Caicedo Ferrer, matemático de la Universidad de los Andes.

El Premio Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Academia de Ciencias del Tercer Mundo (ACCEFYN-TWAS) para motivar a jóvenes investigadores, en el área de química, fue entregado a Doña Luz Amalia Ríos Vásquez por su trabajo titulado: "Estudio de la reactividad de cationes radicales μ -amonio distónicos en solución".

En este año 2000, el concurso se realizó en el área de matemáticas y el premio fue entregado a Don Andrés Villaveces Niño, durante la ceremonia de clausura del Congreso Colombiano de Matemáticas que se celebró el 18 de agosto en la Universidad Javeriana.

BIBLIOTECA LUIS LOPEZ DE MESA

La Academia mantiene la "Biblioteca Luis López de Mesa" cuyos volúmenes se incrementan principalmente a través del canje que recibe por las publicaciones propias. Además continúa con la suscripción a diez revistas científicas. Se está adecuando la casa, de propiedad de la Academia, que se espera que alojará esta biblioteca. A partir del 16 de febrero se contrató, con dedicación de medio tiempo, a Don Jorge Brieva Bustillo como jefe de la misma. Le colabora como auxiliar Doña Eloisa Bernal Ramírez.

PUBLICACIONES

El Director de la Revista, don Santiago Díaz es el responsable directo de las publicaciones de la Academia. Se publicaron y distribuyeron los números 88, 89, 90 y 91 de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y

Naturales. Además se publicó un suplemento especial de la Revista, de 741 páginas, en homenaje al Dr. Pedro Ruiz. La lista de canje cuenta con 508 direcciones así: 118 en Colombia, 194 en América y 196 en Europa y resto del mundo.

La Academia publicó y distribuyó los siguientes libros.

Colección Jorge Alvarez Lleras

"Insectos de Colombia" coeditado por Germán Amat, Gonzalo Andrade & Fernando Fernández.

"Opciones para la reducción de emisiones de gases de efecto invernadero en Colombia" de Humberto Rodríguez & Fabio González.

Colección Julio Carrizosa Valenzuela, de textos universitarios

"Fundamentos del Análisis Complejo de una variable", de Jairo Charris, Rodrigo De Castro & Juan Varela.

Ediciones especiales

Se publicó el Diccionario Biográfico de la Academia de Ciencias con el nombre de "Tradición Académica"

Gaceta

Se publicaron 12 números de la Gaceta, editada por Don Víctor Albis quien además coordina las publicaciones electrónicas.

Publicaciones en medio electrónico

En la página electrónica de la Academia se encuentran la Revista, la Gaceta y tres libros en versión electrónica, información sobre la Biblioteca, grupos de trabajo y proyectos de investigación.

La Academia produjo un CD ROOM, que contiene en presentación interactiva, los dos libros que sobre el tema de gases de efecto invernadero ha publicado la Academia.

Con el título "Enciclopedia colombiana de ranas", mediante el uso de tecnologías multimediales se pondrá a disposición de la comunidad en general, a través de INTERNET, la información sobre las ranas de Colombia: clasificación, unidades biogeográficas, modos reproductivos y unidades ecológicas, así como aspectos socio-culturales de las regiones donde el material biológico fue recolectado.

José A. Lozano Iriarte
Secretario

CÓMO UTILIZAR PARA UN DESARROLLO INTEGRAL, LOS RECURSOS HUMANOS, BIO Y GEOFÍSICOS QUE TENEMOS¹

por

Luis Eduardo Mora-Osejo²

Introducción

Por biodiversidad se entiende la diversidad de organismos y todo el rango de expresión de los seres vivos, desde los genes, los individuos, las poblaciones, las especies, las comunidades y los ecosistemas que conforman los paisajes naturales. El impacto de las actividades humanas, en todo el orbe, está erosionando el patrimonio de diversidad biótica, prácticamente en todos los niveles de complejidad mencionados.

Los problemas generales, objeto de estudio y de reflexión en todos los países del orbe, obviamente, también afectan a Colombia, y podrían concretarse en las siguientes preguntas:

- ¿Influye la degradación de la biodiversidad en el bienestar de la sociedad humana?

- Para el caso de Colombia, país con una biodiversidad de las más altas de la tierra, ¿se podría destruir o degradar tal biodiversidad sin que ello afecte el desarrollo futuro del país?

Con esta contribución, intentaré demostrar, que sería un error, con profundas consecuencias negativas para las presentes y futuras generaciones de colombianos, continuar destruyendo la mega-biodiversidad presente en nuestro territorio. De hecho, ella representa el patrimonio natural mas valioso, legado a Colombia.

¿Cómo podríamos manejar de manera sostenida la biodiversidad de nuestro territorio, en favor de las generaciones futuras?

También, intentaré demostrar cuan necesario es, comenzar por llenar los grandes vacíos de conocimientos sobre nuestra naturaleza y por incorporar los saberes ya consolidados a los programas de todos los niveles del sistema educativo. Además, como se analiza en el contexto de esta contribución, es también urgente que los co-

lombianos participemos en los programas internacionales de cooperación sobre biodiversidad y, en particular, trabajemos de consuno con los países afectados por problemas similares; en particular los países andinos, Ecuador, Perú, Bolivia y Venezuela.

Precisamente, hace pocos años, se creó el programa internacional DIVERSITAS, el cual fue declarado por la "Conferencia de las Partes", que se reunió en Bratislava en 1998, como mecanismo de asesoría para estudio de los problemas implícitos en las preguntas anteriores. Sin embargo, las soluciones mas favorables para Colombia, tenemos que encontrarlas y ponerlas en práctica nosotros mismos. De ahí la necesidad inaplazable de construir nuestra propia capacidad científica y tecnológica, así los responsables de la dirección del Estado, todavía no alcanzan a captar la influencia decisiva del conocimiento en nuestro destino, ni tampoco la Ciencia con la estimación, del Estado y la sociedad colombiana que merece.

