

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

LA ACADEMIA ES ORGANO CONSULTIVO DEL GOBIERNO NACIONAL

VOLUMEN XVI

MARZO DE 1986

NUMERO 60

PATRONO DE LA ACADEMIA:  
SEÑOR PRESIDENTE DE LA REPUBLICA

PRESIDENTE DE LA ACADEMIA:  
LUIS EDUARDO MORA-OSEJO

DIRECTOR DE LA REVISTA:  
JULIO CARRIZOSA UMAÑA

## SUMARIO :

Nota del Director . . . . .	5	Breve historia de la física en Colombia, por <i>Guillermo Castillo Torres</i> . . . . .	79
La determinación sexual primaria, por <i>Tobías Mojica Araque</i> . . . . .	7	Nuevos datos sobre el descubrimiento del platino, Nota preliminar, por <i>Armando Espinosa Baquero</i> . . . . .	85
El Origen de la Inercia, por <i>José Fernando Isaza Delgado</i> . . . . .	19	Un olvidado botánico del siglo XIX: Juan María Céspedes, por <i>Guillermo Hernández de Alba</i> . . . . .	91
El Precámbrico en la Zona Andina, por <i>Jaime Galvis V. y Alcides Huguett G.</i> . . . . .	33	Toponimias Indígenas de la Geografía Ecuatoriana, por <i>Misael Acosta-Solis</i> . . . . .	99
Las Cucurbitales y Campanulales de la "Flora de Bogotá", por <i>Santiago Díaz-Piedrahita</i> . . . . .	45	Informe de Actividades . . . . .	135
Elementos de análisis de la gestión ambiental del Estado, por <i>Julio Carrizosa Umaña</i> . . . . .	49	Acuerdo No. 1/84 - Acuerdo No. 2/84 . . . . .	138
La Investigación Científica y Tecnológica Aplicada al Desarrollo del País, por <i>Daniel Díaz Delgado</i> . . . . .	65	Constitución de la Academia . . . . .	139
La estereortofotografía en la elaboración de mapas, por <i>Alvaro González Fletcher</i> . . . . .	73	Normas que deben cumplir los manuscritos que se envíen para su publicación . . . . .	143

(La responsabilidad de las ideas emitidas en la Revista corresponde a sus autores. La colaboración es solicitada. No se devuelve la colaboración espontánea ni se mantiene correspondencia sobre ella).



EMBLEMA DE LA ACADEMIA MATRIZ ESPAÑOLA

SEDE DE LA ACADEMIA: CARRERA 3a. A No. 17-34  
APARTADO AEREO 44763 - BOGOTA 1. D.E., COLOMBIA

*La trágica coyuntura, escribo en noviembre de 1984 no se refleja en las páginas de esta Revista y creo que en esta Nota del Director debe aparecer por lo menos un llamado a reflexionar, como mínimo aporte de nuestra comunidad científica ante esta hora amarguísima ¿Cuál fue el verdadero papel de nuestros científicos y técnicos ante la tragedia de la patria? ¿Cuál hubiera podido ser? ¿Qué enseña esta experiencia para el desarrollo científico colombiano?*

*La Academia en su Sesión Ordinaria del 20 de noviembre acordó la celebración de una Sesión Especial en donde se analice el fenómeno que causó la destrucción de Armero y esta Revista aspira a transcribir todo lo que allí se explique y sin duda las anteriores preguntas serán allí planteadas.*

*¿Qué hicieron la ciencia y la técnica colombiana para evitar la tragedia? La información disponible permite adelantar una hipótesis: nuestros científicos con la ayuda de expertos extranjeros predijeron lo que iba a suceder, alguno de ellos incluso dijo que la probabilidad era de un 100%. Esto se afirmó casi un mes antes de que se desprendiera la masa que sepultó a miles de compatriotas; si ya se había anunciado ¿por qué no se evitó? Si geólogos, vulcanólogos y sismólogos arriesgaron su prestigio científico en la predicción ¿por qué no se hizo nada al respecto? ¿No les creyeron? ¿No hablaron lo suficientemente fuerte? ¿Nada podía hacerse sin afectar intereses más importantes? ¿Qué puede ser más importante que la vida? ¿Existieron obstáculos insalvables de comunicación entre las ciencias naturales que predijeron y los científicos sociales que han debido aconsejar la decisión?*

*Curioso país en donde lo importante es guardar las apariencias y mantener la calma ficticia. Donde se mantiene una Universidad y unos Institutos y una Academia simplemente como un ropaje que recuerde a la Atenas que nunca existió, proporcionando apenas los recursos de la subsistencia para que no se diga que no hay ciencia en Colombia.*

*Pobre país en donde hay que apelar a la mendicidad internacional para contar con instrumentos que prevengan nuestra propia destrucción. Triste país en donde no hubo dinero para mantener una vigilancia técnica de 24 horas que evitara la muerte de 20.000 compatriotas.*

*Tratemos sin embargo, de sacar el cerebro de entre el lodo y reflexionemos sobre el futuro papel de la comunidad científica colombiana. ¿Seguiremos siendo la descolorida tramoya de zarzuela? ¿Podemos ser algo más? ¿Hay alguna posibilidad, de que entre los objetos del desarrollo nacional alguien incluya el desarrollo científico y tecnológico por lo menos para conocer los riesgos que ofrece nuestra propia realidad? ¿Habrá alguna ciencia capaz de sanar la esquizofrenia de quienes deciden?*

JULIO CARRIZOSA UMAÑA

# LA DETERMINACION SEXUAL PRIMARIA \*

Por TOBIAS MOJICA ARAQUE\*\*

## I. INTRODUCCION

A principios del siglo, C. E. McClung (1902) observó la presencia de un "cromosoma accesorio" en la mitad de los espermatozoides de ciertos insectos; el mismo sugirió que este cromosoma estaba en alguna manera implicado en la diferenciación del macho.

Las observaciones de McClung condujeron a las teorías de determinación sexual XX y XY y a la noción contemporánea de que entre los mamíferos la determinación del sexo masculino ocurre cuando un ovum portador de un cromosoma X es fertilizado por un espermatozoide que porte un cromosoma Y. Esta fertilización resulta en un embrión que es XY (el sexo heterogamético) mientras que el sexo femenino se determina por fertilización de un ovum X por un espermatozoide X para resultar en un embrión XX (el sexo homogamético).

Así pues, la determinación del sexo en mamíferos parece ser, desde el punto de vista genético, uno de los procesos más simples de la biología del desarrollo. El dimorfismo sexual hembra-macho se correlaciona muy estrechamente con el dimorfismo cromosómico XX,XY. Se debe concluir, por necesidad, que existen genes estructurales o reguladores, en los cromosomas sexuales, que gobiernan la diferenciación sexual.

Ratones y humanos XO (con un solo cromosoma X y sin cromosoma Y) son inequívocamente hembras, mientras que los individuos mamíferos

XXY, XXXY (hasta con cinco cromosomas X y un solo Y) son inequívocamente machos.

El cromosoma Y parece pues tener la función reguladora dominante para la diferenciación sexual. Embriones sin cromosoma Y se desarrollan como hembras, mientras que embriones con cromosoma Y (sin tener en cuenta el número de cromosomas X presente) se desarrollan como machos.

De acuerdo con la noción contemporánea de la determinación sexual la gonada bipotente del embrión mamífero es inducida, en presencia (de productos génicos) del cromosoma Y a organizarse en testículo y a organizarse en ovario en ausencia del cromosoma Y.

Yo quiero revisar: 1) los modelos corrientes que nos explican los mecanismos de la determinación sexual primaria, 2) El hecho de que muy probablemente no es el cromosoma Y per se el que hace que la gonada del mamífero se organice en testículo sino que es una molécula generalmente reconocida como antígeno H-Y, 3) La disgenesia gonadal XY, el síndrome masculino XX y el hermafroditismo verdadero XX, amén de otras excepciones cromosómico-sexuales, se verán como errores específicos de regulación, síntesis o función del antígeno H-Y y 4) los esfuerzos experimentales que estamos adelantando para resolver algunos de los problemas conceptuales, experimentales y clínicos que han aparecido recientemente.

## II. DETERMINACION SEXUAL PRIMARIA: ORGANOGENESIS DEL TESTICULO

El dimorfismo sexual es evidente en las especies de mamíferos debido al desarrollo diferencial de la genitalia externa e interna y a otras características no genitales tales como estatura, apéndices, y componentes específicos.

La diferenciación sexual y el sexo en general pueden disectarse en cuatro niveles los cuales co-

\* Este manuscrito fue terminado en Agosto de 1981. En el tiempo transcurrido desde su terminación se han hecho observaciones importantes especialmente a nivel molecular. Estas observaciones no son incluidas en este artículo y tal hecho debe tenerse en cuenta al leerlo.

\*\* Departamento de Genética. Facultad de Medicina. Universidad Nacional de Colombia.

responden estrechamente a los cuatro pasos cronológicos del desarrollo sexual masculino:

- 1) sexo cromosómico,
- 2) sexo gonadal,
- 3) sexo ductal o genitalia interna,
- 4) sexo genital o genitalia externa.

El sexo cromosómico se establece en el momento de la fertilización y éste dirige el desarrollo de ovarios o de testículos, es decir el sexo cromosómico dirige la diferenciación del sexo gonadal.

En el hombre, las gonadas primitivas XX y XY aparecen idénticas hasta los 42 días de vida embrionaria (Jirasek 1977a y 1977b). No se sabe con certeza cuando ocurre una señal fisiológica que inicia la diferenciación del testículo en machos y no se sabe si ocurre una señal especial que inicia la diferenciación del ovario en hembras. Entre 6 y 7 semanas de gestación el testículo se ha diferenciado en machos (Summit, 1979). Alfred Jost (1972) estableció inequívocamente que el embrión mamífero castrado se desarrolla como hembra. Esto quiere decir que el embrión, como la gonada, también es bipotente y que el programa genético del desarrollo sexual tiende a producir el fenotipo femenino. Para que se produzca el fenotipo masculino el testículo fetal tiene que imponer señales hormonales. Señales emitidas por el testículo dirigen la organización del sexo ductal y del sexo genital.

En respuesta a estas señales, el tubo Wolffiano, o ducto mesonefrítico se diferencia para formar los ductos sexuales internos del macho (ducto epididimal), vas deferens, vesícula seminal y ducto eyaculatorio). Se ha demostrado que es la testosterona (Wilson, George y Griffin, 1981), el andrógeno principal producido por las células de Leydig del testículo fetal, la molécula que actúa sobre el ducto mesonefrítico y que inicia la diferenciación de los ductos internos. Además de testosterona, el testículo fetal, por medio de las células de Sertoli, elabora el factor supresivo de Müller el cual se encarga de la regresión y degeneración del tubo de Müller o ducto paramesonefrítico (Josso *et al.*, 1977), previniendo en esta manera el desarrollo paralelo de estructuras internas femeninas en el embrión macho.

En el embrión castrado Y (o que no organiza testículo por otra razón) no ocurre regresión del tubo de Müller ni diferenciación de tubo Wolffiano. Por el contrario, el tubo de Müller o ducto paramesonefrítico se desarrolla en útero, vagina y tubos de Falopio.

Por último, también bajo control de la testosterona emitida por el testículo ocurre la diferenciación de los genitales externos del macho.

Evidentemente, el evento definitivo y primordial consiste en la generación de testículo; esto lo lla-

maremos la determinación sexual primaria. El sexo ductal y el sexo genital (la diferenciación sexual secundaria) están controlados por el sexo gonadal.

Cuando el sexo fenotípico no corresponde al sexo cromosómico se dice que ha ocurrido reversión del sexo. Esta es controlada genéticamente en mamíferos pero que puede darse por factores medioambientales como hormonas en especies inferiores, por ejemplo en peces.

Desde la fertilización hasta la formación de blastocisto, el embrión macho tiene un solo cromosoma X funcional mientras que el embrión femenino tiene los 2 cromosomas X funcionales. La función del cromosoma Y aparece por primera vez en la fase de 8 células; detectado por la presencia de un antígeno de la superficie celular (el antígeno H-Y) regulado por el cromosoma Y (Krcy y Goldberg, 1976).

### III. MODELO DE DETERMINACION SEXUAL PRIMARIA

En la actualidad se utilizan dos modelos para explicar la determinación sexual primaria en mamíferos y para explicar las observaciones experimentales y clínicas.

El modelo original se debe a S. Ohno y S. Wachtel (véase por ejemplo Wachtel y Ohno, 1979) y en su más simple expresión dice: El antígeno H-Y es la molécula que inicia la diferenciación de testículo. El gene estructural del antígeno HY está, en copias múltiples en el cromosoma Y. La regulación de la síntesis del antígeno H-Y es constitutiva.

El modelo alternativo (en realidad son varias las alternativas) que se debe a Wolf y sus colaboradores (e.g. Wolf, Fraccaro, Mayerova, Hecht, Zuffardi y Hameister, 1980; Wolf, Fraccaro, Mayerova, Hecht, Maraschio y Hameister, 1980) establece que el antígeno H-Y es la molécula que inicia la diferenciación de testículo y el gene estructural del antígeno H-Y es autosómico (i está ligado a X). En este caso al cromosoma X contribuye regulatoriamente con un represor mientras que el cromosoma Y contribuye con un inductor.

El presente estado de los conocimientos no permite una discriminación inequívoca entre los 2 modelos ni una formulación sensata de otro modelo.

### IV. EL ANTIGENO H-Y

#### A. Historia

En 1955 Eichwald y Silmsler observaron que ratones hembras de la cepa C57BL (una cepa generada por cruces entre hermanos por varias generacio-

nes y por lo tanto altamente consanguíneos tal que considera que los miembros de esta cepa son isogénicos, la única diferencia genética entre machos y hembras está en el cromosoma Y), rechazaban trasplantes de piel de machos de la misma cepa, mientras que trasplantes de piel entre las otras tres combinaciones sexuales posibles eran aceptados.

La reacción del rechazo de trasplantes se atribuyó a la presencia de un "antígeno-débil-de-trasplante" determinado por un locus "menor" de histocompatibilidad en el cromosoma Y. El locus se conoce ahora como H-Y (histocompatibilidad-Y) y el antígeno se conoce como antígeno H-Y.

La anterior observación sobre el antígeno H-Y en la cepa C57BL ha sido confirmada en otras cepas de ratón y de rata y en otros mamíferos en los cuales es experimentalmente factible generar cepas consanguíneas.

El estudio del antígeno H-Y permaneció en el dominio de la biología de trasplantes hasta 1971 cuando E. Goldberg (1971) observó que hembras de ratón injertadas con piel de machos de la misma cepa producen anticuerpos anti H-Y el cual es citotóxico para células espermáticas del ratón, y para células epidermales masculinas (Scheid *et al.*, 1972).

## B. Metodología

La observación de Goldberg (1971) abrió la avenida del ensayo serológico del antígeno H-Y.

El ensayo más común es el de citotoxicidad diferencial del antisuero H-Y contra células espermáticas (Goldberg, 1971), células epidermales (Scheid *et al.*, 1972) y células de la línea Raji derivadas del linforma de Burkitt (Fellous *et al.*, 1978). Otros tipos de células parecen no ser susceptibles a lisis mediada por antisuero anti H-Y en el ensayo de citotoxicidad.

La presencia del antígeno H-Y se detecta en cualquier tejido por medio de "absorción indirecta" de antisuero anti H-Y. Si el tejido tiene antígeno H-Y entonces disminuirá la citotoxicidad del antisuero H-Y contra las células blanco (e.g. células Raji). Se han diseñado otros ensayos un poco más sofisticados. Uno de ellos, el ensayo de hemoadsorción mezclada del anticuerpo híbrido de Koo *et al.* (1973), consiste en exponer células espermáticas o epidermales a antisuero anti H-Y del tabaco o puede ser con eritrocitos ovinos (Koo *et al.*, 1977). La rotulación se efectúa usando un anticuerpo híbrido sintético (preparado en conejo) con dos especificaciones a saber: anti H-Y en un brazo y anti-eritrocitos ovinos en el otro brazo.

En el ensayo de las rosetas de la proteína-A-eritrocitos ovinos; los eritrocitos ovinos se acoplan con proteína A por medio de cloruro crómico; las

células que se van a ensayar por este método se tratan con antisuero anti H-Y; al mezclar los dos tipos de células ocurre la formación de rosetas debido a que la proteína A liga con mucha avidéz el antisuero anti H-Y (Koo *et al.*, 1981).

Claramente los ensayos del antígeno H-Y son indirectos no sólo porque son ensayos serológicos, sino también porque el antígeno H-Y de la mayor parte de los mamíferos se ensaya con antisuero anti H-Y del ratón. Es preciso desarrollar un ensayo directo del antígeno H-Y.

## C. Propiedades Bioquímicas

El antígeno H-Y es una proteína de la superficie de las células macho, con propiedades altamente hidrofóbicas y que está compuesta por subunidades de peso molecular 18.000 (Nagai *et al.*, 1980), las cuales, en ausencia de detergentes, muestran gran tendencia a formar agregados multiméricos de alto peso molecular presumiblemente por formación de enlaces de azufre (Nagai, Ciccacese y Ohno, 1979). En células Daudi (derivadas también del linforma de Burkitt) el antígeno H-Y demostró una vida media relativamente larga de más de 20 hr. (Nagai *et al.*, 1980).

El antígeno H-Y está relacionado en la membrana celular con la microglobulina Beta 2 (Fellous *et al.*, 1978) y probablemente con uno de los antígenos de histocompatibilidad mayor (Nagai, Ciccacese y Ohno, 1979), la relación entre el antígeno H-H-Y y los componentes mencionados apoya la hipótesis de que hay un conjunto de proteínas que dirigen organogénesis (Ohno, 1977). In vivo la constitución genética del locus MHC influye profundamente la expresión del antígeno H-Y (Silvers y Billingham, 1967; Wachtel *et al.*, 1973). El determinante antigénico del antígeno H-Y parece ser un polisacárido cuyo azúcar terminal es probablemente galactosa (Shapiro y Erickson, 1981). Esto indica entonces que el antígeno H-Y es una glicoproteína con una molécula de galactosa, terminal.

## D. El Receptor del Antígeno H-Y

La organización del testículo no sólo es función del antígeno H-Y sino del receptor específico en la membrana de las células blanco (las células que responden al antígeno H-Y que son afectadas morfológicamente).

La expresión del antígeno H-Y ocurre sólo en los machos pero es universal (es decir todos los tejidos del macho normal expresan (H-Y); la evidencia preliminar indica que solamente células de las gonadas de ambos sexos, y no otros tejidos, son capaces de ligar antígeno H-Y radioactivo (Nagai, Ciccacese y Ohno, 1979), es decir contienen el receptor H-Y.

Puesto que la expresión del receptor está limitada a un órgano, la expresión universal del antígeno

H-Y no causa problemas; y puesto que la expresión del antígeno H-Y es específico del sexo masculino no hay necesidad teleológica de restringir el receptor al sexo masculino (Muller *et al.*, 1978). El receptor del antígeno H-Y no se ha caracterizado.

La ausencia del receptor del antígeno H-Y es equivalente a la ausencia del antígeno H-Y mismo; es decir, individuos que sintetizan antígeno H-Y pero no expresan el receptor deben ser fenotípicamente idénticos a individuos que no sintetizan antígeno H-Y.

#### E. Papel Hormonal del Antígeno H-Y

En los Freemartins bovinos y en aves ocurre la formación de anastomosis vasculares coriónicas; en los bovinos se produce masculinización del embrión gemelo femenino y en las aves se produce feminización del embrión gemelo masculino (Short, 1970; Ostertag, 1958).

Se puede inferir que en un estado crítico, del desarrollo de los Freemartins, actúa una hormona que media el cambio fenotípico del sexo. La evidencia indica que esa hormona es muy probablemente el antígeno H-Y (Wachtel *et al.*, 1980c). De esto se colige que el antígeno H-Y efectúa su función actuando como una hormona.

#### F. Moléculas que Inducen Ovarios

Todo lo que hemos visto parece indicar que mientras la organización del testículo es un evento eminentemente activo, la organización del ovario parece ser un evento pasivo que refleja más la ausencia de la señal que inicia la organización de testículo que la presencia de una molécula que inicia la organización del ovario. Sin embargo, se conocen casos en que no ocurre desarrollo ovárico aún en individuos que son XX (Simpson, 1976).

Utilizando gonadas fetales de quimeras producidas, en ratones, por agregación experimental de células de diferentes embriones (McLaren, 1976), se ha obtenido evidencia de que células XX pueden persuadir algunas veces a células XY para que ocurra organización de ovario; más aún células XY pueden ser persuadidas para que se conviertan en oocitos funcionales (Ford, Evans y Burtenshaw, 1975; Evans, Ford y Lyon, 1977). Parece completamente razonable que la "feminización" de células XY en las quimeras de ratón pueda ser debida a la diseminación de una señal "organizadora de ovario", que es el correspondiente funcional del antígeno H-Y, pero esto no se ha demostrado.

### V. LA EVIDENCIA DE QUE EL ANTIGENO H-Y DIRIGE LA ORGANIZACION DE TESTICULO

Aunque la evidencia de que el antígeno H-Y dirige la organización de testículo es muy convincente, la certeza no es absoluta sin embargo, pues

en primer lugar no existe evidencia de la función del antígeno H-Y IN VIVO y en segundo lugar se conocen varios eventos que se pueden interpretar como indicaciones de que el antígeno H-Y no dirige la organización del testículo.

#### A. La evidencia más directa: el antígeno H-Y dirige la formación de estructuras testiculares IN VITRO.

La evidencia más directa de que el antígeno H-Y dirige la organización de testículo viene de las observaciones experimentales IN VITRO utilizando las técnicas de reasociación celular en cultivo de tejidos originalmente diseñadas por Moscona (1957 y 1974).

Las gonadas disociadas de ratón (Ohno *et al.*, 1978) y de rata (Zezes, Wolf, Gunther y Engel, 1978) neonatos, se reorganizan en estructuras reconociblemente histotípicas; es decir, ovarios disociados se reorganizan en estructuras foliculares mientras que, los testículos disociados se reorganizan en estructuras tubulares. Células de testículo de ratón (Ohno *et al.*, 1978) y de rata (Zezes, Wolf, Gunther y Engel, 1978) expuestas a antisuero anti H-Y se reasocian no en estructuras tubulares sino en estructuras foliculares típicamente ováricas. Estas observaciones se explican de la siguiente manera: la reacción entre el antígeno H-Y sobre la superficie de la célula testicular y el antisuero anti H-Y resulta en la formación de un complejo inmune el cual es fagocitado ("Capped" en inglés) hacia el interior de la célula testicular, dejando en esta manera, las células "desnudas" ("Lysostriped" en inglés) de antígeno H-Y tal que las células desnudas no se reorganizan en estructuras testiculares sino que se reorganizan en estructuras ováricas. Más directamente todavía, el antígeno H-Y excretado al medio por las células Daudi induce a células de ovarios fetales ovinos a formar túnica albuginea y túbulos seminíferos (Nagai, Ciccarese y Ohno, 1979).

Inmediatamente se debe concluir que el antígeno H-Y reacciona de alguna manera con las células gonadales y produce cambios profundos que resultan en la formación de testículos aún en células que son XX.

#### B. La evidencia circunstancial

Además de la evidencia de la acción de antisuero anti H-Y y de antígeno H-Y IN VITRO, se tiene un cuerpo muy fuerte de evidencia circunstancial que favorece la noción de que el antígeno H-Y es el organizador de testículo.

1. El antígeno H-Y está filogenéticamente muy conservado. Silvers y Yang (1973) primero observaron que células de ratones machos sensibilizan ratones hembras, contra injertos de piel de ratones machos de la misma cepa. Después observaron que cé-

lulas machos pero no células hembras absorbían antisuero anti H-Y del ratón.

Desde que se hicieron esas observaciones originales, varios investigadores han observado que células machos pero no células hembras absorben antisuero anti H-Y del ratón en muchas especies de mamíferos tales como hombre (Wachtel *et al.*, 1974), topos (Nagai y Ohno, 1977) perros (Selden y Wachtel, 1977) y toros (Wachtel *et al.*, 1980).

El antisuero H-Y del ratón es específico para el antígeno H-Y del ratón. Esto quiere decir muy claramente que células masculinas de esas especies de mamíferos mencionadas antes (y probablemente de todas las especies de mamíferos) poseen un componente de la membrana que es por lo menos muy parecido al antígeno H-Y del ratón.

La biología moderna nos ha enseñado que genes de importancia fundamental rara vez sufren cambios evolutivos por mutación por lo menos en regiones que controlan los sitios activos del producto. Así que la conservación de la estructura antigénica del antígeno H-Y a través de varios millones de años de evolución, indica la conservación de una función vital para las especies de mamíferos.

La conservación de la estructura (antigénica) del antígeno H-Y no se limita a mamíferos sino que se extiende a aves, teleostos y anfibios, (Wachtel, *et al.*, 1975).

En aves las hembras son heterogaméticas, mientras que en teleostos y anfibios existen especies en las cuales las hembras son heterogaméticas y especies en las cuales los machos lo son. En todos los casos el género heterogamético es H-Y positivo.

Así pues que, en mamíferos y en otras especies el macho hereda el modo heterogamético de diferenciación sexual y también hereda la expresión del antígeno H-Y, mientras que en otras especies la hembra hereda el modo heterogamético de diferenciación sexual y la expresión del antígeno H-Y. Esto correlaciona el antígeno H-Y con el cromosoma Y.

La correlación del antígeno H-Y con el cromosoma Y (o W en aves) quiere decir que la función está relacionada con el sexo, y quizá sea el producto del gene que controla la organización del testículo.

2. El antígeno H-Y está presente en todos los tejidos de los machos. La expresión del antígeno H-Y no solamente tiene la propiedad de estar confinada a los machos sino que en los machos todos los tejidos expresan al antígeno H-Y (Nagai, Ciccarese y Ohno, 1979; Koo *et al.*, 1981). Esta observación puede quizá tomarse como evidencia circunstancial de que el antígeno H-Y dirige la organogénesis de testículo, además indica claramente que los genes del antígeno H-Y no sufren regulación durante el desarrollo.

3. El antígeno H-Y en el síndrome de feminización testicular. En los individuos con síndrome de feminización testicular, las gonadas embrionarias se organizan en testículo bajo la influencia del cromosoma Y; estos individuos no desarrollan ni útero, ni tubos de falopio ni la porción cefálica de la vagina (esto indica definitivamente la función de un producto testicular: el factor supresivo de Müller), y todas las demás características sexuales son femeninas (Wilson y McDonald, 1978). El defecto bioquímico en estos individuos consiste en la ausencia de la proteína (del núcleo-citosol) que actúa como receptor del andrógeno.

En otras palabras, las células de Leydig sintetizan testosterona mientras que las células de Sertoli producen el factor supresivo de Müller pero el desarrollo sexual es femenino debido a la ausencia total de respuesta al andrógeno que resulta de una mutación (en el cromosoma X) en el gene que controla el receptor androgénico. Este síndrome se llama hoy síndrome de resistencia al andrógeno y representa un error en la diferenciación sexual secundaria.

Si la expresión del antígeno H-Y fuese una característica sexual secundaria (de los machos) el antígeno H-Y debería estar ausente en individuos con síndrome de resistencia al andrógeno. Por otra parte, si el antígeno H-Y fuese el mediador de la determinación sexual primaria (gonadal), el antígeno H-Y debería estar presente en individuos con el síndrome de resistencia al andrógeno. Esto se ha demostrado en todos los individuos con resistencia al andrógeno (Koo, Wachtel y Saenger, 1977).

Una de las enzimas que se requieren para la síntesis de la testosterona es la enzima  $17\alpha$  - hidroxilasa. La deficiencia de esta enzima en embriones XY resulta en otra forma de pseudohermafroditismo el cual se caracteriza por la ambigüedad de la genitalia externa (e. g., escroto bífido, pene rudimentario, hipospadias de tercer grado, vagina pequeña, testículos presentes bilateralmente, útero y tubos de falopio ausentes; New, 1970).

La deficiencia de  $17\alpha$  - hidroxilasa nos presenta otra oportunidad para determinar si la expresión del antígeno H-Y está asociada con desarrollo de testículos en ausencia de función androgénica normal. Las observaciones experimentales indican que el antiguo H-Y se detecta en pacientes con esta condición. Esto implica directamente que la expresión de H-Y en la membrana celular no depende ni de ligamento ni de síntesis de la testosterona (Wachtel, Koo y Breg, 1975); Koo, Wachtel y Kruppen-Brown, 1977) y sugiere indirectamente que el antígeno H-Y tiene función en la determinación sexual primaria.

4. El antígeno H-Y en machos XX. Machos humanos con cariotipo 46, XX (femenino) son poco comunes (Simpson, 1976). Estos machos se parecen a pacientes 47,XXY (Klinefelter) con testícu-

los pequeños y aspermatogénicos. La ausencia de células espermáticas maduras puede ser debida a falla meiótica que ocurre por la presencia de un cromosoma X funcional, pues en el espermatocito primario normal el único cromosoma X presente está inactivo (Monesi 1965).

El antígeno H-Y se ha determinado todos los machos XX ensayados (Wachtel y Ohno, 1979, Wachtel, 1979) lo cual sugiere la función del antígeno H-Y en la determinación sexual primaria.

5. El antígeno H-Y en hermafroditas verdaderos. El hermafroditismo es más que un mito; Van Nierk (1974) lista 302 casos documentados desde 1899. El hermafrodita verdadero se define como un individuo que posee tanto tejido testicular como tejido ovárico y generalmente caracterizado por ambigüedad (existe gran variación entre diversas descripciones clínicas) de los genitales externos. El cariotipo más común es 46,XX. La presencia de tejido testicular implica la presencia del antígeno H-Y si el antígeno H-Y funciona en la organización del testículo. Todos los casos de hermafroditismo verdadero son antígeno H-Y positivos (Saenger, Levine y Wachtel, 1976).

La ocurrencia de hermafroditismo verdadero permite predecir otro evento; si el antígeno H-Y es el organizador de testículo, la ocurrencia simultánea de estructuras testiculares y ováricas debe implicar que un ovotestículo es un tejido mosaico H-Y<sup>+</sup>/H-Y. Las células de las proporciones testiculares y ováricas de un individuo con hermafroditismo verdadero fueron cultivadas separadamente, antígeno H-Y se detectó en la porción testicular pero no en la porción ovárica (Winters, Wachtel y White, 1979). La evidencia de los hermafroditas verdaderos también sugiere el papel del antígeno H-Y como organizador de testículo.

6. La proporción sexual en *Myopus schisticolor*: hembras XY. el *Myopus schisticolor* muestra una preponderancia muy grande de hembras. La proporción es aproximadamente 4:1 (Gropp, Winhinz y Frank 1976). El hecho interesante es que la mitad de esas hembras tienen cariotipo masculino 32,XY (Fredga Gropp y Winking, 1976). A pesar de la presencia del cromosoma Y intacto, las gonadas se diferencian como ovarios normales y producen hembras fértiles las cuales tienen progenie femenina solamente (XX y XY). Esta forma de reversión sexual no se debe a mutación del cromosoma Y. El cromosoma Y es eliminado de las células germinales (no disyunción doble) por lo tanto las hembras XY sólo producen ova X. Esta condición se hereda ligada a X lo cual sugiere que en esta especie genes en X "apagan" los genes que determinan testículo lo cual produce reversión sexual (Fredga Gropp y Winking, 1976). Lo más importante en este contexto es la observación de que todos los machos de *Myopus schisticolor* son

H-Y<sup>+</sup> mientras que todas las hembras (XX y XY son H-Y (Wachtel, Koo y Ohno, 1976).

En resumen: (a) La ausencia de antígeno H-Y causa que las células testiculares se reorganicen en estructuras foliculares (b) la presencia del antígeno H-Y causa que las células ováricas se reorganicen en estructuras tubulares, (c) El antígeno H-Y es una estructura que muestra una conservación filogenética profunda, (d) la herencia del modo heterogamético de dimorfismo sexual se correlaciona directamente con la herencia del antígeno H-Y. (e) El antígeno H-Y se encuentra en todos los tejidos masculinos, y (f) Se encuentra en todos los machos sin tener en cuenta su constitución cromosómica. Todas estas líneas de evidencia consideradas juntas sugieren muy fuertemente que el antígeno H-Y es la molécula organizadora de testículo que define la determinación sexual primaria.

### C. La evidencia en contra

En las páginas anteriores consideramos que la evidencia de que el antígeno H-Y es el organizador de testículo es bastante convincente; sin embargo hay contra-ejemplos reportados en la literatura que tenemos que explicar, a saber; la presencia del antígeno H-Y en hembras con disgenesia gonadal XY y XO.

En hembras mamíferas, el segundo cromosoma X no es activo (Lyon, 1961) tal que se espera a priori que individuos con la constitución cromosómica 45,XO sean normales, sin embargo, estos individuos son hembras con los estigmas del síndrome de Turner que incluyen esterilidad con la presencia de gonadas fibrosas (disgenesia gonadal). Se han descrito otras formas de disgenesia gonadal en individuos con cariotipo 46,XY; funcionalmente la gonada de estos individuos es idéntica a la gonada 45,XO.

La disgenesia gonadal en hembras XY y XO puede explicarse más simplemente recordando que se necesitan dos cromosomas X activos para que las células germinales sean viables y que el desarrollo del ovario necesita de las células germinales viables (Short, 1978).

Las observaciones más importantes en este contexto son que muchos de los individuos con disgenesia gonadal XY y XO son antígeno H-Y<sup>+</sup> (Wolf, et al., 1980a; 1980b; Wolf, 1979; Wachtel et al., 1980a y 1980b; Bernstein, Koo y Wachtel, 1980). Estas observaciones introducen una paradoja que tiene que ser resuelta experimentalmente. Si el antígeno H-Y es la molécula organizadora del testículo, como se puede explicar la ausencia de diferenciación testicular en individuos con fenotipos celulares contradictorios. Las posibles soluciones se discutirán más adelante cuando se hable de la genética de la determinación sexual primaria.