El programa DIVERSITAS abre la posibilidad de establecer convenios de cooperación internacional para diseñar proyectos de investigación científica, cuya realización sobrepase las posibilidades de grupos y centros científicos individuales, de instalaciones y laboratorios particulares o aún de los países que, precisamente por carecer de los recursos necesarios, requieren acudir a la cooperación internacional para su realización.

El año 2001, ha sido declarado «Año Internacional de la observación y estudio de la Biodiversidad». Se recopilará y analizará la información global sobre el estado y tendencias predominantes en la conservación de la biodiversidad. Se espera también poder integrar, a niveles cada vez más altos de precisión, los conocimientos disponibles sobre el "status" cambiante de los recursos biológicos y de las formas de manejo y sostenimiento de los sistemas que soportan la vida en el planeta.

¹ Conferencia dictada el 7 de julio del año en curso en la Academia de Ciencias Económicas dentro del ciclo de tertulias-foro sobre la utilización de los recursos humanos, bio y geofísicos para un desarrollo integral del país.

² Presidente Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales

Colombia y su biodiversidad

Colombia ocupa en el mundo el primer lugar en diversidad de especies nativas por unidad de área y, el segundo lugar, en número total de especies, de acuerdo con el "Informe Nacional para la Conferencia de Naciones Unidas sobre el Medio Ambiente y el Desarrollo", celebrada en Río de Janeiro, en junio de 1992. Muchas especies nuevas de organismos, presentes en el territorio de Colombia, aún no han sido descritas válidamente para la ciencia.

Entre las características singulares de la biodiversidad de las selvas húmedas tropicales, cabe destacar la existencia en un área reducida de muchas especies; sin embargo, de cada especie se encuentran en un mismo sitio pocos individuos. **Ernst Wallace**, (citados por **Reicholf**, 1991) fue uno de los primeros en observar este fenómeno mientras realizaba sus estudios por las selvas tropicales de la Amazonia, en el siglo pasado.

El área de dispersión de muchas de las especies de las selvas húmedas tropicales está geográficamente restringida a determinadas regiones. Muchas otras tienen el "status" de endémicas, es decir, exclusivas de una localidad determinada. Todavía, al promediar la década de los años 20 de este siglo, **Penck**, (1924), afirmaba que la megadiversidad de nuestros bosques tropicales húmedos, provenía de la alta fertilidad del suelo, tan alta que haría posible el sostenimiento de una población de 200 habitantes por km², en contraste con la zonas templadas, donde una extensión similar, sostiene solamente 100 habitantes.

El primer investigador que puso en duda esta afirmación fue **Sapper**, (1939) en su trabajo sobre "La Economía Alimentaria Global y Perspectivas futuras de la Humanidad".

Sapper se refería, en el mismo trabajo, al rápido retroceso en los rendimientos de las cosechas de cultivos implantados en áreas otrora cubiertas por bosques tropicales nativos megadiversos. Además, adelantándose a los resultados de los trabajos de **Sioli** (1954), suponía ya que el factor principal de esa situación, tenía que ver con la pobreza de nutrientes del suelo, que sostiene los bosques tropicales húmedos megadiversos, en contravía con lo que hasta entonces se había supuesto y afirmado.

Hoy, está confirmado este aserto y es bien conocido que los suelos de los bosques tropicales húmedos, por su constitución y características, no son aptos para la agricultura intensiva, dada la notable pobreza de nutrientes en la fase mineral y el alto grado de acidez y toxicidad generalizada, causada por el aluminio, como lo destaca **Cortés Lombana**, (1982).

La asociación simbiótica entre las raíces de los árboles y los finos y extendidos micelios de los hongos micorrícicos hizo, y aún hace posible, que al interior de la selva prístina, sea posible que en tales suelos pobres se sostenga y renueve la selva tropical, exuberante y megadiversa. Los micelios de las micorrizas, conforman una red de captación de los minerales presentes en el suelo, procedentes de la descomposición de las hojas, cuyos restos, en forma de detritus, son llevados hasta el suelo por las aguas lluvias. Los iones absorbidos por las micorrizas son aprovechados por cada árbol individual del bosque.

Como bien lo afirma **Norgard** (1988), la adopción, apropiación y aplicación indiscriminada de tecnologías forestales, adecuadas para otros medios y contextos culturales, ha llevado a la uniformidad. Por ejemplo, la agricultura y la silvicultura se apoyan en manejos similares a los que suelen utilizarse, en las zonas templadas, supuestamente en aras de aumentar el rendimiento económico de las cosechas. En cambio, las prácticas desarrolladas por las poblaciones indígenas no son utilizadas por considerarlas primitivas.

El aprovechamiento sostenible de la biodiversidad colombiana

Las políticas que se adopten deben considerar estrategias aplicables a nuestro medio y al aprovechamiento del bosque natural, sin que los procedimientos respectivos impliquen su destrucción, sino más bien, su vigorización y enriquecimiento, siguiendo el ejemplo de las comunidades indígenas. Estas estrategias de conservación de la biodiversidad deben también aplicarse a los bosques relictuales andinos y alto-andinos que aún persisten en nuestras montañas.

La elevada y constante humedad relativa del aire, que persiste al interior de estos bosques de montaña, garantiza que las plantas nativas de diversa utilidad, que allí se siembren, superen las fases de latencia de las semillas y de las plántulas y puedan continuar su desarrollo, protegidas por las copas de los árboles y arbustos del bosque relictual (**Mora-Osejo**, 1984).