## VI. LA GENÉTICA DE LA DETERMINACIÓN SEXUAL PRIMARIA

Como se había establecido antes, la diferencia cariotípica entre machos y hembras normales es que el macho tiene un cromosoma Y y un sólo X, mientras que las hembras tienen dos cromosomas X y ningún Y. El paralelo entre el dimorfismo sexual y el dimorfismo cromosómico es prácticamente irrompible. Se tiene que concluir que existen genes, reguladores o estructurales, en los cromosomas sexuales, que gobiernan la determinación sexual.

Durante muchos años no se supo si el factor determinante de la diferenciación gonadal residía en la dosis del cromosoma X o en el cromosoma Y. Sin embargo, en 1959 se descubrieron: ratones XO inequívocamente hembras (Welshons y Russell, 1959, Russell, Russell y Gower, 1959), individuos humanos XO también inequívocamente hembras (Ford *et al.*, 1959), individuos humanos XXY que eran inequívocamente machos (Jacobs y Strong, 1959). Poco después se describieron ratones machos XXY (McLaren, 1961) y hombres con hasta cuatro cromosomas X y uno Y (Jacobs y Ross, 1966).

Las anteriores observaciones indican claramente que el cromosoma Y es portador de genes (estructurales o reguladores) que dirigen la formación del testículo. Como consecuencia el estudio de anomalías del cromosoma Y ha recibido mucha atención. Un resumen muy completo que cubre las anomalías del cromosoma Y ha recibido mucha atención. de aparecer (Davis, 1981).

### A. El papel del brazo corto de Y.

La mayor parte de los análisis de anomalías estructurales del cromosoma Y sugieron que el brazo corto de Y (Yp) porta genes que dirigen la formación de testículos (Davis, 1981).

Isocromosomas para el brazo largo de Y (iYq) se han correlacionado con ausencia del desarrollo testicular (Jacobs y Ross, 1966; Book *et al.*, 1977; Koo, Wachtel y Krupen-Brown, 1977).

Delección simple del brazo corto (Yp) resulta un fenotipo femenino con gonadas fibrosas características de individuos con cariotipo XO (Rosenfeld *et al.*, 1979). Por otra parte delección del brazo largo (Yq) con el brazo corto (Yp) intacto resulta en la presencia de tejido testicular (Meisner, Inhorn, 1972, Yunis *et al.*, 1977 a; 1977b).

Se conoce también por lo menos un ejemplo de un macho XK uno de cuyos cromosomas X parece haber recibido una cantidad de material cromosómico equivalente al brazo corto (quinocrina-negativo) de Y (Madam, 1976) y con bandeado de cromosomas se ha podido detectar la presencia putativa

de material de Yp en los cromosomas X de algunos machos XX (Evans *et al.*, 1979).

Todos estos datos apoyan la noción de que el brazo Yp porta genes que controlan la organización de testículo. Sin embargo otros estudios de individuos con cromosoma Y anormales complican la situación.

### B. El papel de brazo largo del cromosoma Y

Existe alguna evidencia de que información en el brazo largo de Y es importante en la determinación sexual primaria. Se ha descrito un paciente cuyo Yq fue translocado al cromosoma 8, sin material detectable de Yp, y cuyas gonadas tenían tejido testicular (Buhler *et al.*, 1971; Buhler, 1980). Otro ejemplo consiste de un mosaico cuyo cromosoma Y es sólo material del brazo largo, pero cuyas gonadas contenían tejido testicular (Ferguson-Smith *et al.*, 1969). También se conoce un paciente con un isocromosoma de Yp, es decir, sin información genética de Yq, y sin diferenciación testicular (Siebers *et al.*, 1973).

La asociación del brazo corto del cromosoma Y con determinación testicular no es invariable; podría uno argüir que la resolución analítica de los cromosomas no es lo suficientemente alta y que las contradicciones aparentes no son contradicciones sino problemas de tecnología que podrían resolverse en el futuro.

### C. Determinación Genética del Antígeno H-Y

Uno podría esperar a priori que el descubrimiento del antígeno H-Y y el desarrollo de ensayos serológicos para medirlo llevaría a la solución de las discrepancias mencionadas.

Con la identificación del producto del gene que determina testículo, el problema se reduce al problema simple de mapear un sólo gene. Sin embargo se presentan ciertas dificultades; mientras el ensayo serológico tiene más resolución que el ensayo histológico, es también menos directo; para que el antígeno H-Y efectúe su función tiene que interactuar con las células blanco. Los esfuerzos para mapear el locus H-Y se basan en la aplicación del ensayo serológico a pacientes con anomalías cariotípicas similares a las descritas antes.

#### 1. Cariotipo XYY

Pacientes con cariotipo XYY expresan más antígeno H-Y aue individuos XY (Wachtel *et al.*, 1975). Esta sola observación lleva a conjeturar que los genes estructurales del antígeno H-Y están en el cromosoma Y, pues esta es la explicación más simple de la dosis elevada de antígeno H-Y. Modelos alternativos (ligamento a X, ligamento a autosomas) sobre el modo de herencia del antígeno H-Y tienen que explicar esta observación y estos modelos pue-

den aducir tres argumentos: (a) el ensayo serológico del antígeno H-Y está sujeto a muchas variables y es difícil de cuantificar, (b) lo que se reconoce serológicamente como antígeno H-Y es en realidad un conjunto de especificaciones antigénicas discretas, cada una controlada por un gene estructural y activada por un regulador específico y (c) Polisomía en Y causa por razones desconocidas (e.g. amplificación, recombinación), polisomía en las partes de cromosomas autosómicos o de X que contienen los genes estructurales del antígeno H-Y.

## 2. Evidencia de Yp y de Yq

Ensayos del antígeno H-Y en personas con anomalías del cromosoma Y, en los cuales se correlaciona expresión o no expresión del antígeno H-Y con presencia o ausencia de porciones particulares del cromosoma Y, permitieron la identificación tentativa de dos loci H-Y; uno en Yp (en 16 pacientes) y uno en Yq (en un paciente). Ambos loci se mapearon cerca del centrómero (Koo *et al.*, 1977). La dificultad reside en que la presencia de material genético originado en Yq no puede descartarse definitivamente. Si existe un locus en Yq, este locus no ocurre en todos los individuos. El locus H-Y en Yq ha sido explicado proponiendo que el cromosoma Y sufre inversiones pericéntricas, pero no existen observaciones ineludibles que apoyen esta posibilidad mecanística.

Estudios con el antígeno H-Y de la misma manera que los estudios testiculares, correlacionan ambos brazos del cromosoma Y con determinación testicular y no han generado información incontrovertible acerca de la localización subcromosómica de esta información genética.

## 3. Hembras XY

Los problemas que hemos mencionado hasta ahora son amplificados por informes de hembras XY con cromosomas Y aparentemente normales pero con expresión variable del antígeno H-Y. En una serie, tres personas fueron antígeno H-Y negativas y nueve fueron antígeno H-Y positivas (Wolf, 1979), en otra serie cinco personas fueron antígeno H-Y positivas (Wachtel *et al.*, 1980); en otra serie cuatro personas fueron antígeno H-Y negativas y siete fueron antígeno H-Y positivas (Dorus, Amaro-se y Koo, 1977).

La paradoja biológica se resuelve asumiendo ausencia funcional del antígeno H-Y. El concepto de ausencia funcional se deriva de la evidencia de que la diferenciación testicular y en manera general la organogénesis, requiere la diseminación de una señal inductiva. Si tal señal (e. g., el antígeno H-Y) es un evento indispensable, la inability de recibir y procesar la señal (e. g., ausencia de receptores para el antígeno H-Y) es absolutamente equivalente a la ausencia de la señal. Los casos de hembras XY antígeno H-Y negativas se pueden entonces explicar

tentativamente como debidas a mutaciones estructurales o reguladoras del antígeno H-Y y los casos de hembras XY antígeno H-Y positivas (además estas observaciones representan evidencia de que los genes estructurales del antígeno H-Y están en el cromosoma Y), se pueden explicar postulando un defecto en el receptor del antígeno H-Y como resultado del cual las células blanco (de la gonada primitiva) son incapaces de responder al antígeno H-Y, tal que el desarrollo sexual es femenino y los ovarios son disgenéticos debido a la ausencia del segundo cromosoma X de los oocitos.

La presencia de estructuras tubulares en las gonadas de un paciente con disgenesia gonadal XY, lo cual indica diferenciación masculina incipiente (Wolman *et al.*, 1980), sugiere alternativamente un error en otro paso de la secuencia morfogenética normal.

Otros casos de ausencia de antígeno H-Y en presencia de un cromosoma Y normal se pueden explicar postulando regulación anormal del gene H-Y, por una mutación en el locus H-Y, por una mutación que cambia la estructura de la membrana tal que el antígeno H-Y no puede anclarse apropiadamente o por un gene ligado a X que suprime la expresión del gene H-Y. Esta última explicación encuentra cierto favor en la identificación de hembras XY con un cromosoma X con duplicación de una porción del brazo Xp (Bernstein, Koo y Wachtel, 1980). El problema principal de estos postulados es que genes supresores son hipoéticos.

Una posibilidad importante es que el antígeno H-Y no sea el producto del gene que determina testículo, en cuyo caso los ejemplos paradójicos y contradictorios recibirían explicaciones simples y directas. Alternativamente, la reversión sexual XY podría resultar de la pérdida física de copias del gene H-Y del cromosoma Y (e.g., deleción, translocación, etc.). En este caso, la pérdida no tendría que ser detectable citogenéticamente y podría variar desde unas pocas copias (niveles intermedios del antígeno H-Y) hasta pérdida de todas las copias (antígeno H-Y negativo). Este mecanismo asume, prácticamente sin evidencia, que para que ocurra organización del testículo se requiere un nivel umbral del antígeno H-Y (Wachtel y Ohno, 1979).

## 4. Casos de herencia anormal de los genes H-Y (hembras XO machos XX, hermafroditismo verdadero XX).

Las observaciones discrepantes discutidas antes ilustran las dificultades que se han presentado para mapear el gene que determina el testículo. Los casos contradictorios de hembras XY se discuten como casos de regulación anormal de la síntesis del antígeno H-Y en referencia a los dos modelos alternativos de herencia de los genes H-Y.

Los casos que se discutirán a continuación a saber, hembras XO, antígeno H-Y positivas, machos

**XX y hermafroditas verdaderos XX**, se discutirán como casos de herencia anormal de los genes estructurales del antígeno H-Y de acuerdo con el modelo original; como casos de herencia anormal de los genes reguladores del H-Y de acuerdo con el modelo alternativo.

Individuos humanos XO, son antígeno H-Y positivos (Wolf *et al.*, 1980b); más precisamente, la presencia de antígeno H-Y detectable serológicamente está asociada con la pérdida del segmento Xp223 (Wolf *et al.*, 1980a). La presencia del antígeno H-Y en hembras XO ha sido confirmada en ratones (Engel, Klemme y Ebrecht, 1981).

Puesto que citogenéticamente no se puede detectar la presencia de material originado en el cromosoma Y, como se esperaría en el modelo original, se deben ofrecer explicaciones alternativas; la explicación más simple sería que el cromosoma X (segmento Xp223) contiene un gene represor del gene estructural H-Y portado por un autosoma; en caso de monosomía de este represor (casos XO y XY) el gene autosómico no es inactivado por el represor, es activo y el individuo es H-Y positivo.

El cromosoma Y contribuye con un represor del represor en X tal que individuos XY son antígeno H-Y positivos (Wolf *et al.*, 1980a; 1980b). Este represor del represor es innecesario pues individuos XY son monosómicos en X.

Este modelo explica la presencia de antígeno H-Y en individuos XO pero no explica la presencia del antígeno H-Y en individuos XXY, XXXY, etc; además no explica los datos cuantitativos del antígeno H-Y en individuos polisómicos para Y. Además, de no explicar esos eventos, este modelo introduce eventos regulatorios de los cuales no hay evidencia ni experimental ni fenomenológica y además asume que el represor en X no es inactivado junto con el resto del cromosoma.

Tenemos que recordar sin embargo que el modelo original requiere translocación (de Y a otro cromosoma) de los genes estructurales del antígeno H-Y para explicar la presencia de antígeno H-Y en individuos XO, aunque no existe evidencia citogenética de tales translocaciones tal mecanismo no se puede rechazar por el momento.

El modelo original de la herencia del antígeno H-Y explicaría la presencia de hombres XX como debidos a una translocación de un número crítico mínimo de genes H-Y de Y a X o a autosoma o a adquisición por medio de eventos mutacionales de la función H-Y. Si por otra parte se asume que los genes ligados a Y (modelo alternativo) son genes reguladores, entonces los hombres XX pueden ser debidos a mutaciones constitutivas de genes estructurales preexistentes ligados a X o a un autosoma, es decir, mutaciones que "encienden" genes estructurales en ausencia de las señales reguladoras norma-

les de Y, en este caso es concebible que la expresión reducida de H-Y podría representar síntesis constitutiva subnormal del antígeno H-Y.

En las cabras (*Capra hircus*) existe un gene autosómico dominante P que causa ausencia de cuernos. Cabras heterocigóticas (P/+) nacen sin cuernos pero son sexualmente normales. Cabras homocigóticas XX(P/P) desarrollan testículos u ovo-testículos con fenotipos sexuales que varían desde hembras hermafroditas hasta machos casi normales (Basrur y Kanagawa, 1969; Hammerton, Dickson y Pollard, 1969; Soller, Padeh y Wysoki, 1969). Antígeno H-Y fue detectado en cabras intersexuales XX(P/P), pero no en cabras XX(P/+) (Wachtel, Basrur y Koo, 1978). Parece claro que ocurre una acumulación de factores heredados de ambos padres, en asociación con los genes P, que puede inducir varios grados de desarrollo testicular. De esto se colige que las cabras hembras pueden portar genes que funcionan en desarrollo testicular sin afectarles la fertilidad.

Recientemente se ha descrito un pedigree humano de una familia con tres machos XX con un antepasado común nacido en Finlandia en 1664. Los tres casos se explican en una base genética común, debida a genes autosómicos recesivos (De la Chapelle, 1972; De la Chapelle, Koo y Wachtel, 1978). La diferenciación testicular en estos tres hombres XX es análoga a la diferenciación testicular en cabras XX (P/P).

Los machos XX mejor conocidos son los ratones XXS $\sigma$ r (Cattanach *et al.*, 1971) en los cuales la reversión sexual se debe a una mutación autosómica dominante (S $\sigma$ r), sin evidencia de material originado del cromosoma Y en las células de machos XXS $\sigma$ r.

Tenemos entonces dos tipos generales de reversión sexual, es decir dos tipos generales de machos XX, a saber: cabros y hombres (incluyendo en ambos casos los hermafroditas verdaderos) en los cuales la reversión sexual ocurre por medio de un mecanismo genético recesivo, y los ratones en los cuales la reversión sexual ocurre por medio de un mecanismo genético autosómico dominante.

El modelo original explica los dos tipos de machos XX, proponiendo que los genes estructurales del antígeno H-Y están en el cromosoma Y en copias múltiples y que un número umbral de copias se necesitan para inducir testículo, tal que en los hombres y cabros XX ha ocurrido una translocación, no detectable citogenéticamente, de un número subumbral de copias, resultando en un modo recesivo de herencia, mientras en el ratón ha ocurrido una translocación de un número supraumbral de copias del gene H-Y, resultando en un modo dominante de herencia (Ohno, 1979). Los modelos alternativos de herencia de H-Y tienen dificultades en explicar los dos tipos fundamentales de reversión sexual XX.

## 5. Resumen

No se ha podido establecer con convicción el modo de herencia del antígeno H-Y. La mayor parte de la evidencia tiende a sugerir que el brazo corto de Y contiene los genes importantes, pero no se puede ignorar la evidencia que sugiere que el brazo largo de Y, autosomas, y aún X participan en estos eventos.

Tendremos que esperar a que la biología molecular de los cromosomas humanos mejore considerablemente para que estos eventos se puedan estudiar a nivel de la secuencia del ADN.

## VII. CONCLUSIONES

1. Evidencia sólida nos lleva a pensar que el antígeno H-Y es la molécula que dirige la organogénesis de testículos. La evidencia es en su mayor parte circunstancial pero tomada en conjunto es muy persuasiva. La evidencia en contra de esta noción quizá podrá ser explicada en el futuro próximo.

2. La evidencia de que en cromosoma Y contiene los genes del antígeno H-Y es menos convincente

La posibilidad de que estos genes estén en otro cromosoma es real pero entonces se introducen pasos regulatorios que no resisten la cuchilla de Oham. No existe evidencia de regulación del antígeno H-Y ni siquiera durante el desarrollo. Uno puede arguir en bases teleológicas que una función tan importante para la especie como es el mantenimiento del dimorfismo sexual debería estar en la jerarquía más alta de regulación: la constitutividad de la función. Este tipo de regulación solo es posible si los genes estructurales del antígeno H-Y están en Y.

3. No es definitivo cual (es) parte (s) de Y (o de otros cromosomas) funcionan en la determinación sexual primaria. Gran parte de la evidencia indica que es la región pericéntrica del brazo corto de Y. Estas incógnitas solo podrán ser despejadas cuando podamos leer e interpretar las secuencias nucleotídicas de todos los tipos de genes que participan en la ontogenia de la organogénesis sexual.

### Agradecimientos:

Mis sinceras y sentidas gracias a mis colegas Dr. Hugo F Hoenigsberg y Dr. E. Yunis por sus contribuciones críticas y a E. Mojica y B. Junco por haber pasado a máquina estemanscrito muchas veces.

## BIBLIOGRAFIA

- BASRUR, P. K., y H. Kanagawa. (1969). Anatomic and Cytogenetic Studies on 19 Hornless Goats with Sexual Disorders, *Ann. Genet. Select. Anim.* 1: 349.
- BERNSTEIN, R., G. C. Koo y S. S. Wachtel. (1980). Abnormality of the X Chromosome in Human 46,XY Female Siblings with Dysgenetic Ovaries. *Science* 207: 768.
- BOOK, J. A., B. E. Eilon, I. Halbrecht I. L. Komlos y F. Shabtay (1973). Isochromosome Y (46, X, i (Yq) ) and Female Phenotype. *Clin. Genet.* 4: 410.
- BUHLER, E. M. (1980). A Synopsis of the Human Y- Chromosome. *Hum. Genet.* 55: 145.
- BUHLER E. M., H. Muller y G. R. Stalder. (1971). A Strongly Fluorescing Abnormal Chromosome in a Malformed Child. *Humangenetik* 12: 64.
- CATTANACH. B. M., C. E. Pollard, y S. G. Hawkes. (1971). Sex-Reversed Mice. XX and XO Males. *Cytogenetics* 10: 318.
- DAVIS, R. M. (1981). Localization of Male Determining Factors in Man: A Thorough Review of Structural Anomalies of the Y Chromosome. *J. Med. Genet.* 18: 161.
- DE LA CHAPELLE, A. (1972). Analytical Review: Nature and Origin of Males with XX Sex Chromosomes. *Am. J. Hum. Genet.* 24: 71.
- DE LA CHAPELLE, A., G. C. Koo y S. S. Wachtel. (1978). Recessive Sex Determining Genes in Human XX Male Syndrome. *Cell* 15: 837.
- DORUS, G., A. P. Amarose, G. C. Koo y S. S. Wachtel. (1977). Clinical Pathologic and Genetic Findings in a Case of 46,XY Pure Gonadal Dysgenesis (Swyer's Syndrome). II. Presence of H-Y Antigen. *Am. J. Obstet. Gynecol.* 127: 829.
- EICHWALD, E. J. y C. R. Silmsler. (1955). Communication (sin título) *Transpl. Bull.* 2: 148.
- ENGEL, W., B. Klemme y A. Ebrecht. (1981). Serological evidence for H-Y Antigen in XO- Female Mice. *Hum. Genet.* 57: 68.
- EVANS, H. J. Buckton, G. Spowart y A. D. Carothers. (1979). Heteromorphic X Chromosomes in 46, XX Males: Evidence for the Involvement of X-Y Interchange. *Hum. Genet.* 49: 11.
- EVANS, E. P., C. E. Ford y M. F. Lyon. (1977). Direct Evidence of the Capacity of the XY Germ Cell in the Mouse to Become an Oocyte. *Nature.* 267: 430.
- FELLOUS, M., E. Gunther, R. Kemler, J. Wiels, R. Berger, J. L. Guenet, H. Jakob y F. Jacob. (1978). Association of the H-Y Male Antigen with Beta- 2 - Microglobulin on Human Lymphoid and Differentiated Mouse Teratocarcinoma Cell Lines. *J. Exp. Med.* 148: 58.
- FERGUSON - SMITH, M. A., E. Boyd, M. E. Ferguson - Smith, J. G. Pritchard, A. F. M. Yusuf y B. Gray (1969). Isochromosome for Long Arm of Y Chromosome in Patient with Turner's Syndrome and Sex Chromosome Mosaicism (45, X/46, XY qi). *J. Med. Genet* 6: 422.
- FORD, C. E., E. P. Evans y M. D. Burtenshaw, (1975). A Functional Sex - Reversed Oocyte in the Mouse. *Proc. Roy Soc. Lond.* 190: 187.
- FORD L. E., K. W. Jones, P. E. Polani, J. C. de Almeida y J. H. Bridges (1959). A Sex Chromosome Anomaly in a Case of Gonadal Dysgenesis (Turner's Syndrome). *Lancet* i: 711.
- FREDGA, K., A. Gropp. H. Winking y F. Frank (1976). Fertile XX and XY- Type Females in the Wood Lemming *Myopus schisticolor* *Nature* 261: 225.

- GOLDBERG, E. H., E. A. Boyse, D. Bennett, M. Scheid and E. A. Carswell, (1971). Serological Demonstration of H-Y Antigen on Mouse Sperm. *Nature* 232: 478.
- GROPP, A., H. Winking and F. Frank. (1976). Sex - Chromosome Aberrations in Wood Lemmings. *Cytogenet. Cell Genet.* 17: 343.
- HAMERTON, J. L., J. M. Dickson y C. E., Pollard. (1969). Genetic Intersexuality in Goats. *J. Reprod. Fertil (Suppl 7):* 25.
- JACOBS, P. A., y A. Ross (1966). Structural Abnormalities of the Y Chromosome in Man. *Nature* 210: 352.
- JACOBS, P. A. y J. A. Strong. (1959). A Case of Human Intersexuality Having a Possible XXY Sex - Determining Mechanism. *Nature* 183: 302.
- JIRASEK, J. E. (1977a). Morphogenesis of the Genital System of the Human. En: "Morphogenesis and Malformation of the Genital System". Birth Defects: Original Article Series, Blandau, R. J. y D. Bergsma (Eds.) vol 13: 13 - 39. The National Foundation, White Plains.
- JIRASEK, J. E. (1977b). Principles of Reproductive Embryology. En: "Disorders of Sexual Differentiation". Simpson, J. E. (Ed.) pp 51 -110. Academic Press, New York.
- JOSSO, N., J. y Picard y D. Tran. (1977). The Antimullerian Hormone. En: "Morphogenesis and Malformation of the Genital System". Birth Defects Original Article Series, Blandau, R. J. y D. Bergsma (Eds.) vol 13: 59 - 74. The National Foundation, White Plains.
- JOST, A. (1972). Hormonal Factors in the Sex Differentiation of the Mammalian Foetus. *Johns Hopkins Med. J.* 130: 38.
- KOO, G. G., C. W. Stackpole, E. A. Boyse, U. Hammerling y M. Lardis. (1973). Topographical Location of the H-Y Antigen on Mouse Spermatoza by Immunoelectronmicroscopy. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 70: 1502.
- KOO, G. C., S. S. Wachtel, K. Krupen-Brown, L. R. Mittl, W. R. Breg, M. M. Genel, I. M. Rosenthal, D. E. Borgeonkar, D. A. Miller, R. Trantravahi, R. Schrick, B. F. Erlanger, y O. J. Miller. (1977). Mapping the Locus of the H-Y Gene on the Human Y Chromosome. *Science* 198: 940.
- KOO, G. G., S. S. Wachtel, P. S. Saenger, M. I. New, H. Dosik, A. P. Amarose, H. Dorus, y V. Ventruoto. (1977b). H - Y Antigen. Expression in Human Subjects with the Testicular Feminization Syndrome. *Science* 196: 655.
- KOO, G. G., T. Nobuhiko, R. Chaganti y U. Hammerling. (1981). Application of Monoclonal Anti H - Y Antibody for Human H-Y Typing. *Hum. Genet.* 57: 64.
- KRKO, C. J. y E. H. Goldberg. (1976). Detection of H - Y (male) Antigen on 8 - Cell Mouse Embryos. *Science* 193: 1134.
- LONGBERG, N. C., J. Eriendsson, J. Nielsen, P. Saldaña-García y J. Phillip. (1977). Isochromosome Yp in a Woman with Atypical Turner's Syndrome. *Hum. Genet.* 38: 49.
- LYON, M.F. (1961). Gene Action in the Mammalian X Chromosome of the Mouse (*Mus musculus* L.) *Nature* 190: 372.
- MADAN, K. (1976). Chromosome Measurements on an XX<sup>Y</sup> male. *Hum. Genet.* 32: 141.
- MC CLUNG, C. E. (1902). The Accessory Chromosome-Sex Determinant? *Biol. Bull.* 3: 42.
- MACLAREN, A. (1976) Mammalian Chimeras. Cambridge University Press. New York.
- MEISNER L. F. y S. L. Inhorn, (1972). Normal Male Development with Y Chromosome Long Arm Deletion (Yq). *J. Med. Genet.* 9: 373.
- MONESI, V. (1965). Differential Rates of Ribonucleic Acid Synthesis in the Autosomes and Sex Chromosomes in the Mouse. *Chromosome* 17: 11.
- MOSCONA, A. A. (1957). The Development *in vitro* of Chimeric Aggregates of Dissociated Embryonic Chick and Mouse Cells. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 43: 184.
- MOSCONA, A.A. (1974) Surface Specification of Embryonic Cells, Lectin Receptors, Cell Recognition, and Specific Cell Ligands, En: "The Cell Surface in Development". A.A. Moscona (Ed.) pp. 67-99 J. Wiley and Sons, New York.
- MULLER, U.I. Aschmoneit, M. T. Zenzes, y U. Wolf. (1978). Binding Studies of H-Y Antigen in Rat Tissues. Indications for a Gonad-Specific Receptor. *Hum Genet.* 43: 151.
- NAGAI, Y., S. Ciccarese y S. Ohno. (1979). The Identification of Human H-Y Antigen and Testicular Transformation Induced by its Interaction with the Receptor Site of Bovine Fetal Ovarian Cells. *Differentiation* 13: 155.
- NAGAI, Y., H. Iwata, D.D. Stapleton., R. C. Smith, S. Ohno. (1980). Testis Organizing H-Y Antigen of Man May Lose its Receptor Binding Activity While Retaining Antigenic Determinants In: "Testicular Development, Structure, and Function". Steinberger, A. y E. Steinberger (Eds.) pp 41-47. Raven Press, New York.
- NAGAI, Y., y S. Ohno. (1977). Testis-Determining H-Y Antigen in XO Males of the Mole-Vole (*Ellobius lutescens*). *Cell* 10: 729.
- NEW, M. I. (1970). Male Pseudohermaphroditism Due to 17  $\alpha$  -Hydroxylase Deficiency. *J. Clin. Invest.* 49: 1930.
- OHNO, S. (1977). The Original Function of MHC Antigens as the General Plasma Membrane Anchorage Site of Organogenesis-Directing Proteins. *Immunol. Rev.* 33: 59.
- OHNO, S. (1979). Mayor Sex-Determining Genes. Springer-Verlag, Berlin.
- OHNO, S., Y NAGAI, S. Ciccarese. (1978). Testicular Cells Lysostriped of H-Y Antigen Organize Ovarian Follicle-like Aggregates. *Cytogenet Cell, Genet.* 20: 351.
- ROSENFELD, R. G. L. Luzzati y R. L. Hintz, (1979). Sexual and Somatic Determinant of the Human Y Chromosome. Studies in a 46, XYP Phenotypic Female. *Am. J. Hum. Genet.* 31: 458.
- RUSSELL, W. L. L. B. Russell and J. S. Gower. (1959). Exceptional Inheritance of a Sex-Linked in the Mouse Explained on the Basis that the X/O Sex-Chromosome Constitution is Female. *Proc. Nat. Acad. Sci.* 45: 554.
- SAENGER, P., L. S. Levine y S.S. Wachtel. (1976). Presence of H-Y Antigen and Testis in 46, XX True Hermaphroditism: Evidence For Y-Chromosomal Function. *J. Clin. Endocrinol. Metab.* 43: 1234.
- SCHEID, M., E. A. Boyse, E. A. Carswell y L. J. Old, (1972). Serologically Demonstrable Alloantigens of Mouse Epidermal Cell. *J. Exp. Med.* 135: 938.
- SELDEN, J. R. y S. S. Wachtel. (1977). H-Y Antigen in the Dog. *Transplantation*, 24: 298.
- SHAPIRO, M., y R. P. Erickson. (1981). Evidence That the Serological Determinant of H-Y Antigen is Carbohydrate. *Nature* 290: 503.
- SHORT, R. V. (1970). The Bovine Freemartin: A New Look at an Old Problem. *Philos. Trans R. Soc. B.* 259: 141.
- SHORT, R. V. (1978). Sex Determination and Differentiation of the Mammalian Gonad. *Int. J. Androl. (Suppl 2):* 21.
- SIEBERS, J. W. Vogel, H. Hepp, H. Bolze, A. Ditrich. (1973). Structural Aberrations of the Y Chromosome and the Corresponding Phenotype. Report of a Case with Karyotype 45,X/46,X<sub>1</sub>(Yp). *Humangenetik* 19: 57.
- SILVERS, W. K., y R. E. Billingham. (1967). Genetic Background and Expressivity of Histocompatibility Genes. *Science.* 158: 118.
- SILVERS, W. K., y S. L. Yang. (1973). Male-Specific Antigen: Homology in Mice and Rats. *Science* 181: 570.

- SIMPSON, J. L. (1976). Disorders of Sexual Differentiation. Etiology and Clinical Delineation. Academic Press. New York.
- SOLLER, M., B. Padeh. M. Wysoky, (1969). Cytogenetics of the Saanen Goats Showing Abnormal Development of the Reproductive Tract Associated with the Dominant Gene for Polledness. Cytogenetics 8: 51.
- SUMMIT, R. L. (1979). Genetic Forms of Hypogonadism in the Male. Prog. Med. Genet. 3: 1.
- VAN NIEKERK, W. A. (1974). True Hermaphroditism: Clinical, Morphologic and Cytogenetic Aspects. Harper and Row, Hagerstown.
- WACHTEL, S. S. (1979). The Genetics of Intersexuality: Clinical and Theoretic Perspectives. J. Am. Coll. Obst. Gynecol. 54: 671.
- WACHTEL, S. S., P. Basur y G. C. Koo. (1978). Recessive Male Determining Genes. Cell 15: 279.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, W. R. Breg, S. Elias, E. A. Boyse, y O. J. Miller. (1975a). Expression of H-Y Antigen in Human Males with Two Y Chromosomes, New. Eng. J. Med. 293: 1070.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, W. R. Breg, T. H. Thaler, G. M. Dillard, I. M. Rosenthal, H. Dosik, (1976b). Serological Detection of a Y-Liked Gene in XX Males and XX True Hermaphrodites. New. Eng. J. Med. 295: 750.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, y E. A. Boyse. (1975b). Evolutionary Conservation of H-Y ("Male") Antigen. Nature 254: 270.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, E. E. Zuckerman, U. Hammerling, M. P. Scheid, y E. A. Boyse, (1974). Serological Cross-Reactivity Between H-Y (Male) Antigens of Mouse and Man. Proc. Nat. Acad. Sci. 71: 1215.
- WACHTEL, S. E. y S. Ohno. (1979). The Immunogenetics of Sex Development Prog. Med. Genet. 3: 109.
- WACHTEL, S. S. G. C. Koo, y S. Ohno. (1976). H-Y Antigen and the Origin of XY-Female Wood Lemmings (*Myopus schisticolor*). Nature 264: 638.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, A. de la Chapelle, H. Kallio, J. M. Heyman y O. J. Miller. (1980a). H-Y Antigen in 46, XY Gonadal Dysgenesis, Hum. Genet. 54: 25.
- WACHTEL, S. S., G. C. Koo, W. R. Breg y M. Genel. (1980b). H-Y Antigen in X<sub>i</sub>(Xq) Gonadal Dysgenesis: Evidence of X-Linked genes in Testicular Differentiation, Hum. Genet. 56: 183.
- WACHTEL, S. S., J. L. Hall, U. Muller y R. S. K. Chaganti. (1980c). Serum Borne H-Y Antigen in the Fetal Bovine Freemartin Cell 21: 917.
- WELSHONS, W. J., L. B. Russell. (1959). The Y-Chromosome as the Bearer of Male-Determining Factors in the Mouse. Proc. Nat. Acad. Sci. 45: 560.
- WILSON, J. D. F. W. George, y J. E. Griffin. (1981). The Hormonal Control of Sexual Development. Science 211: 1278.
- WILSON, J. D., P. C. McDonald. (1978). Male Pseudohermaphroditism Due to Androgen Resistance: Testicular Feminization and Related Syndromes, En: "The Metabolic Basis of Inherited Disease". Fourth Edition. Stanbury J. B., J. B. Wyngaarden y D. S. Frederickson (Eds.) Mac Graw-Hill, New York.
- WINTERS, S. J., S. S. Wachtel, B. J. White. (1979). H-Y Antigen Mosaicism in the Gonad of a 46,XX True Hermaphrodite, N. Eng. J. Med. 300: 745.
- WOLF, U. (1979). XY Gonadal Dysgenesis an the H-Y Antigen, Hum. Genet. 47: 269.
- WOLF, U., M. Fraccaro, A. Mayerova, T. Hecht, P. Maraschio, H. Hameister, (1980a). A Gene Controlling H-Y Antigen on the X Chromosome, Tentative Assignment by Deletion Mapping to Xp223, Hum. genet. 54: 149.
- WOLF, U., M. Fraccaro, A. Mayerova, T. Hect. O. Zuffardi, H. Hameister. (1980b). Turner Syndrome Patients Are H-Y Positive. Hum. Genet. 54: 315.
- WOLMAN, S.R., L.E. McMorrow, S. Roy G. C. Koo, S.S. Wachtel, R. David, (1980). Aberrant Testicular Differentiation in 46, XY Gonadal Dysgenesis: Morphology, Endocrinology, Serology. Hum. Genet. 55: 321.
- YUNIS, E., F. L. Garcia-Conti, O.M.T. de Caballero, A. Girardo, (1977b). Yq Deletion, Aspermia and Short Stature. Hum. Genet. 39: 117.
- YUNIS, E., R. Silva, E. Ramirez, M. A. Nossa (1977a) X XYq-Mosaicism and Mixed Gonadal Dysgenesis, J. Med. Genet. 14: 262.
- ZENZEZ, M. T., U. Wolf, E. Gunther, W. Engel. (1978). Studies on the Function of H-Y Antigen: Dissociated and Reorganization Experiments on Rat Gonadal Tissue, Cytogenet. Cell Genet. 20: 365.