Por fortuna, en muchos bosques relictuales, todavía es posible restituir la biodiversidad menguada con especies de plantas productoras de materias primas para la extracción de principios medicinales, o para la elaboración de artesanías. También otras especies de plantas son fuente de sustancias químicas aprovechables en la industria.

Complemento indispensable de esta estrategia es la implementación de programas de investigación científica y de innovación tecnológica. Tales programas debe-

rían tener por meta crear los conocimientos y modelos de procedimientos para el mejor aprovechamiento económico de nuestros recursos naturales vegetales y superar la ignorancia sobre la estructura y funcionamiento de los ecosistemas tropicales húmedos que sirven de soporte a la vida de todas las especies de organismos, incluidas aquellas que nos sirven de alimento o de fuente de recursos para el fortalecimiento de los sectores agropecuario y forestal. No debería permitirse derribar árboles o talar selvas, sin antes haber siquiera aprendido a cultivar nuestros árboles nativos y a recuperar los "montes".

La biodiversidad y el desarrollo económico sostenible en Colombia

De lo expuesto, se deduce que el modelo de desarrollo económico sostenible de nuestro país debe ser de inspiración endógena y surgir de la consideración de las interrelaciones de los factores socio-económicos, de una parte, y de los factores biológicos y físicos, en referencia a nuestros ecosistemas tropicales frágiles y complejos. No más imitaciones de modelos foráneos inapropiados para nuestro entorno. Pero, para que esto sea cierto se requiere del conocimiento científico, sin el cual no podrá haber aprovechamiento alguno de la biodiversidad.

La investigación científica, con los fines señalados, debe estar enmarcada dentro del objetivo general de obtener el bien común y no el de satisfacer el mero afán de lucro. Es decir, no dejar a un lado las necesidades humanas esenciales y universales, con el argumento de que estos objetivos no son de inmediata rentabilidad.

Tenemos que dejar de suponer que sólo nos basta con la aplicación de lo ya conocido y comprobado en los países desarrollados y que, por consiguiente, no existe demanda alguna de nuevos conocimientos teóricos, ni tampoco de innovaciones tecnológicas ingenieras y producidas por nosotros mismos. Todo lo contrario; tenemos que crear nuevos conocimientos, nuevas teorías, si es del caso, y ampliar los conocimientos ya disponibles, en respuesta a la necesidad de implementar programas dirigidos al aprovechamiento sostenible de nuestros recursos y de nuestros frágiles y complejos ecosistemas tropicales, situados en un amplio rango altitudinal; es decir, entre 0 y 4000 metros sobre el nivel del mar, a través del cual la fragilidad, y por consiguiente la irrecuperabilidad de los bosques talados se incrementa.

Es necesario superar la costumbre de resolver los problemas ambientales a través de simples disposiciones formales, sin conocer previamente las situaciones reales y las interrelaciones de los factores del entorno implicados,

lo cual implica incrementar el conocimiento sobre nuestra realidad natural. Asimismo, es urgente implantar estrategias que promuevan la participación de quienes están empeñados en el aprovechamiento económico de los productos o sustancias derivadas de los microorganismos, plantas y animales que conforman de la biodiversidad en la gran empresa nacional de impulsar la Ciencia y la Tecnología dirigida al conocimiento de nuestro entorno y sus recursos.

Tenemos que ser conscientes del peligro que existe de perder irreversiblemente una elevada proporción de la biodiversidad hacia la mitad del Siglo XXI; o sea, la pérdida de nuevos recursos genéticos, antes de que se descubre su utilidad.

Cómo obtener el aprovechamiento económico sostenible de la biodiversidad

El gran interrogante, es sin duda: ¿cómo lograrlo?, el mismo que debe preocuparnos a todos y, desde nuestros propios campos de acción, contribuir a encontrar y proponer soluciones, de acuerdo también con el objetivo central de este Foro. Sobre todo, en países como el nuestro, donde existe una cierta competencia de prioridades entre solucionar necesidades humanas básicas inmediatas la urgente e inaplazable necesidad de no degradar irreversiblemente nuestro medio ambiente y con él nuestra biodiversidad. Dos metas aparentemente divergentes pero en verdad estrechamente interrelacionadas y, por consiguiente, complementarias.

De allí la relevancia y trascendencia del interrogante: ¿cómo encontrar una solución que tenga en cuenta tan apremiantes necesidades básicas de la población y por otro lado, conservar el patrimonio de la biodiversidad de nuestro territorio, uno de los más ricos del planeta, superviviente en nuestros bosques naturales nativos, de los cuales cada año desaparecen 400.000 hectáreas, según los cálculos más optimistas?

El desarrollo económico requiere de la conservación de la biodiversidad; pero, si no hay desarrollo económico, la biodiversidad desaparece.

Ya en el plano científico y en el de búsqueda de soluciones, me parece de la mayor importancia destacar y tener en cuenta que la sistemática biológica es la ciencia por la cual se reconocen las especies o sea los componentes o unidades de la biodiversidad. De allí que entender y analizar las especies y sus relaciones es esencial para evaluar la biodiversidad. Muchos de los aspectos de la sistemática aluden a la comprensión de las similitudes, dife-

rencias morfológicas y de las sustancias químicas asociadas con tales similitudes y diferencias morfológicas notables, muchas de ellas, a simple vista.

Solamente si conocemos las interrelaciones de los taxones o grupos de afinidad natural, podemos determinar el significado de la diferencia en los compuestos químicos. También la Sistemática biológica es muy importante para definir la distribución potencial de una sustancia química de interés científico o económico, presente en una especie dada de microorganismos, plantas o animales. Las especies afines, tienen alta probabilidad de contener compuestos químicos similares.