# EL ORIGEN DE LA INERCIA

## Una nota sobre la hipótesis de Mach, a la luz de la astrofísica contemporánea

Por JOSE FERNANDO ISAZA DELGADO

*... Pero la gravedad cero, que hace que las paredes, el piso y el techo sean intercambiables, modifica todas las reglas de la vida...*

(Arthur C. Clark - 2010 Odisea 2)

### INTRODUCCION

Hace pocos meses la NASA hizo público su proyecto de construir, en la década del 90, una plataforma en el espacio, la cual orbitaría alrededor de la Tierra. Con el fin de hacer más confortables las actividades de la tripulación, se creará en la plataforma una gravedad artificial, imprimiéndole un movimiento de rotación adicional al de traslación de su órbita.

A primera vista, la solución de crear un campo gravitatorio por el efecto de una aceleración por rotación, parece obvia. En efecto, todos hemos experimentado en una u otra forma la "fuerza centrífuga" cuando viajamos en una carretera con curvas o cuando en algunas diversiones mecánicas se "anula" durante algunos instantes la aceleración gravitatoria mediante la aceleración centrífuga.

Sin embargo, esta interpretación de "sentido común" no encuentra apoyo en un análisis más profundo. En efecto, si una plataforma sigue una trayectoria orbital, desde el punto de vista del "principio de equivalencia" la plataforma está en caída libre, anulándose en esta forma el efecto del campo gravitatorio de la Tierra.

Los objetos en la plataforma tienen una inercia nula. En rigor, existe una pequeñísima gravedad diferencial creada por el hecho de la dimensión finita de la plataforma, que hace que la parte más cercana a la Tierra tenga mayor gravedad que la más alejada, pero este efecto es infinitesimal.

Un objeto en órbita constituye pues, un sistema inercial de referencia, en el cual se ha anulado el tensor de gravedad.

En estas circunstancias, se comprende el porqué de la expresión "la plataforma tiene un movimiento de rotación", no permite deducir que se genere un campo gravitacional, pues surge la pregunta: ¿rotación con respecto a qué? No con relación a la Tierra pues el campo gravitacional está "anulado", ni tampoco con respecto al eje de la plataforma, pues ésta no tiene una masa lo suficientemente grande para crear un campo gravitatorio perceptible. Un newtoniano moderno respondería: la plataforma rota con respecto al espacio absoluto y esa aceleración (absoluta) crea un campo de fuerzas. En efecto, para Newton el concepto de rotación es absoluto.

Sin embargo, la noción de espacio absoluto ha sido necesario abandonarla, no sólo por ser una noción vacía sino que crea una serie de paradojas en el campo de la mecánica y del electromagnetismo.

Podría aceptarse la hipótesis de Mach sobre la creación de la inercia por el efecto de las estrellas distantes y afirmar que la nave tiene un movimiento rotacional relativo a las estrellas distantes (fijas en la astronomía clásica) o con respecto a la masa total del universo.

En efecto, la plataforma al rotar tiene una aceleración con respecto a campos gravitatorios (muy débiles) creados por la masa total del universo pero no anulados por la "caída libre" hacia la Tierra. Si la inercia generada por la "masa del universo" es del orden de magnitud de la inercia creada en la Tierra sobre un cuerpo en reposo, se tiene que un movimiento rotatorio en un cuerpo en caída libre, puede generar una aceleración gravitatoria.

El ejemplo más accesible de la "eliminación"

del campo gravitacional por efecto del movimiento orbital (caída libre) lo constituye la traslación de la Tierra alrededor del Sol, no obstante la gran intensidad del campo gravitacional del Sol; éste es casi imperceptible, pues la Tierra (y nosotros) estamos en caída libre hacia él. El pequeño efecto gravitatorio residual se debe a que la Tierra no es un objeto puntual; ésta es la explicación de las mareas solares<sup>1</sup>. En estas condiciones, aunque no es posible sentir el campo de gravedad solar, la existencia de las marcas permitirá medir su inhomogeneidad y de ahí deducir su intensidad. En el caso hipotético de que no se pudiera determinar la distancia y la masa del Sol, la inhomogeneidad del campo permite determinar la intensidad total gravitatoria.

La aceleración centrífuga que se experimenta en la Tierra es generada por la masa del planeta y la forma ovalada se explica por la rotación con respecto a las estrellas fijas.

Las notas que siguen, tienen por objeto presentar a la luz de la astrofísica actual, la hipótesis de Mach sobre la creación de la inercia y el abandono del espacio absoluto<sup>2</sup>.

## EL ESPACIO ABSOLUTO DE NEWTON

Uno de los mayores aportes a las ciencias físicas, lo constituyó indudablemente la teoría de la gravitación formulada por Newton en el siglo XVII. No solamente permitía explicar el movimiento planetario mediante leyes matemáticas, sino que constituyó una de las más audaces teorías unificadoras al aplicar exitosamente las teorías de la mecánica terrestre a la mecánica celeste, encontrándose que el cosmos estaba regido por las mismas leyes que gobernaban la física terrestre. Aunque esto suena hoy apenas natural, no hay que olvidar que pocos siglos antes de Newton, la "ciencia oficial" consideraba que los cuerpos diferentes a nuestro planeta que formaban el cosmos, estaban regidos por leyes sobrenaturales y metafísicas, diferentes a las que explicaban la mecánica terrestre. No era de extrañar que las observaciones astronómicas europeas anteriores a Tycho de Brahe, no hubieran registrado ninguna explosión de super novae, como si lo hicieran los astrónomos chinos, quienes les daban el nombre de "estrellas visitantes". Por el contrario, la "ciencia" europea consideraba los cielos como absolutamente "perfectos" e inmutables y la aparición o desaparición de una estrella no sólo rompía esta concepción, sino que podía constituirse en un anuncio del fin del mundo.

La mecánica celeste de Newton, sirve aún para realizar la mayor parte de los cálculos astronómicos. La relatividad generalizada, aunque conceptualmente diferente de la mecánica newtoniana

desde el punto de vista cuantitativo, para la mayor parte de los objetos celestes clásicos sólo introduce correcciones pequeñas del orden de  $10^{-4}$  o menos. Para los objetos celestes "nuevos" como los Quasars o los agujeros negros, la mecánica newtoniana ya no es aplicable, como no lo es al considerar globalmente al universo.

Las primeras objeciones a la concepción cosmológica de Newton, surgen al analizar el universo como un todo, en el cual la homogeneidad e isotropía predominan sobre las "anomalías locales" como son los sistemas individuales de galaxias.

La mecánica celeste de Newton, tiene como una de sus hipótesis fundamentales, la existencia del "espacio absoluto" que forma un sistema de referencia real, con relación al cual pueden definirse las velocidades relativas y las aceleraciones absolutas. El mismo Newton comprendió las dificultades filosóficas y técnicas del concepto del espacio absoluto; por ejemplo, si el espacio es finito, colapsaría por la fuerza de gravedad, lo cual no ocurriría si fuera infinito, pues no tiene centro sobre el cual colapsar. Es interesante mencionar que de acuerdo con la concepción del espacio absoluto, una rotación de un universo finito con relación a dicho espacio, impediría el colapso; pero a su vez el espacio absoluto infinito crea paradojas como la conocida de Olber, según la cual en un universo infinito y homogéneo, cualquier porción del espacio es tan brillante como el sol y la noche tan clara como el día. Como la noche es oscura, hay que concluir que el universo o no es finito o no es homogéneo.

Otra objeción relevante a la teoría gravitacional de Newton consiste en presentar la inconsistencia que tienen las soluciones a la ecuación de Poisson, en un espacio homogéneo y estático. Como la ecuación de Poisson es deducida de la mecánica celeste newtoniana, se concluye la inconsistencia de ésta.

En efecto, la ecuación de Poisson  $\Delta^2 \phi = 4 \pi \rho G$  en donde

$\phi$  = potencial gravitatorio

$G$  = constante gravitatoria

$\rho$  = densidad media

$$\Delta^2 \phi = \text{Laplaciano de } \phi = \frac{\delta^2 \phi}{\delta x^2} + \frac{\delta^2 \phi}{\delta y^2} + \frac{\delta^2 \phi}{\delta z^2}$$

No admite solución global  $\phi = \text{constante}$  (por solución global se entiende aquí, aplicada al universo como un todo).

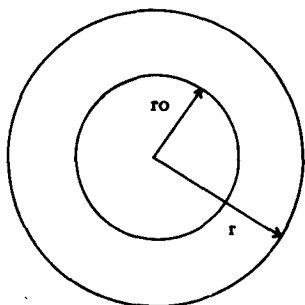
Si el universo es homogéneo y estático en gran escala (es decir si no colapsa), el potencial gravitatorio en dos puntos A y B, cualquiera debe ser igual; en caso contrario, la mesa se desplazaría hacia el punto de menor potencial. Esto implica que  $\phi = \text{constante}$  y por tanto  $\Delta^2 \phi = 0$  es decir  $4 \pi G \rho = 0$  con lo cual se tiene  $\rho = 0$  y es claro que la densidad media de un universo homogéneo no es cero. La solución local del potencial newtoniano  $\Delta^2 \phi = 0$ , admite como solución  $\phi = \frac{-k}{r}$ , que es compatible con la ley inversa de atracción gravitatoria.

1. Estas mareas son inferiores a las mareas lunares.

2. Las referencias a naves espaciales y objetos parecidos, sólo se hicieron en los párrafos anteriores.

Es bueno mencionar que la conclusión de que no existe un espacio homogéneo (con materia) con densidad media  $\rho = 0$ , no implica que no pueda concebirse un espacio (no homogéneo) con densidad  $\rho = 0$ , y con materia. Un ejemplo sencillo es el siguiente:

Consideremos un universo infinito en el cual la densidad varía inversamente proporcional a la distancia a un punto 0, si  $\rho_r = \rho_o/r$  para valores de  $r = r_o$  y es constante  $\rho = \rho_o$  si  $r < r_o$ , la masa de la esfera de radio R es por tanto:



$$\rho_r = \frac{\rho_o}{r^2}$$

$$M = \frac{4}{3} \pi \rho_o r_o^3 + \int_{r_o}^R 4 \pi \frac{r^2 \rho_o}{r} dr =$$

$$4 \pi \rho_o \left( r_o^3 + \frac{R^2}{2} - \frac{r_o^2}{2} \right)$$

Por lo tanto la densidad media es

$$\rho = \frac{M}{\frac{4}{3} \pi R^3} = 3 \rho_o \left( \frac{(r_o)^3}{R^3} + \frac{1}{2R} - \frac{(r_o)^2}{2R^3} \right)$$

Claramente  $\rho \rightarrow 0$  cuando  $R \rightarrow \infty$

En el campo de la relatividad generalizada, una solución a las ecuaciones de campo de Sitter, corresponde a un universo de densidad  $\rho = 0$ .

Para los filósofos de la ciencia, el concepto de "espacio absoluto" (E.A.) de Newton, tenía entre otras las siguientes objeciones:

- No existe una forma única de localizar el E.A. en la clase infinita de sistemas inerciales de referencia.
- Entra en conflicto con la concepción científica al concebir un objeto (E.A.) que tiene influencia sobre otros objetos pero éstos no actúan sobre él.

Los experimentos de Michelsen y Morley realizados a principios del siglo XX, comprobaron que el concepto de espacio absoluto no es compatible ni con las leyes de la mecánica ni con las del electromagnetismo; la nueva teoría gravitatoria formulada por Einstein en 1915, abandona el concepto de "espacio absoluto" y el de propagación instantánea del campo gravitacional.

El desarrollo realizado por Einstein de una teoría consistente (teórica y hasta ahora experimental) con la hipótesis que las leyes de la física son invariantes, cualquiera que sea el sistema de referencia (acelerado o no) en que se formulen, dejó sin

peso una de las principales propiedades deducidas del E.A.: que si la velocidad es relativa, la aceleración (con respecto al E.A.) es absoluta. En efecto, la teoría de la relatividad generalizada lleva a concluir la imposibilidad de definir si un objeto está en movimiento acelerado o en "reposo" en un campo gravitacional.

## EL PRINCIPIO DE MACH

En 1883, en su "Ciencia de la Mecánica", Mach plantea la necesidad de abandonar la teoría del "espacio absoluto", razonando que no tiene sentido hablar de la aceleración de una masa relativa al espacio absoluto; añadía que cualquier científico que quiera despojar la física de ideas metafísicas, debe referir la aceleración de una masa con relación a las estrellas distantes. De acuerdo con su pensamiento, son las masas en el espacio las que determinan las propiedades de éste y toda la materia del universo la que origina la inercia, es decir, la resistencia de un cuerpo a ser acelerado.

Los principales postulados de la mecánica de Mach son los siguientes:

- El espacio no es un "objeto"; es sólo una abstracción de la totalidad de las relaciones de distancia entre la materia.
- La inercia de una partícula se debe a una interacción de esa partícula con todas las otras masas del universo.
- Los sistemas de referencia no acelerados (galileanos en términos modernos), están determinados por un cierto promedio (no especificado) de los movimientos de todas las masas del universo.
- La única relación importante en mecánica es el movimiento relativo de todas las masas. En estas condiciones, se tienen los mismos resultados (hoy diríamos, las leyes de la física son covariantes) si se considera que la Tierra gira alrededor de su eje y las estrellas distantes son fijas, o está en reposo y son las estrellas distantes las que giran a su alrededor<sup>3</sup>.

Inicialmente las ideas de Mach tuvieron poca acogida en el mundo científico, pues no es fácil aceptar por ejemplo que una estrella a más de  $10^9$  años luz, tenga influencia sobre la inercia de una masa. No se aceptaba fácilmente que la estrella distante (o la masa del universo), pueda producir efectos tan palpables como la destrucción de un volante que gira a alta velocidad, la estabilidad del plano de oscilación del péndulo de Foucault, o la forma parabólica que adopta el agua en un recipiente que gira en un eje vertical. Evidentemente la ciencia clásica no tiene respuesta para explicar el efecto dinámico atribuido a las estrellas<sup>4</sup>.

3. No puede dejar de señalarse que el principio de Mach implica la equivalencia mecánica entre los sistemas de Ptolomeo y Copérnico.

4. D'Abro "The Evolution Scientific Thought from Newton to Einstein". Dover Publications, New York, 1950.

Algunos cálculos señalaban que para que la masa del universo tuviera efecto sobre la inercia de un cuerpo, la densidad promedio del universo debería ser trillones de veces la estimada.

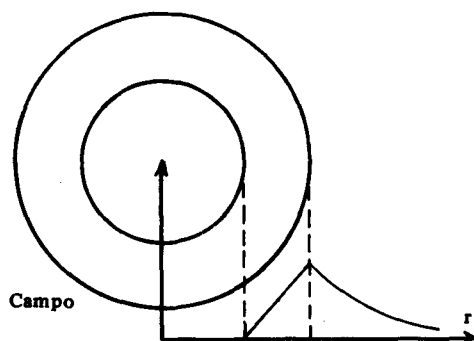
En efecto, de acuerdo con la mecánica newtoniana, la acción de las estrellas distantes es nula en un universo homogéneo, pues la fuerza gravitatoria

$$F = \frac{G M m}{r^2}$$

es independiente del estado de reposo o de aceleración de los cuerpos, sólo intervienen sus masas y sus distancias; por homogeneidad, el efecto de una galaxia se anula por otra simétrica radial con respecto a la masa considerada.

En el caso de un universo finito y homogéneo, la acción gravitatoria sobre un cuerpo de masa total del universo, es también nula.

Basta recordar que la intensidad del campo gravitacional de una "concha esférica" es cero al interior de ella y es  $\frac{G M}{r^2}$  al exterior<sup>5</sup>.