La ciencia de la Sistemática biológica es ahora mas complicada, porque se han enriquecido los criterios para diferenciar las especies y, sobre todo, para evaluar esas diferencias. Aparte de diferencias visuales, se pueden analizar ahora diferencias funcionales, citológicas y moleculares, para todo lo cual se requiere de grandes colecciones que se manejen y aprovechen adecuadamente; pero también, de laboratorios bien equipados y, desde luego, de personal idóneo experimentado.

La sistemática biológica es útil para comprender la biodiversidad en sus diferentes aspectos, ya sea que se trate de la búsqueda de nuevas sustancias químicas para su utilización en la medicina o de nuevas fuentes de recursos alimenticios o de materias primas para la producción industrial o la construcción de viviendas. Es necesario identificar nuevas sustancias de origen orgánico, productoras de energía, tales como aceites y combustibles; que resulten apropiados como sustitutos de combustibles fósiles.

De allí la importancia excepcional de la sistemática biológica, no solo para los especialistas en el conocimiento de los diferentes grupos de organismos, sino también para los planificadores regionales, los ambientalistas y, desde luego, para los economistas.

Desafortunadamente, el interés por esta disciplina científica tan relevante se ha perdido. En buena parte, bajo el supuesto erróneo que se trata de una disciplina científica ya superada. De ahí también la escasez de especialistas interesados en ampliar el conocimiento sistemático sobre uno u otro grupo de organismos. Muchos grupos no cuentan con el especialista que se dedique a su estudio particular.

La Sistemática biológica y la Biodiversidad se entrelazan para enriquecer las perspectivas de la Agricultura. La sistemática explora, describe, organiza, es el predictor

de la diversidad biológica. La Agricultura es el usuario primario de los productos obtenidos por la interacción entre la Biodiversidad y la Sistemática.

Desafortunadamente, en la práctica, ocurre, a menudo, la situación contradictoria muchos ecosistemas nativos son destruidos para establecer nuevos campos de cultivo. Con los ecosistemas nativos desaparecen también las especies de organismos de los cuales en el futuro, dependerá, por ejemplo, el control de plagas de los cultivos.

Un ejemplo de tal interacción complementaria entre la sistemática y la agricultura es el control biológico de los agentes patógenos de plantas cultivadas, mediante la identificación de los predadores de las plagas trasmisoras de tales agentes. La demora en corregir el "status sistemático" del "chinche del cafeto", postergó por muchos años el hallazgo del predador natural capaz de acabar con la plaga.

Por fortuna, llegó el día en que un especialista descubrió que se trataba de una especie aún no descrita, cuya área de dispersión se restringía a Uganda, en donde se encontraban también los enemigos naturales o predadores que permitieron, luego, acabar con la plaga, en pocos años. Ahora, la Ingeniería Genética permite transformar organismos, otrora patógenos, en organismos benéficos.

Entre los ejemplos innumerables sobre el significado y utilidad de la sistemática, cabe referirse al del compuesto químico anticancerígeno, obtenido de la planta *Maytenus buchananii*, coleccionada en Kenya, de la cual solamente existen pequeñas poblaciones de individuos. Las colectas de plantas de esta especie para obtener el compuesto químico anticancerígeno fueron de tal intensidad que produjeron la extinción de la especie. Consultado un especialista conocedor a fondo de la sistemática del género *Maytenus*, sobre cómo encontrar una solución. De inmediato predijo que la especie *Maytenus rothiana*, procedente de la India, tendría el mismo compuesto químico anticancerígeno descubierto en *M. buchananii*. En efecto, la predicción resultó verdadera y se demostró una vez más, la fuerza predictiva de la disciplina científica sistemática biológica, develadora de la afinidad o parentesco natural de las especies de plantas.

Es importante tener en cuenta que el devenir de las sociedades humanas y, en particular, las decisiones económicas de los dirigentes que orientan en una u otra manera el sistema económico, son decisivas para el desenvolvimiento a futuro de la sociedad. La diversidad de los sistemas ecológicos debería estar estrechamente ligada a la diversi-

dad de decisiones económicas planteadas por la sociedad local respectiva. Antaño existía una gran diversidad económica, debida a la diversidad cultural. Ahora en cambio, en tiempos de la economía global, de los intercambios económicos globales, que involucran áreas extensas del planeta, son las que en buena parte definen también los procedimientos utilizados para el aprovechamiento de los sistemas ecológicos. De allí, las contradicciones frecuentes de tales interacciones con los potenciales reales del medio.

Por lo mismo, es necesario abandonar la tendencia a aplicar solamente el criterio del lucro para determinar cuándo la extinción de un recurso es económicamente «racional». Pero si tal racionalidad se fundamenta en puntos de vista exclusivos de la ética utilitarista, esta visión puede, a la postre conducir al agotamiento y aún a la extinción de un recurso de gran potencialidad económica por el afán de obtener mayores ganancias, en el plazo más corto posible.

El medio ambiente natural está universalmente amenazado. Particularmente, en los trópicos. La pérdida de biodiversidad tropical es irreversible. Una especie animal, vegetal o microbiana que se extinga, desaparece para siempre, y con ella, su potencial económico y su función ecológica.

La biodiversidad y los saberes indígena y local

La "Convención de la Biodiversidad" hace énfasis en la importancia de la sabiduría local pero también de la sabiduría indígena. La misma Convención, suscrita en Río de Janeiro, en 1992, hace énfasis sobre la importancia de los dos patrones, el de la sabiduría local y el de la sabiduría indígena; en particular, en lo que respecta a la conservación de la biodiversidad. Por la misma razón, aboga por el fortalecimiento y respeto de los derechos de las comunidades indígenas.

En el umbral del próximo siglo y milenio, debemos comprender por qué la Ciencia es por excelencia patrimonio de la humanidad. Por lo mismo debería redundar en beneficios para todos los pueblos y ser, para todos, instrumento intelectual poderoso para entender los fenómenos naturales, económicos, históricos y sociales. Su papel será cada día mayor en la medida que se alcance una mejor comprensión de las relaciones complejas entre la socie-

dad y el entorno que le sirve de apoyo y sustento. De allí también la creciente necesidad del conocimiento científico en la formulación de las decisiones.

La investigación científica y sus aplicaciones ora inmediatas, ora a corto o largo plazo proporcionarán significativas contribuciones a la solución de los problemas que dificultan o hacen inalcanzable la meta del desarrollo humano sostenible que incluye la tan necesaria eliminación de la pobreza. El futuro de la humanidad dependerá de la producción, de la distribución y del uso equitativo del conocimiento como no lo fue nunca antes.

De allí, también la urgencia de reducir y ojalá cerrar definitivamente la brecha entre los países industrializados y los países del Tercer Mundo, mediante la construcción, en estos últimos, de la capacidad e infraestructura científica necesaria, como fuera proclamado en la Conferencia Internacional de la Ciencia, reunida en Budapest, el año pasado. Para lo cual es indispensable introducir cambios cualitativos profundos en nuestro sistema educativo, en todos los niveles.

Bibliografía

- Cortés Lombana, A. 1982. Geografía de los suelos de Colombia. Universidad Jorge Tadeo Lozano. Colombiana de Impresos Ltda. Bogotá.
- Mora-Osejo, L.E. 1984. La situación de los bosques nativos de Colombia y resultados preliminares de experimentos sobre cultivos de plantas autóctonas en el Jardín Botánico "José Celestino Mutis", Rev. Acad. Colomb. Cienc. 15(59): 71-100.
- Norgaard, R.B. 1988. The Rise of the Global Exchange Economy and the Loss of Biological Diversity. In: WILSON, E.O. (Ed.). Biodiversity. National Academy Press. Washington, D.C.
- Penck, A. 1924. Das Hauptproblem der physischen Anthropogeographie. Sitzungsberichte der Preuss. Ak. d. Wiss., Math. Kl. 24: 249-257.
- Reichholf, J.H. 1991. Der Tropische Regenwald. Deutscher Taschenbuch Verlag. München.
- Sapper, K. 1939. Die Ernährungswirtschaft der Erde und ihre Zukunftsaussichten für die Menschheit. Stuttgart.
- Sioli, H. 1954. Betrachtungen über den Begriff der "Fuchtbarkeit" eines Gebietes anhand der Verhältnisse in Böden und Gewässern Amazoniens. Forschungen und Fortschritte 28: 65-72.

OPINIONES Y COMENTARIOS CRÍTICOS EXPRESADOS POR EL PRESIDENTE DE LA ACADEMIA EN RELACIÓN CON EL DOCUMENTO “MOVILIZACIÓN SOCIAL POR LA EDUCACIÓN SUPERIOR”³

1. Autonomía universitaria

Puesto que en la mayoría de las universidades colombianas, la investigación científica y tecnológica continúa siendo considerada una actividad colateral e inclusive marginal, la práctica de la autonomía universitaria se agota en los asuntos concernientes a la gestión administrativa y a la autorregulación normativa.

Según se desprende de los “Documentos de Seguimiento” a las recomendaciones de UNESCO, pareciera que la concepción sobre la naturaleza de la ciencia, se limita a considerarla como el conjunto de verdades reveladas por científicos y no como un conjunto de procesos por medio de los cuales la humanidad, en particular, en los últimos siglos, logra comprender y explicar fenómenos o preguntas que surgen del escudriñamiento racional, objetivo y metódico de la realidad en sus diferentes esferas.

Esto implica necesariamente que quienes como los profesores e investigadores dedicados al cultivo de la ciencia, requieren disfrutar de libertad para pensar, reflexionar y buscar los métodos que conduzcan a que sus mentes, en un momento dado, formulen explicaciones sobre los fenómenos de uno u otro aspecto de la realidad y, así surjan conceptos o abstracciones objetivas, expresadas, en forma de modelos o teorías sobre los factores involucrados en el origen y presencia de tales fenómenos.

También se requiere libertad para someter a prueba experimental o por medio de cualquier otro método de confrontación con la realidad, las explicaciones, conceptos o abstracciones, de tal manera, que todo el proceso cumpla el principio de la *objetividad científica*. Ello implica que el científico esté libre de las presiones que en un momento dado pueden conducir a conceptos sesgados, sobre un fenómeno o sobre un problema por dilucidar, carentes de todo valor para la ciencia. En mi opinión, esta es la principal razón por la cual debería fundamentarse la autonomía de las instituciones de educación superior.

- **De la Calidad de la educación superior.** Me parece, que todavía no se valora adecuadamente, en nuestras instituciones de educación superior, el enriquecimiento que experimenta la calidad del aprendizaje y el impacto positivo en la construcción del “saber inteligente”, que se logra a través de la participación de los estudiantes en trabajos, de una u otra manera, relacionados con la investigación científica. Sin duda, la investigación es la “pedagogía” más enriquecedora del aprendizaje. Quizás, esta situación, como ocurre en muchos países en desarrollo, tenga alguna relación con los fracasos sufridos a lo largo de la historia, de llegar a considerar al conocimiento científico, como uno de los valores sociales de afianzamiento de nuestro futuro común; valor, que ahora en el umbral del nuevo siglo y milenio, debemos incorporar a nuestra cultura, mas pronto que tarde, y en consecuencia, no ahorrar esfuerzos, ni recursos económicos, para sacar adelante tan urgente como importante empresa.