La distribución del campo explica el porqué, de acuerdo con la mecánica clásica, el efecto de la masa distante del universo debe ser casi nula y la pequeña influencia que podría tener, sería consecuencia de ligeras desviaciones de la isotropía. Sin embargo, como se verá más adelante, al considerar el efecto de la aceleración sobre la fuerza gravitatoria, se comprende que la masa distante sí contribuya a crear la inercia.

La acción de las aceleraciones relativas, permitiría dirimir una disputa entre los newtonianos y los machianos. Consiste en el siguiente experimento "pensado": Se considera un universo en el cual sólo existen dos cuerpos esféricos elásticos y uno de ellos está en rotación. ¿Cómo se sabe cuál está rotando?

De acuerdo con Newton, la esfera que gira con relación al espacio absoluto, presentará un achatamiento y la otra conservará la forma esférica. De acuerdo con Mach, las dos esferas determinan la estructura del espacio, y por lo tanto, cada esfera rota con relación a la otra y es imposible (o carece

de sentido), determinar cuál gira y cuál permanece estática; cada una es afectada por la acción de la otra y ambas se achatarán pues es totalmente simétrica la situación para ambas. Obsérvese que de acuerdo con Newton, la existencia de un sistema de referencia inercial, permite definir una rotación absoluta, por lo tanto no es simétrica la situación de las dos esferas.

## INFLUENCIA DE MACH SOBRE LA TEORÍA DE LA RELATIVIDAD

La concepción del espacio de Mach, tuvo una considerable influencia sobre Einstein, quien conoció los trabajos a través de un amigo común, Michele Besso; Einstein en las notas autobiográficas escribe: "... La ciencia de la mecánica de Mach hizo tambalear la fe dogmática en la mecánica como base última de todo pensamiento físico... Este libro ejerció una poderosa influencia sobre mí en relación con esto cuando yo era estudiante. Pienso que la grandeza de Mach radica en su escepticismo e independencia a toda prueba; en mis años jóvenes, sin embargo, la posición epistemológica de Mach también influyó mucho sobre mí..."<sup>6</sup>.

En una carta dirigida por Einstein a Mach en 1913, le escribe: "...Sus brillantes concepciones sobre los fundamentos de la mecánica pronto tendrán una brillante confirmación..."<sup>7</sup>. Necesariamente se deduce que la inercia se origina en la interacción entre los cuerpos en el sentido en que usted analiza el experimento del balde de Newton, los siguientes puntos adicionales se concluyen:

1. Si se acelera una concha esférica, entonces una masa colocada en su interior, experimenta una fuerza de aceleración.
2. Si se rota una concha esférica con relación a las estrellas fijas alrededor de un eje central, se produce una fuerza de Coriolis en el interior de la concha, esto explica por qué el plano de oscilación del péndulo de Foucault es arrastrado con una pequeñísima velocidad angular...<sup>8</sup>.

Dos años después de esta comunicación, Einstein publicaba la culminación de su trabajo científico "Los Fundamentos de la Teoría General de la Relatividad"<sup>9</sup> y al poco tiempo Mach moría. Mach, a lo largo de su obra, buscaba demostrar como los conceptos deben surgir de la experiencia y subordina en esta forma el elemento constructivo libre de la elaboración de una teoría, " Toda la información

6. Citado por Gerald Holton en "Ensayo sobre el Pensamiento Científico en la Época de Einstein" Alianza Universidad Madrid, 1982.

7. Einstein hace referencia a la comprobación cuantitativa que aportarán a la teoría de la relatividad, las mediciones que se efectuarán en el próximo eclipse solar.

8. Citado por Misner, Thorne y Wheeler en "Gravitation" Freeman and Company San Francisco, 1973.

9. "Die Grundlage der Allgemeinen Relativitätstheorie" Annalen der Physik 49, 1916.

5. Este resultado está lejos de ser evidente para un punto excéntrico: Véase en el apéndice una demostración.

del mundo proviene de las sensaciones, deben ser éstas los elementos básicos en que se levanten las teorías científicas”.

Einstein compartía con Mach la conveniencia de eliminar el concepto de fuerza en física y buscaba la forma de hacer depender la gravitación utilizando únicamente conceptos geométricos, sin recurrir a la explicación clásica basada en la noción de fuerza. Igualmente orientó parte de sus trabajos a la búsqueda de una dependencia funcional de la masa inercial dependiente de la atracción de todas las estrellas del universo<sup>10</sup>

En esta forma se había conseguido una explicación “Machiana” de la inercia.<sup>11</sup> Fue Mach el primer físico que reconoció la igualdad entre la masa inercial y la masa gravitatoria; lejos de ser un resultado fortuito, representaba un problema que requería una teoría que lo resolviera. Einstein lo resuelve postulando la igualdad y como los resultados obtenidos (Teoría de la Relatividad Generalizada) coinciden con las observaciones realizadas, se mantiene la validez de dichos postulados.

La amistad intelectual entre Einstein y Mach se mantuvo hasta la muerte de éste, así en el obituario que escribió Einstein en 1916 decía: “...No es improbable que Mach hubiera llegado a la teoría de la relatividad si, cuando su mente estaba todavía joven y fresca, la constancia de la velocidad de la luz hubiese atraído a los físicos... Sus pensamientos relativos al experimento del cubo de Newton demuestran lo cerca que estuvo su espíritu de exigir la relatividad en general (relatividad de aceleraciones)”.

Las relaciones se enturbian 5 años después de la muerte de Mach. En 1913, Mach escribe sus “Principios de Óptica Física”, obra publicada póstumamente en 1921, allí Mach critica acremente la teoría de la relatividad, afirmando que la encuentra cada vez más dogmática y apartada de su concepción epistemológica y positivista. En sus palabras “Me veo obligado, en lo que puede tal vez ser mi última oportunidad, a retirar mis opiniones sobre la teoría de la relatividad. Me doy cuenta por las publicaciones que me llegan, y especialmente por mi correspondencia, que gradualmente se me empieza a considerar como el precursor de la relatividad. Soy capaz incluso de, aproximadamente, imaginarme qué nuevas exposiciones e interpretaciones recibirán, desde este punto de vista, en el futuro, muchas de las ideas expresadas en mi libro de mecánica... Debo sin embargo, rechazar el ser el precursor de la relatividad tan firmemente como rechazo la doctrina atomista de la actual escuela o iglesia. La razón por la que, y el grado en que, rechazo la actual teoría de la relatividad, que encuentro va siendo cada vez más dogmática, junto a las razones que me han conducido a tal opinión —consideraciones basadas

en la fisiología de los sentidos, dudas epistemológicas, y sobre todo las enseñanzas resultantes de mis experimentos— deben esperar para ser tratadas en la continuación (de este tratado)”.

No es pues de extrañar que en 1922, en un ciclo de conferencias en París<sup>12</sup>, en la discusión con el filósofo Emile Meyerson, Einstein afirmaba que Mach era “un buen mecanicista” pero un “deplorable filósofo”. Sin embargo, un año antes presentaba unas ideas cuantitativas del aporte de Mach a la creación de la inercia.

Un año antes de su muerte, Einstein escribía a Félix Pirani: “En mi opinión no se debería hablar más acerca del principio de Mach. Este data de una época en la que se pensaba que los “cuerpos ponderomotrices” eran la única realidad física, y que todos aquellos elementos de una teoría que no viniesen determinados completamente por ellos debían ser evitados conscientemente. (Me doy perfecta cuenta del hecho de que yo también estuve influenciado durante mucho tiempo por esta idea fija)”.

La verdad era que también Einstein iba modificando su concepción de la filosofía de la ciencia; si en sus primeros años era un positivista (como Mach) y aún podríamos decir, un experimentalista, poco a poco va adoptando una posición con respecto a la filosofía de la ciencia, en la cual le da mayor peso a la abstracción lógica. Así por ejemplo, en su conferencia pronunciada en Oxford en junio de 1933<sup>13</sup>, afirmaba que la simple deducción de los postulados de la mecánica a partir de algunas experiencias estaba condenada al fracaso, en su opinión consideraba necesario guiarse por un principio (¿metafísico?) según el cual la naturaleza es la realización más simple de las ideas matemáticas, la experiencia puede sugerir los más apropiados conceptos matemáticos pero éstos no pueden deducirse de aquellos.

La experimentación sirve para comprobar o no un principio, pero la concepción creativa de ese principio reside en las matemáticas. Consideraba que el pensamiento abstracto puede llevar a conocer (aprehender) la realidad, como lo soñaban los antiguos (Pitagóricos, añadimos).

Un largo camino recorrió el genio de Einstein desde su juventud experimentalista “Entré en el Instituto Politécnico de Zurich como un estudiante de matemáticas y física. Allí tenía excelentes maestros (por ejemplo, Hurwitz, Minkowski) de manera que podría ciertamente haber obtenido una esmerada educación de matemáticas. Sin embargo, trabajé la mayor parte del tiempo en el laboratorio de física, fascinado por el contacto directo con la experiencia. El resto del tiempo lo dediqué a estudiar en casa los trabajos de Kirchhoff, Helmholtz, Hertz, etc.”. Llegó a ser un profundo filósofo de la ciencia,

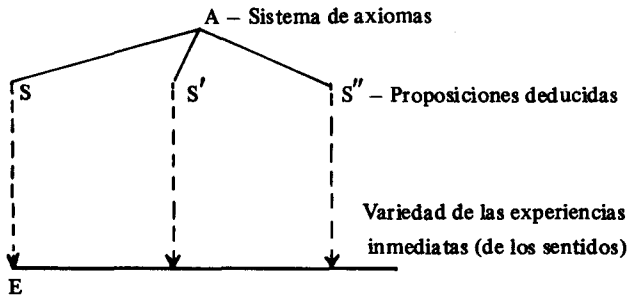
10. José Manuel Sánchez Ron “El Origen y Desarrollo de la Relatividad”.

11. Los siguientes acápites tienen por objeto proponer una relación funcional.

12. Albert Einstein “Quatre Conférences sur la Théorie de la Relativité” Gauthier - Villars, 1976.

13. Albert Einstein “On the Method of Theoretical Physics” publicado en “Ideas and Opinions” Dell Publishing Co. Inc. New York, 1954.

que en su carta a Solovine en 1952, afirmaba que no existe ningún camino lógico que lleve de las experiencias al sistema de axiomas: "En lo relativo a la cuestión epistemológica no me has comprendido en absoluto; probablemente me expresé mal. Esquemáticamente veo el asunto de la forma siguiente



1. Las E (experiencias inmediatas) no son dadas.
2. A son los axiomas, de donde extraemos conclusiones. Psicológicamente los A reposan sobre las E. Pero no existe ningún camino lógico que lleve de las E a los A, sino únicamente una conexión intuitiva (psicológica) que es siempre "hasta nueva orden".
3. De los A se deducen por vía lógica afirmaciones particulares S que pueden pretender ser exactas.
4. Las S se ponen en relación con las E (verificaciones mediante la experiencia). Este procedimiento, si se mira de cerca, pertenece igualmente a la esfera extralógica (intuitiva), puesto que la relación (que existe) entre las nociones que se presentan en S y las experiencias inmediatas E no son de naturaleza lógica.

Pero esta relación entre las S y las E es (pragmáticamente) mucho menos incierta que la relación entre los A y las E. (Por ejemplo, la noción perro y las experiencias inmediatas correspondientes). Si no se pudiese obtener con una gran seguridad tal correspondencia (y a pesar de que no se pueda obtener lógicamente), la maquinaria lógica no tendría ningún valor para la "comprensión de la realidad" (por ejemplo, la teología).

La quinta esencia de todo esto es la conexión eternamente problemática entre el mundo de las ideas y (todo) lo que pueda ser experimental (experiencias inmediatas de los sentidos)".

#### RELACION FUNCIONAL ENTRE LA MASA INERCIAL Y LA MASA DEL UNIVERSO

La relatividad especial permite integrar las leyes del electromagnetismo y de la mecánica. Con el objeto de hacer compatible la relatividad generalizada con la especial, sus leyes deben ser, en el límite, similares a las del electromagnetismo. Así, la ley de la atracción (o repulsión) de cargas eléctricas estáticas —Ley de Coulomb—:

$$F = \frac{q_1 q_2}{4 \epsilon_0 r^2}$$

es similar a la ley de atracción gravitatoria. Por otra parte, cuando se produce una aceleración  $a$  entre las cargas, se crea una onda electromagnética —Ley de Maxwell— y una fuerza cuya magnitud está dada por:

$$\vec{F}_{acc} = \frac{q_1 q_2 a}{4 \epsilon_0 c^2 r} \text{ en donde}$$

$r$  = distancia entre  $q_1$  y  $q_2$

$c$  = velocidad de la luz

$\epsilon_0$  = constante dieléctrica

En forma similar, cuando dos masas están aceleradas relativamente, se crea una onda gravitatoria y adicional a la fuerza estática de atracción (Newtoniana en el caso de campos gravitatorios débiles), se produce otro campo gravitatorio cuya componente de fuerza dada por:

$$\vec{F}' = \frac{G M \vec{m} a}{c^2 r} \quad (1)$$

El problema consiste en analizar si esta componente  $\vec{F}'$  permite explicar la creación de la inercia por la masa total del universo, pues a diferencia de  $\vec{F}$  (campo estático),  $\vec{F}'$  no se anula en un universo homogéneo. Desde el punto de vista conceptual, la fuerza  $\vec{F}'$  en el caso de la gravitación, juega el papel de la fuerza electromagnética predicha por Maxwell, y no deducible de la ley de Coulomb. En la misma forma,  $\vec{F}'$  predicha por Einstein, y generadora de ondas gravitacionales, no es deducible de la ley de Newton.

La hipótesis de modificar la fuerza de atracción newtoniana, añadiendo términos para tener en cuenta las velocidades y aceleraciones de los cuerpos, se remonta al siglo pasado. Así, por ejemplo, en 1870 Holzmüller propuso la siguiente expresión<sup>14</sup>

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \left[ 1 - \frac{1}{c^2} \left( \frac{d r}{d t} \right)^2 + \frac{2 r}{c^2} \left( \frac{d^2 r}{d t^2} \right) \right] \quad (2)$$

por su parte Riemann había sugerido

$$F = \frac{G m_1 m_2}{r^2} \left[ 1 - \frac{1}{c^2} \left( \frac{d \vec{r}_1}{d t} - \frac{d \vec{r}_2}{d t} \right)^2 \right] \quad (3)$$

fórmulas que explicaban en buena parte el avance del perihelio de Mercurio, con mayor precisión que la ley de Newton no modificada.

Volviendo a la fórmula (1)  $\vec{F}' = \frac{G M \vec{m} a}{c^2 r}$

consideramos<sup>15</sup> un cuerpo de masa  $m$ , que se mueve con una aceleración  $a$  con respecto a un sistema inercial de referencia  $L$ . La fuerza  $F$  que debe ejercerse sobre él es  $\vec{F}' = \vec{m} a$ , llamando  $L'$  un sistema

14. José Manuel Sánchez Ron "El origen y desarrollo de la relatividad" Alianza Editorial Madrid, 1983.

15. Michael Berry "Principles of Cosmology and Gravitation" Cambridge University Press, Cambridge 1976.

de coordenadas  $L'$  fijo con respecto al cuerpo  $m$ , es claro que la aceleración  $\vec{a}'$  de  $m$  con respecto a  $L'$  es cero, sin embargo la fuerza  $F$  se sigue ejerciendo sobre  $m$ , por lo tanto debe existir una fuerza tal que  $F = -F'$ ; en esta forma se tiene  $O = \vec{m} a' =$  fuerza total  $= \vec{F}' + \vec{F}'$ , de acuerdo con Mach, la fuerza  $\vec{F}'$  proviene de la aceleración del resto del universo con respecto a la masa  $m$ .

Sobre una masa  $m$ , otra masa  $M$  (por ejemplo una galaxia) ejerce dos fuerzas. La primera es la gravitacional estática  $\frac{G M m}{r^2}$  como se ha mencio-

nado atrás, la contribución total estática de todas las galaxias es cero, pues el efecto de una galaxia es contrarrestado por otra galaxia igual y opuesta (hipótesis de un universo homogéneo). De todas formas, la ley de atracción es independiente de la aceleración y no puede por tanto explicar  $\vec{F}'$ .

La segunda fuerza corresponde a la creada por efecto de la aceleración relativa, determinada en la fórmula (1).

Resta ver si la fuerza de la fórmula (1) explica  $F'$ . Consideremos tres casos, el más sencillo no tiene en cuenta ni el efecto de la velocidad sobre la masa ni la curvatura del universo, luego se tiene en cuenta la corrección relativista de la masa y finalmente se incorpora al modelo tanto la corrección relativista de cambio de masa, como de curvatura espacial; los tres casos corresponden a:

- Un universo euclídeo sin efecto relativista.
- Un universo euclídeo con corrección de masa por efecto de velocidad (relatividad especial).
- Un universo curvo (relatividad general).