Esto mismo ha sido proclamado en las conferencias internacionales recientes sobre la educación superior (París, 1998) y en la “Conferencia Mundial de la Ciencia” (Budapest, 1999). Allí hubo acuerdo en hacer especial énfasis en la necesidad de vincular la educación a los procesos de búsqueda de nuevos conocimientos, comenzando por despertar curiosidad en los niños por los fenómenos de la naturaleza; curiosidad seguida por los deseos de comprender las razones por las cuales se producen tales fenómenos. De allí que en la “Declaración Mundial, sobre la Educación Superior en el Siglo XXI: *Visión y Acción*”, se ponga particular énfasis en que, no deberíamos olvidar que, en un futuro, la sociedad tenderá más a apoyarse en el conocimiento. Por la misma razón, debería acogerse y poner en práctica en nuestras entidades de educación superior, para que puedan llamarse “universidades”, el principio según el cual, “la educación superior y la investigación científica forman, hoy en día, parte fundamental del desarrollo cultural, socioeconómico y ecológicamente sostenible de los individuos, las comunidades y las naciones”, como se afirma, con toda razón, en el documento de la UNESCO.

Por consiguiente, debe ser puesta en vigencia plena la conclusión, que más adelante se transcribe, enunciada en el documento de la UNESCO, y a la cual debería concederle mayor relevancia el Estado colombiano, en la medida en que ella debería orientar las políticas y estrategias para poner en práctica las recomendaciones de la UNESCO,

³ Estas opiniones fueron expresadas el 8 de junio de 2000 durante la sesión de conclusiones de la Mesa Intersectorial que estudió los temas de calidad de la educación, acreditación e investigación.

tras el objetivo de mejorar la calidad de la educación superior. La conclusión en referencia, dice así:

“La educación superior tiene que experimentar ahora la transformación y la renovación que jamás ha tenido por delante. De forma que la sociedad contemporánea, que actualmente vive una profunda crisis de valores, pueda trascender las consideraciones meramente económicas y asumir dimensiones de moralidad y espiritualidad más arraigadas”.

Me parece, que la estrategia más apropiada para poner en práctica en nuestro país dicha filosofía, podría ser la siguiente: El Estado colombiano, a través del Instituto para el Fomento de la Educación Superior ICFES, debería formular a manera de propuesta a la comunidad universitaria **un modelo institucional para la educación superior**, contextualizado en nuestra realidad, y en el cual se tengan en cuenta las recomendaciones que aparecen en la *“Declaración mundial, sobre la educación superior en el siglo XXI: visión, acción, de la Conferencia Mundial de la UNESCO”*.

Esta propuesta de modelo también sería sometida a una discusión amplia en los distintos sectores de la sociedad, con miras a mejorarla y hacer más viable su aplicación en las diferentes regiones del país y en los diferentes niveles y modalidades de la educación superior; simultáneamente se deben buscar y concretar las fuentes de financiación para poner en marcha este nuevo modelo de educación superior en Colombia.

En mi opinión, el modelo debe contener tres componentes esenciales, los cuales deberían considerarse connaturales, a saber:

a) formación en los estudiantes de la capacidad para pensar en forma crítica y creativa y para correlacionar conceptos, cada vez más abstractos y complejos, contextualizables con las realidades del entorno social, cultural y natural;

b) a través de la contextualización de los conceptos y mediante el abordaje de problemas de índole diversa, lograr también la habilidad para identificar fenómenos y problemas de la realidad, no explicables a la luz de los conocimientos ya disponibles;

c) ejercitar la capacidad de proponer nuevas explicaciones capaces de ser sometidas a prueba experimental y a través de la observación. Para ello se debe contar con la orientación y ayuda de los profesores y con el apoyo de las facilidades operativas que le ofrezca la universidad.

Poco a poco, y de esta manera, alcanzar cada vez mayor capacidad crítica sobre los conceptos que constituyen el saber consolidado de la disciplina o disciplinas involucradas y descubrir vacíos o limitaciones en la fuerza predictiva de tales conceptos. Todo, desde luego, con la ayuda y orientación de los maestros, responsables de las respectivas cátedras.

De esta manera, poco a poco, se asegurará la participación de los estudiantes en ejercicios sobre sometimiento a la prueba experimental (o a través de observaciones sistematizadas de los fenómenos) de los conocimientos ya disponibles, o también de las predicciones derivables de explicaciones hipotéticas sobre éste o aquél fenómeno natural. Todo, tras el objetivo de promover la creatividad en los estudiantes. Esto, implica fortalecer la asimilación crítica de los conocimientos ya establecidos y contribuir a la formulación de nuevas preguntas que lleven al estudiante a profundizar en el conocimiento y, sobre todo, a la confrontación de los conceptos, de suyo abstractos, con las realidades locales y regionales. En todos estos procesos el estudiante debe estar motivado, orientado y ayudado por la experiencia de los maestros de la respectiva disciplina o disciplinas relacionadas con el problema en estudio. Si fuere necesario, los estudiantes y profesores deberán acudir al enfoque y trabajo interdisciplinario para resolver los problemas complejos que les sean propuestos como materia de estudio por sus maestros, para mejorar la calidad del aprendizaje de las disciplinas contempladas en el curriculum de la carrera escogida.

- La Educación Superior y el Sistema Educativo Nacional. Considero que es también necesario transformar la Educación Superior tradicional, de acuerdo con las consideraciones expuestas y obtener tal calidad que le permita a la Educación Superior asumir el papel de catalizador del mejoramiento cualitativo de todos los niveles básico y medio del Sistema Educativo colombiano. Tal como es recomendado en la Declaración final de la *“Conferencia sobre la Educación Superior de la UNESCO”*.

Volviendo a la conclusión, ya mencionada, de la Conferencia Mundial de la UNESCO, en el sentido de transformar profundamente la educación superior, en función de elevar su calidad, quizás la concepción general y las estrategias para lograrlo, en el mediano plazo podrían ser las siguientes: estructurar la universidad en unidades académicas, o cátedras, en el sentido prístino de este último vocablo. Cada unidad o cátedra cumplirá las funciones de docencia, investigación y contextualización

del conocimiento a través del estudio y solución de problemas del entorno. Estas funciones deben cumplirse en las cátedras, dentro de la más estrecha interrelación e integración, es decir, bajo un enfoque sistémico, holístico e inter-disciplinario.

Las unidades o cátedras que se conformen para cada disciplina científica operarán bajo el principio de la interacción o cooperación de unas unidades con otras, para constituir la "Universitas". Tendrán la capacidad y dispondrán de las facilidades logísticas para organizar conferencias, talleres, ejercicios, seminarios, prácticas, entre otros, en las cuales participarán integralmente profesores y estudiantes. Además, actuarán conjuntamente con el sector productivo del país, en cuyas empresas los estudiantes podrían realizar prácticas e investigaciones científicas complementarias, relacionadas con procesos tecnológicos necesarios para la producción económica.

También podrían participar en las actividades académicas de las cátedras, los maestros de los establecimientos educativos, de diferente índole o nivel de la región, con el objeto de familiarizarse con la metodología científica y con los procesos de creación de nuevos conocimientos; por ejemplo, a través del estudio de problemas de diversa índole y propios de la región. Bajo la orientación de los profesores o catedráticos universitarios de planta de la respectiva unidad académica, o cátedra, los maestros de los establecimientos de los niveles primario y secundario desarrollarán actividades dirigidas a la asimilación, comprensión e interrelación de los conceptos, es decir, a la construcción del "*saber inteligente*". El mismo, les permitirá confrontar los conceptos con fenómenos de la realidad local y regional, y en la medida que aumente el grado de madurez intelectual, adquirir la capacidad de relacionar conceptos, plantear y resolver problemas. En síntesis, si esto se cumple, se habrá contribuido a inducir la capacidad de crear soluciones a problemas o explicaciones desconocidas de fenómenos naturales o sociales, a la par que los profesores de los niveles básico y medio mejorarán la calidad de su formación y estarán mejor preparados para cumplir con la función docente.

Así también se podrán formar maestros para los distintos niveles del sistema educativo, con conocimientos contextualizados en la realidad, capaces de transmitir y motivar a los alumnos para que también puedan lograrlo. De igual modo, las instituciones de educación superior estarán cumpliendo la responsabilidad social que les concierne en el campo de la educación.

Desde luego, el proceso de formación de los nuevos profesionales se complementará mediante la participación

en conferencias, prácticas, seminarios y talleres sobre la historia de las ciencias, epistemología, humanidades e historia de Colombia, entre otras actividades, dirigidas a la formación humanística de los futuros profesionales y profesores universitarios. De allí la importancia de concebir a la universidad como una totalidad, cuyas unidades académicas operativas, o cátedras del campo de las humanidades deben estar abiertas a todos los estudiantes matriculados, cualquiera que sea la profesión que hubieran elegido.

Si se logran las metas señaladas, educadores y educandos, continuarán formulándose preguntas sobre éste o aquel otro fenómeno de la realidad. El *aprender inteligente* se convertirá en una actividad permanente, es decir, en una actividad de por vida, como se recomienda en la "Declaración de la Conferencia Mundial de la UNESCO".

Programas, como los que se señalan en los documentos, del ICFES sobre educación superior por televisión, podrán servir de complemento a lo expuesto en los puntos anteriores, pero nunca podrán sustituirlos; sobre todo, si se trata de programas inspirados en realidades económicas, sociales, culturales y naturales, totalmente diferentes a la nuestra.

En lo que concierne a la compleja naturaleza de nuestro entorno, no se puede equipararla con la de las zonas templadas de la tierra. Mas pronto que tarde, los colombianos debemos saber que la realidad natural de Colombia es, si no la más compleja, una de las más complejas y por ende más frágiles de la tierra. Totalmente diferente de la de las Zonas Templadas del planeta, así en el transcurso de la historia se hayan introducido desde allá la mayoría de las plantas y animales de los cuales derivamos el sustento y muchos otros usos. Pero ello no transforma nuestro entorno tropical multifacético en un medio ni siquiera similar al de las zonas templadas del planeta.

2. La capacitación del Profesorado de la Educación Superior

Las "Unidades Académicas Operativas Interactuantes" de docencia, investigación y contextualización del conocimiento o Cátedras que conformarían la totalidad de la Universidad, deben concebirse como "Semilleros" de nuevas promociones de profesionales con capacidad científica, crítica y creadora. Pero también de aspirantes calificados a ingresar a la Carrera del Profesorado Universitario, a través de la cual, ya bajo la condición de docentes, fortalecerán sus capacidades didácticas, científicas y profesionales; y más tarde, si sus capacidades y experiencias alcanzadas, así lo permitieran, podrían ser llamados a ocu-

par la elevada responsabilidad de dirigir una Unidad Académica Universitaria, del campo de su especialidad, en alguna de las Universidades de la región, del país, u otros países con los que se hayan suscrito convenios de cooperación.