#### a. Universo Euclídeo.

En este modelo de universo, el elemento de masa  $dM$ , de una concha esférica de espesor  $d r$  y de radio  $r$ , es igual a:

$$dM = 4 \pi r^2 \rho_0 dr$$

en donde  $\rho_0 =$  densidad media del universo.

El elemento de fuerza  $d\vec{F}'$  (por efecto de la aceleración) de la masa  $dM$  sobre la masa  $m$  es:

$$d\vec{F}' = \frac{G m}{c^2 r} \vec{a} dM = \frac{4 \pi r m}{c^2} \rho_0 \vec{a} dr$$

De acuerdo con la ley de Hubbe, las galaxias se alejan de un observador situado en cualquier punto del universo, con una velocidad que es proporcional a la distancia del observador,

$$V \text{ alejamiento} = H d$$

En donde  $H =$  constante de proporcionalidad y  $d =$  distancia al observador.

El radio de fuerza que puede interactuar sobre la masa  $m$ , está dado por la distancia  $d$  que hace que la velocidad de alejamiento de las galaxias iguale la velocidad de la luz.

$$r_{\text{universo}} = \frac{c}{H}$$

Integrando  $df$  sobre el universo observable, se tiene

$$\vec{F}' = \frac{4 \pi \rho_0}{c^2} \vec{a} \int_0^{c/H} r dr = m a \left[ \frac{2 \pi G \rho_0}{H^2} \right]$$

Si la expresión  $\left[ \frac{2 \pi G \rho_0}{H^2} \right]$  (2) es del orden de

magnitud de la unidad (y no trillones de veces mayor o menor) la hipótesis de Mach tiene un sustento cuantitativo y no sólo lógico.

Es interesante mencionar que aunque la proporcionalidad de la Ley de Hubbe corresponde a la explicación de un fenómeno empírico —el corrimiento hacia el rojo del espectro de las galaxias— puede deducirse como una consecuencia de la hipótesis de homogeneidad del universo.

$\rho_0$  determinada por medios ópticos, es del orden de  $3 \times 10^{-28} \text{ Kg/m}^3$   $H$  es del orden de  $15 \text{ km/seg/ Millón de años luz}$

$$= 1.58 \times 10^{-18} (\text{seg})^{-1}$$

$$G = 6.67 \times 10^{-11} \frac{\text{m}^3}{\text{kg} \cdot \text{seg}}$$

Reemplazando estos valores en la expresión (2), se tiene:

$$(2) = 0.0504$$

Si la densidad media del universo, tuviera un valor del orden de 20 veces la densidad  $\rho_0$ , determinada por métodos lumínicos, se tendría una buena comprobación funcional del principio de Mach.<sup>16</sup>

A continuación se realizan las dos correcciones mencionadas a la fórmula anterior; la primera toma en cuenta que la masa relativa (y por tanto la densidad) crece al aumentar la velocidad; esta corrección tiende a afianzar la hipótesis de Mach. La segunda corrección tiene en cuenta la curvatura del espacio, el resultado disminuye el efecto de la masa distante del universo.

#### Efecto de la velocidad.

Una galaxia situada a una distancia  $r$  del objeto  $m$ , se aleja de él con una velocidad  $v = H r$ , por tanto la densidad relativa (al objeto  $m$ ) será:

$$\rho = \frac{\rho_0}{\sqrt{1 - \left(\frac{v}{c}\right)^2}} = \frac{\rho_0}{\sqrt{1 - \frac{H^2 R^2}{c^2}}}$$

en donde  $\rho_0 =$  densidad en reposo.

16. Este punto se desarrolla en el aparte "Materia oscura en el universo".

En estas condiciones se tiene:

$$F' = \frac{4 \pi G m a \rho_0}{c^2} \int_0^{c/H} \frac{r dr}{\sqrt{1 - \frac{H^2 R^2}{c^2}}}$$

(Debe observarse que en el límite  $R = c/H$ , el denominador es igual a cero y que la función no es acotada cuando  $r \rightarrow c/H$ . Sin embargo es integrable, pues se comporta como

$$\frac{1}{\sqrt{1 - X}}$$

que es integrable entre  $[0, 1)$ , por lo tanto

$$F' = \frac{4 G m a \rho_0}{c^2} (c/H)^2 = m a \left[ \frac{4 G \rho_0}{H^2} \right]$$

La expresión  $\left[ \frac{4 G \rho_0}{H^2} \right]$  (3) es el doble de (2)

Por lo tanto con la corrección del aumento de la densidad con relación a la velocidad, sería suficiente que la relación

Masa Total / Masa Lumínica

sea del orden de 10, para tener una más adecuada comprobación de la hipótesis de Mach.

*Efecto de la curvatura del espacio sobre la determinación de la inercia.*

Se desarrolla el caso más sencillo de un universo (tridimensional) curvo, cuya curvatura es constante y positiva.

Para calcular el efecto de la masa del universo sobre la inercia, se requieren algunos resultados geométricos, que permitan la determinación de la métrica, el elemento de volumen y el de masa.

Se toma inicialmente como guía, la geometría de un espacio curvo bidimensional de curvatura constante  $k$ , cuyo modelo es precisamente una esfera ( $k = 1/a$  donde  $a =$  radio de la esfera)

La métrica  $dl^2$  está dada por

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2$$

eliminando la variable ficticia  $x_3$  (lo cual es posible pues el espacio es bidimensional), con base en la relación

$$x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 = a^2$$

se tiene:

$$dx_3^2 = \frac{(x_1 dx_1 + x_2 dx_2)^2}{a^2 - (x_1^2 + x_2^2)}$$

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + \frac{(x_1 dx_1 + x_2 dx_2)^2}{a^2 - (x_1^2 + x_2^2)}$$

haciendo

$$x_1 = r \cos \phi$$

$$x_2 = r \sin \phi$$

se tiene:  $dx_1^2 + dx_2^2 = r^2 d\phi^2 + dr^2$

se deduce  $r dr = x_1 dx_1 + x_2 dx_2$

$$dl^2 = r^2 d\phi^2 + dr^2 + \frac{r^2 dr^2}{a^2 - r^2}$$

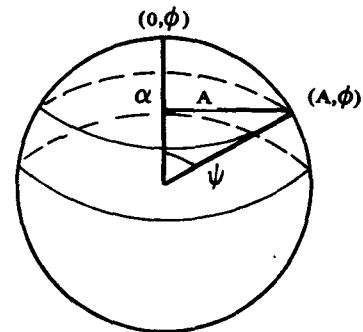
$$dl^2 = \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{a^2}} + r^2 d\phi^2$$

La distancia entre los puntos  $(0, \phi)$  y  $(A, \phi)$  está dada por

$$l = \int_0^A \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = a \operatorname{arc} \operatorname{sen} (A/a)$$

$\operatorname{arc} \operatorname{sen} (A/a) = \Psi$

$l = a \Psi$  que coincide con el resultado obtenido por métodos elementales.



Haciendo  $r = a \operatorname{sen} \Psi$

$$dl^2 = a^2 [d\Psi^2 + \operatorname{sen}^2 \Psi d\phi^2]$$

La longitud de la circunferencia de radio  $a \Psi_0$  es  $dl = a \operatorname{sen} \Psi_0 d\phi$

$l = \int_0^{\Psi_0} a \operatorname{sen} \Psi d\phi$

$l = 2\pi a \operatorname{sen} \Psi_0 < 2\pi a \Psi_0$ . Por lo tanto la relación circunferencia / diámetro  $< \pi$ .

El área del espacio de radio  $a \Psi_0$  es

$$A = \int_0^{\Psi_0} \int_0^{2\pi} 1 \cdot a d\Psi d\phi = \int_0^{\Psi_0} 2\pi a^2 \operatorname{sen} \Psi d\Psi = 2\pi a^2 (1 - \cos \Psi_0)$$

La métrica del espacio de curvatura constante de dimensión 3, se calcula siguiendo el razonamiento anterior así:

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 + dx_4^2$$

eliminando la variable adicional  $x_4$ , por medio de la relación  $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = a^2$  (obsérvese que se acepta sin demostración el resultado que una hiperesfera de ecuación  $x_1^2 + x_2^2 + x_3^2 + x_4^2 = a^2$  tiene curvatura (gaussiana)  $= 1/a^2$ )

se tiene  $x_4 dx_4 = -(x_1 dx_1 + x_2 dx_2 + x_3 dx_3)$

por lo tanto

$$dx_4^2 = \frac{(x_1 dx_1 + x_2 dx_2 + x_3 dx_3)^2}{a^2 - (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)}$$

$$dl^2 = dx_1^2 + dx_2^2 + dx_3^2 +$$

$$\frac{(x_1 dx_1 + x_2 dx_2 + x_3 dx_3)^2}{a^2 - (x_1^2 + x_2^2 + x_3^2)}$$

Realizando el cambio de variables:

$$x_1 = r \cos \theta \sin \phi$$

$$x_2 = r \sin \theta \sin \phi$$

$$x_3 = r \cos \phi$$

$$dx_1 = r \cos \theta \cos \phi d\phi - r \sin \theta \sin \phi d\theta + \cos \theta \sin \phi dr$$

$$dx_2 = r \sin \theta \cos \phi d\phi + r \cos \theta \sin \phi d\theta + \sin \theta \sin \phi dr$$

$$dx_3 = -r \sin \phi d\phi + \cos \phi dr$$

se obtiene:

$$dl^2 = r^2 d\phi^2 + r^2 \sin^2 \phi d\theta^2 + dr^2 + \frac{r^2 dr^2}{a^2 - r^2}$$

$$= \frac{dr^2}{1 - \frac{r^2}{a^2}} + r^2 (d\phi^2 + \sin^2 \phi d\theta^2)$$

La distancia del origen (0, 0, 0) al punto (A, 0, 0) está dado por

$$\int_0^A \frac{dr}{\sqrt{1 - \frac{r^2}{a^2}}} = a \arcsin (A/a)$$

Si en lugar de la coordenada r se hace el cambio  $r = a \sin \Psi$  la métrica toma la siguiente forma:

$$dl^2 = a^2 d\Psi^2 + \sin^2 \Psi (d\phi^2 + r^2 \sin^2 \phi d\theta^2)$$

La superficie de una esfera de "radio" a  $\Psi$  está dada por  $4\pi a^2 \sin^2 \Psi$

El volumen del espacio de curvatura a está dado por

$$V = \int_0^{\Psi} 4\pi a^2 \sin^2 \Psi \cdot a d\Psi = 2\pi a^3$$

Alternativamente puede deducirse la geometría del espacio curvo tridimensional, recurriendo directamente a la estructura gaussiana de la superficie, relacionando la métrica directamente con la curvatura.

La distancia entre dos puntos de coordenadas (r,  $\theta$ ,  $\phi$ ) y (r + dr,  $\theta$  + d $\theta$ ,  $\phi$  + d $\phi$ ) es

$$ds^2 = f(r) dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2$$

$\int \sqrt{f(r)} dr$  es la distancia propia entre dos puntos.

(r,  $\theta$ ,  $\phi$ ) y (r + dr,  $\theta$ ,  $\phi$ ).

Considerando una superficie "ecuatorial"  $\theta = \pi/2$ , se tiene  $(ds^2) = f(r) dr^2 + r^2 d\phi^2$  se hace  $x'$

= r;  $x^2 = \phi$  en estas condiciones el tensor métrico  $q_{ij}$  corresponde a la matriz:

$$q_{ij} = \begin{pmatrix} f(x') & 0 \\ 0 & (x')^2 \end{pmatrix}$$

$$q_{11} = f(x') \quad q_{22} = (x')^2 \quad q_{21} = q_{12} = 0$$

La fórmula de Gauss (Theorema Egregium), que relaciona la curvatura con el tensor métrico es

$$k = \frac{1}{2 q_{11} q_{22}} \left\{ \frac{-\delta^2 q_{11}}{\delta (x^2)^2} - \frac{\delta^2 q_{12}}{\delta (x')^2} + \frac{1}{2 q_{11}} \left[ \frac{\delta q_{11}}{\delta x'} \frac{\delta q_{22}}{\delta x'} + \left( \frac{\delta q_{11}}{\delta x^2} \right)^2 \right] + \frac{1}{2 q_{22}} \left[ \frac{\delta q_{11}}{\delta x^2} \frac{\delta q_{22}}{\delta x^2} + \left( \frac{\delta q_{22}}{\delta x'} \right)^2 \right] \right\}$$

se tiene

$$k = \frac{df(x')/dx'}{2 (f(x'))^2 (x')} = \frac{1}{2x'} \frac{d}{dx'} \left( \frac{-1}{f(x')} \right) - \frac{d}{dx'} \left( \frac{1}{f(x')} \right) = 2kx'$$

$$\frac{1}{f(x')} = A - k(x')^2$$

$$f(x') = \frac{1}{A - k(x')^2}$$

Para determinar la constante A de integración, basta observar que un universo plano ( $k = 0$ ), la distancia ds es:

$$ds^2 = dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2; \text{ es decir } f(x') = 1 \text{ por lo tanto } A = 1.$$

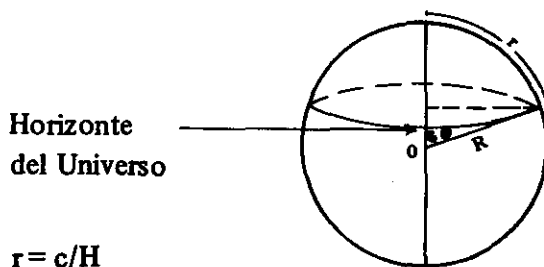
La métrica del espacio de curvatura constante es:

$$ds^2 = \frac{1}{1 - kr^2} dr^2 + r^2 d\theta^2 + r^2 \sin^2 \theta d\phi^2$$

De acuerdo con la métrica hallada, la distancia entre dos puntos (0,  $\theta$ ,  $\phi$ ) y (r,  $\theta$ ,  $\phi$ ) es decir el radio propio es:

$$\delta(r) = \int_0^r \frac{dr}{\sqrt{1 - kr^2}} = \frac{1}{\sqrt{k}} \arcsin(r\sqrt{k}) \quad (k > 0)$$

Por lo tanto  $r = \frac{1}{k} \sin(\delta k)$ . Teniendo en cuenta que  $\sqrt{k} = 1/a$  se obtienen las mismas expresiones que por el anterior procedimiento.



$$r = c/H$$

En el caso de un espacio curvo homogéneo de tres dimensiones (espaciales) se busca inicialmente la relación entre la métrica espacial, la curvatura y la masa.

En estas condiciones el elemento de masa  $dM$  de una "concha esférica" de espesor  $d\delta$  es:

$$dM = 4 \pi \rho r^2 d\delta = 4 \pi \rho \frac{1}{k} \text{sen}^2 (\delta \sqrt{k}) d\delta$$

Por lo tanto:

$$F' = 4 \pi G m a \rho_0 \int_0^{c/H} \frac{1 \text{sen}^2 (\delta \sqrt{k}) d\delta}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}}$$

$$\text{Llamemos } I(k) = \int_0^{c/H} \frac{\text{sen}^2 (\delta \sqrt{k}) d\delta}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} \quad (4)$$

Como el integrando no está definido en los extremos de la integral, debe comprobarse la existencia de ésta. Teniendo en cuenta que  $|\text{sen } x| \leq |x|$  y

$\lim_{x \rightarrow 0} \frac{\text{sen } x}{x} = 1$ , se tiene para un valor fijo de  $k$ :

$$\frac{|\text{sen}^2 (\delta \sqrt{k})|}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} = |\sqrt{k} \text{sen} (\delta \sqrt{k})|$$

$$\frac{|\text{sen} (\delta \sqrt{k})|}{k} \left| \frac{1}{\sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} \right|$$

$$\text{y como } \lim_{\delta \rightarrow 0} \frac{|\text{sen} (\delta \sqrt{k})|}{\delta \sqrt{k}} = 1$$

$$\lim_{\delta \rightarrow 0} |\sqrt{k} \text{sen} (\delta \sqrt{k})| = 0$$

es decir, la función es acotada en las vecindades de  $\delta = 0$ . Un argumento similar muestra que en la vecindad

$\left[ \frac{c}{H} - \epsilon, \frac{c}{H} \right]$  el integrando se comporta como la función  $\frac{1}{\sqrt{1-x}}$  cuya integral converge en las vecindades  $(1 - \epsilon, 1)$

La fórmula (4) tampoco está definida si  $k = 0$  (universo plano), por lo tanto debe comprobarse que  $\lim_{k \rightarrow 0} I(k)$  existe y que el elemento de masa coincide con el caso anterior.