La formación de profesores a través de evaluaciones formales esporádicas, sugeridas en los Documentos, a que se ha hecho referencia, en la práctica no han dado los resultados esperados. No podría ser de otra manera, por cuanto la formación y cualificación de los docentes es un proceso complejo y paulatino, inspirado en el deseo de aprender permanente, como se deriva de las consideraciones ya formuladas en el texto de este trabajo. De allí la urgente necesidad de establecer en las instituciones de educación superior verdaderas "carreras profesoriales", completamente diferentes de los simples "escalafones salariales".

- **Programas de Intercambio Académico.** Del grado de desarrollo y calidad que logre la Universidad y por ende las Unidades Académicas para las diferentes disciplinas científicas, sociales y naturales que la conformen, dependerá no solamente su proyección regional, sino también nacional e internacional y la creación de sistemas efectivos de intercambio de profesores y estudiantes en los niveles regional, nacional e internacional que produzcan beneficios mutuos a las instituciones involucradas.

Desde luego, se trataría de intercambios que no solamente favorecerían individualmente a estudiantes y profesores, sino a la respectiva Unidad Académica Operativa, dedicada al cultivo de un área del conocimiento determinada. Así concebidos, los intercambios contribuirán a la vigorización de la proyección de la Universidad hacia la región y a la solución de los problemas que la afecten.

Si fuere necesario, dentro del territorio de la región, las instituciones de Educación Superior, podrán establecer, en los sitios mas propicios, Estaciones, Laboratorios o Institutos Regionales que complementen a las respectivas Unidades Académicas operativas de la institución de Educación Superior Regional o, Cátedras, a la cual pertenezcan, con el objetivo de estudiar allí aspectos específicos de la región de particular interés científico, educativo, económico y social, con apoyo en las facilidades y ventajas que ofrezca el sitio escogido para establecer la Estación, Centro o Instituto Regional.

El funcionamiento de estas instalaciones científicas regionales, de índole y categoría diferente y creadas, de acuerdo con las necesidades regionales, podría optimizarse a través de Programas Nacionales e Interna-

cionales de Cooperación y podrían así contribuir, entre otros, a solucionar el problema de la financiación y alcanzar tal calidad y significado para el país que motive a jóvenes científicos meritorios a permanecer en el país. Así también se contribuiría a solucionar el problema de la "fuga de cerebros". En estas Entidades regionales periféricas, además se podrían crear las facilidades necesarias para que operen a manera de "núcleos" de la **Red Regional de Establecimientos de Educación Primaria y Educación Secundaria, respectiva.**

En cierta manera, los Institutos regionales, extenderán la cobertura de la educación superior a los municipios apartados; sobre todo, si paulatinamente, se los dota de las de facilidades necesarios para este fin, además de los que dispongan para el estudio de los recursos naturales, uno de los objetivos centrales de los institutos regionales de la respectiva institución de educación superior. Los cuales, desde luego, estarán estrechamente relacionadas con los institutos, centros o instituciones regionales de otros sitios del país.

El mejor conocimiento de las realidades económicas, sociales y naturales de las regiones del país, logrado a través de la investigación científica, promoverá, por lo menos en el largo plazo, el surgimiento de modos de interacción solidaria y la aplicación de sistemas racionales para utilizar en forma sostenida el medio ambiente. El mejor conocimiento del medio natural y sus recursos contribuirá a crear valores culturales de origen endógeno que no solamente fortalecerán la solidaridad social, y contribuirán a incrementar el aprecio por la vida, incluida, desde luego, la vida humana. Amen, de los aportes al conocimiento de las llamadas "ventajas comparativas", de nuestro entorno natural, de tan honda trascendencia en un mundo globalizado.

Así también, nuestras gentes se familiarizarán cada vez mas con los conocimientos logrados a través del quehacer científico, los mismos que complementarán los saberes tradicionales. Pero la ciudadanía, en general, se compenetrará paulatinamente con el pensamiento y el comportamiento racional que, entre otros, conduce a aceptar y valorar opiniones opuestas y a resolver las controversias mediante la argumentación, sin tener que recurrir a la imposición o, peor aún, a la violencia.

Por otra parte, el fortalecimiento de la racionalidad en nuestro medio social contribuirá a lograr la meta de la democracia participativa, que supone comprender la realidad a través del pensar y de formular predicciones pero también el que enseña a argumentar y valorar las opiniones contrarias. A largo plazo, esta también podría ser una

estrategia para que el sistema de educación superior, contribuya a alcanzar esta importante meta cultural.

No sobra enfatizar que estos objetivos no se logran, simplemente, a través de incluir más y más asignaturas en el curriculum de la respectiva carrera, sobre los temas a que hemos hecho referencia. Es mucho más efectivo realizar el ejercicio de pensar, de examinar permanente y críticamente la realidad, cada vez con mayor profundidad, valiéndose de la experiencia y madurez que, poco a poco, se logren alcanzar con el apoyo en ese atributo conatural a todo ser humano, el atributo de la curiosidad, del asombro, ante lo no explicable en un momento dado.

El recargo de asignaturas conduce de suyo al aprendizaje superficial y a la simple memorización pasajera

de la información transmitida en clase, también de memoria por el profesor. Además, se incrementa el enciclopedismo de los planes de estudio. Muchas veces se aumentan también los costos, sin beneficio alguno y se priva a los estudiantes del tiempo necesario para desplegar su propia iniciativa, en función de mejorar su formación profesional, y cultura general, mediante el aprovechamiento de las oportunidades que ofrezcan las cátedras profesionales, científicas y humanísticas de la institución de educación superior en la cual se encuentren matriculados. No se debe olvidar el principio, también proclamado en la Declaración de la UNESCO, según el cual la formación profesional crítica, científica y creadora del estudiante es el objetivo central de la educación superior.