Se tiene, ya que  $|\text{sen}^2 x| \leq |x^2|$

$$\left| \frac{\text{sen}^2 (\delta \sqrt{k})}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} \right| \leq \frac{\delta^2 k}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}}$$

$$| \leq \frac{\delta}{\sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}}$$

Por lo tanto  $\lim_{k \rightarrow 0} I(k)$  existe y es menor que la integral

$$\frac{\delta}{\sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}}$$

Por otra parte se tiene:

$$\lim_{k \rightarrow 0} \frac{\text{sen}^2 (\delta \sqrt{k})}{k} = \lim_{k \rightarrow 0} \frac{(\delta \sqrt{k} - \frac{\delta^3 k^{3/2}}{3!} + \dots)^2}{k}$$

$$= \lim_{k \rightarrow 0} \left( \frac{\delta^2 k - \frac{\delta^6 k^3}{3!} + \dots}{k} \right) = \delta^2$$

y como el integrando es mayor o igual a cero, se tiene (por el teorema de Lebesgue)

$$\begin{aligned} \lim_{k \rightarrow 0} I(k) &= \int_0^{c/H} \lim_{k \rightarrow 0} \left( \frac{\text{sen}^2 \delta k}{k \delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} \right) d\delta = \\ &= \int_0^{c/H} \frac{\delta}{\sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}} d\delta \end{aligned}$$

que coincide con el caso del espacio plano, con corrección relativista de densidad.

Pasamos ahora a calcular  $I(k)$ . Consideramos que el radio de curvatura del universo  $R$ , es  $B$  veces el radio del universo observable.  $R = B r$

$$\text{Se tiene } k = \frac{1}{r^2 \beta^2}$$

$$I(k) = \int_0^{c/H} \frac{r^2 \beta^2 \text{sen}^2 \left( \frac{\delta}{R \beta} \right) d\delta}{\delta \sqrt{1 - \frac{H^2 \delta^2}{c^2}}}$$

$$F' = \frac{4 \pi G m a \rho_0}{c^2} (c/H)^2 \int_0^1 \frac{\beta^2 \text{sen}^2 (u/\beta) du}{u \sqrt{1 - u^2}}$$

$$= ma \left[ \frac{4 \pi G \rho_0 m a}{H^2} \int_0^1 \frac{\beta^2 \text{sen}^2 (u/\beta) du}{u \sqrt{1 - u^2}} \right]$$

(se ha efectuado el cambio de variable  $u = \frac{H}{c}$ )

Esta integral difiere de la del caso anterior en el factor

$$\int_0^1 \frac{\beta^2 \operatorname{sen}^2(u/\beta) du}{u \sqrt{1-u^2}} = M(\beta)$$

El valor  $M(\beta)$  para algunos valores de  $\beta$ , obtenidos por métodos numéricos de aproximación es:

$\beta$	$M(\beta)$
2	0,9330
5	0,946
10	0,950
100	0.8604
	1 (caso euclideo)

La corrección por curvatura del espacio no modifica sustancialmente los resultados, sigue teniendo validez la conclusión anteriormente mencionada, si la masa no lumínica es superior 10 ó 15 veces a la lumínica, la masa total del universo explica la inercia.

#### ALGUNOS RESULTADOS EXPERIMENTALES

En los últimos años se han realizado importantes experimentos que buscan detectar la existencia de ondas gravitacionales; su pequeñísima longitud de onda y su bajo contenido energético hace que su detección sea más viable al observar fenómenos estelares altamente productores de ondas gravitacionales, como son por ejemplo los agujeros negros y los colapsos gravitacionales. Uno de estos fenómenos los constituye GEMINGA, una estrella en colapso, fuertemente emisora de ondas gravitacionales.

Como se ha mencionado, el principio de Mach adaptado a la cosmología contemporánea, explicita una de las más interesantes hipótesis de la relatividad general, la emisión de ondas gravitacionales. La analogía gravitatoria y electromagnética en la producción del campo (eléctrico, magnético o gravitacional) cuando dos cargas (o dos masas) se desplazan con una aceleración relativa y se crea el campo de fuerzas

$$F = \frac{q_1 q_2 a}{4 \pi \epsilon_0 c^2 r} \quad \left( \text{o } F = \frac{G M m a}{c^2 r^2} \right)$$

lo cual permitió a la física relativista plantear la hipótesis de que si en el primer caso, el campo es creado por ondas electromagnéticas, en el segundo corresponde a las ondas gravitacionales.

Las observaciones realizadas por el satélite europeo en 1975 y por el americano denominado "Einstein" en 1979, han permitido comprobar con un alto grado de certeza la existencia de la "radiación gravitacional".

Resumamos los resultados:

En 1975 se descubrió un objeto (no luminoso) situado en la constelación de los Gemelos<sup>17</sup>; este cuerpo es un poderoso emisor de radiación. Como no estaba registrado en ningún atlas de estrellas, se le dio el nombre de Geminga, que quiere decir "no hay nada" en dialecto milanés. En 1979 el satélite Einstein permitió precisar su localización con un margen de 6 segundos de arco.

La energía lumínica que emite, es sólo una milésima de su emisión como radiación X y Gamma. Puede tratarse de una estrella de neutrones o de una estrella que colapsa como agujero negro.

Se ha encontrado que el período de oscilación de Geminga es 160 minutos<sup>18</sup>. Este período coincide con una oscilación de la atmósfera solar.

Los cálculos teóricos muestran que a pesar de estar localizado el objeto a 300 años-luz del sol, la oscilación afecta al sol en la forma encontrada experimentalmente, es decir, "el sol vibra al ritmo de Geminga".

Nada de esto es predecible en la mecánica de Newton, pues la vibración esférica del objeto no modifica el centro de masa del sistema sol-Geminga, y la fuerza (tan débil como puede ser la atracción gravitatoria a 300 años-luz) gravitacional es constante, pues repetamos, ésta no depende de la aceleración relativa sino sólo de la distancia.

Por el contrario, la hipótesis relativista o Machiana, permite predecir que una oscilación al crear una aceleración relativa, tiene efecto sobre otro objeto celeste.

Debe mencionarse que no todos los astrofísicos aceptan que el efecto de Geminga explique la vibración solar encontrada, pues consideran que un campo gravitatorio de esta intensidad deberá afectar la órbita de algunos satélites artificiales. Sin embargo, casi todos coinciden en señalar que Geminga, a solo 300 años-luz, constituye el cuerpo celeste colapsado (estrella de neutrones o agujero negro) más cercano al sistema solar.

#### Materia "oscura" en el Universo

Uno de los problemas al cual se enfrentan los astrofísicos, consiste en que la densidad (lumínica) del universo es insuficiente para explicar la velocidad de rotación de las galaxias y aún la misma estructura aislada de los conjuntos galácticos. Casi todas las observaciones permiten concluir que los conjuntos galácticos son estables y sin embargo la densidad asumida es insuficiente para evitar su dispersión. Los modernos sistemas espectrales han permitido medir con muy buena aproximación la velocidad de rotación de un alto número de galaxias

17. Posteriormente, mediante sofisticados métodos se ha podido observar que Geminga puede ser una estrella de magnitud tan pequeña que su luminosidad no puede detectarse con los telescopios hoy existentes.

18. En realidad 160.01 minutos.

espirales y los resultados muestran que es necesario asumir una densidad mucho mayor para poder explicarlos<sup>19</sup>, (por supuesto podría adoptarse la hipótesis ad-hoc que G no es una constante universal y que su valor depende de la posición en el espacio, con lo cual además de anular la hipótesis de homogeneidad cósmica, tiene el problema de toda hipótesis ad-hoc que no permite analizar ninguna investigación científica).

Fue necesario esperar un refinamiento en los métodos de espectrografía para poder determinar las velocidades de rotación galáctica, por ejemplo, la galaxia más próxima es Andrómeda, con una velocidad de rotación de 200 km/seg, la cual tardaría 20.000 años para rotar segundo de arco y esta es la separación mínima óptica que puede detectarse en la tierra. El sistema empleado ha sido la determinación del diferencial del corrimiento hacia el rojo de los brazos de la galaxia (efecto Doppler). El sistema rota alejándose del observador, su corrimiento hacia el rojo está determinado por la velocidad resultante, de la adición de la velocidad de alejamiento galáctico y la componente de la velocidad tangencial y por otra parte, el brazo cuya rotación lo acerca al observador, tiene un corrimiento hacia el rojo, determinado por la diferencia de las velocidades.

Como se mencionó atrás, las densidades requeridas para explicar las velocidades halladas, son del orden de 10 - 40 veces la densidad media deducida por medios ópticos. Estos hechos tienden a comprobar la hipótesis de Mach, pues recordemos que al asumir una densidad del universo 12 - 18 veces mayor, la fuerza creada por ondas gravitacionales es igual a  $ma$

Es claro que la "materia faltante" no puede estar en forma de "polvo cósmico" pues éste recibiría la radiación de las estrellas, absorbería una parte, y al cabo de millones de años emitiría también radiación lumínica.

La materia "oscura" del universo puede estar presente en dos formas: bariónica y no bariónica<sup>20</sup>. La bariónica corresponde a las partículas elementales pesadas (protones, neutrones), la no bariónica corresponde a partículas predichas (y algunas veces descubiertas) por la física de alta energía, como los neutrinos, monopolos magnéticos, gravitinos etc. La materia "oscura" bariónica corresponde a planetas masivos, estrellas de neutrones, agujeros negros, enanas blancas etc. Estos pueden explicar buena parte de la materia faltante. La no bariónica correspondería a una serie de partículas creadas en la primerísima etapa que sigue al Big-Bang antes del denominado tiempo de Plank ( $10^{-43}$  segundos después de la "creación"). El problema consiste en que di-

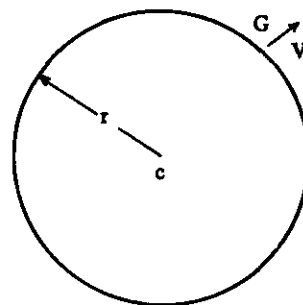
chas partículas son muy difíciles de detectar porque interaccionan muy débilmente con la materia. Las "grandes teorías unificadoras" postulan la formación de neutrinos masivos en la fase cálida del "Big-Bang".

La densidad media del universo determina en última instancia el futuro de él. En efecto, si es inferior a un valor (densidad crítica), el universo continuará su expansión y la geometría resultante corresponde a un espacio de curvatura negativa. Por el contrario, si es superior, la expansión llegará hasta un máximo y luego comenzará un proceso de contracción (corrimiento hacia el azul), la geometría corresponde a un espacio de curvatura positiva. Si la densidad es igual a la densidad crítica, la expansión continúa pero desacelerándose y la geometría es la euclidiana.

Sin efectuar corrección relativística, el valor de la densidad crítica ( $\rho_c$ ) puede determinarse así:

Considérese una galaxia G de masa m situada a una distancia r de un punto c asumido como centro.

Cualquier punto sirve como centro en el caso de un universo infinito y en el caso de uno curvo simétrico finito pero ilimitado.



La galaxia se aleja del punto C, con una velocidad relativa a C igual a  $V = Hr$

La energía cinética es por lo tanto:

$$E_1 = \frac{1}{2} m H^2 r^2. \text{ La energía potencial es:}$$

$$E_2 = - \frac{G/M_r m}{r}$$

en donde  $M_r$  es la masa contenida en la esfera de radio r.

Si  $E_t = E_1 + E_2 > 0$ , la expansión continuará; es decir, si  $1/2 m H^2 r^2$

es decir, si  $1/2 m H^2 r^2 - \frac{G M_r m}{r} > 0$

Teniendo en cuenta que  $M_r = 4/3 \pi \rho r^3$ , se deduce que si

$$\rho < \frac{3 H^2}{8 \pi G} = 4.47 \times 10^{-27} \text{ kg/m}^3 = \rho_c$$

la expansión continúa, pues la atracción gravitatoria es insuficiente para anular la energía cinética de las galaxias.

19. Vera C. Rubin "Dark Matter in Spiral Galaxies" Scientific American, June 1983.

"Where can the matter be" Science and Technology, The Economist, August 25 1984.

20. Jack O Burns "University of New Mexico", Sky and Telescope November 1984.

La relación entre la densidad crítica  $\rho_c$  antes obtenida y la  $\rho$  media, deducida por métodos ópticos es:

$$\frac{\rho_c}{\rho_{med}} = 15$$

cifra del mismo orden de magnitud que las relaciones entre masa total y masa lumínica que permiten explicar la rotación de algunas galaxias al igual que la relación entre la masa necesaria para crear la inercia y masa lumínica.

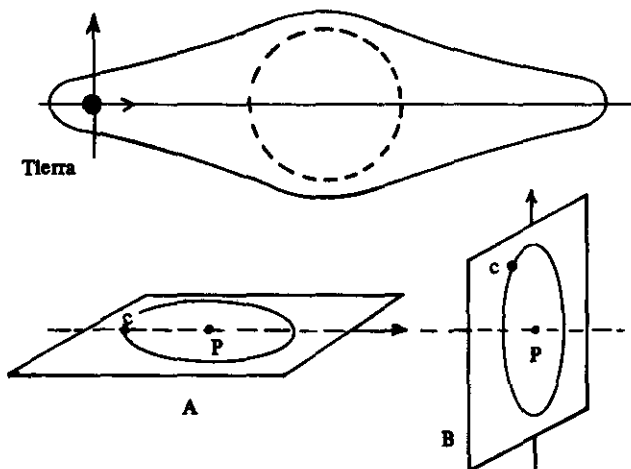
### Una Nota Final

Cuando Mach formuló su hipótesis, no explicitó ningún método cuantitativo que permitiera confirmarla. De haberlo hecho, posiblemente la razón hubiera estado del lado de sus oponentes, en razón a que el efecto sobre la inercia por la acción de las estrellas distantes (sin considerar las aceleraciones relativas), es trillones de veces inferior al necesario para crearla. Sólo al introducir el efecto de la aceleración relativa, puede comprenderse el papel que sobre la inercia tiene la masa distante del universo.

Entre 1958 y 1960 un grupo de investigadores (Coeconi, Salpeter, Huges Robinson, Drever y Beltrán López), se propusieron medir el efecto de una posible anisotropía del universo sobre la masa de las partículas elementales. Trataban de medir si la posición fuertemente excéntrica de la tierra en nuestra galaxia introducía un efecto significativo en la inercia. Los resultados mostraron que en caso de existir efectos por anisotropía, éstos son inferiores a  $10^{-20}$ , concluyéndose en esta forma que la conjetura de Mach al no considerar las aceleraciones relativas, no puede probarse. El efecto estático aún de las estrellas cercanas sobre la inercia es insensible por la homogeneidad e isotropía del universo<sup>21</sup>.

La gráfica siguiente esquematiza el experimento realizado utilizando núcleos de litio orientados por medio de un campo magnético. Se concluyó que el

### Posición de la Tierra en la Galaxia



21. Phillippe Tourenco y Pierre Teyssandier "La Gravitación Experimental" Mundo Científico No. 35, 1984.

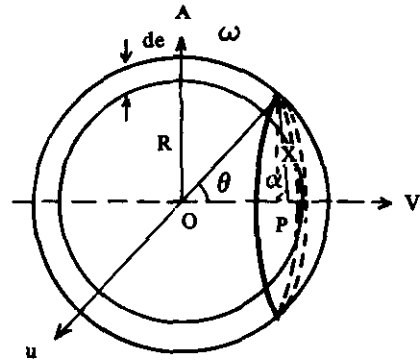
efecto de la orientación de los planos de rotación sobre la masa inercial del protón, es insignificante en el orden antes mencionado<sup>22</sup>.

### APENDICE

#### Campo Gravitatorio en el Interior de una Concha Esférica

Sea P un punto de masa m en el interior de una concha esférica, se elige el origen O de coordenadas en el centro de la esfera y se hace coincidir el eje X con la recta OP.

Se demuestra que el campo creado por una concha de espesor de, es igual a cero, por lo tanto el campo originado por una concha de espesor finito es cero.



Se considera el elemento de volumen, una de cuyas caras está determinada por la intersección de un plano paralelo al plano u  $\omega$ , con la concha esférica.

Sea  $OP = d$

Se tiene  $dV = (2 \int R \sin \theta) R d\theta = 2 \int R^2 \sin \theta d\theta$

$$dF = \frac{m d M \cos \alpha}{X^2} = \frac{2 m}{X^2} \int \rho R^2 \sin \theta \cos \alpha d\theta$$

en donde

$\rho =$  densidad.

(Obsérvese que la componente vertical de la fuerza = 0)

$$\text{Se tiene } X^2 = R^2 + d^2 - 2Rd \cos \theta$$

$$\text{Diferenciando } 2 X d X = 2 R d \sin \theta d\theta$$

$$\text{Por otra parte } \cos \alpha = \frac{X^2 + d^2 - R^2}{2Xd}$$

$$\text{Reemplazando: } dF = \int m \rho R \left(1 - \frac{d^2 - R^2}{X^2}\right) dX$$

$$F = \frac{\int m \rho R}{d^2} \int_{R-d}^{R+d} \left(1 + \frac{d^2 - R^2}{X^2}\right) dX = 0$$

22. Op. Cit.

- BERRY Michael, "Principles of Cosmology and Gravitation" Cambridge University Press, Cambridge 1978.
- CASSIRER Ernst, "Substance and Function and Einstein's Theory of Relativity" Dover Publications, Inc. New York 1953.
- D'ABRO A. "The Evolution of Scientific Thought from Newton to Einstein" Dover Publications, Inc. New York 1950.
- EINSTEIN Albert, "Quatre Conférences sur la Théorie de la Relativité" Gauthier-Villars, Paris 1980.
- EINSTEIN Albert, "The Principle of Relativity" Dover Publications, Inc. New York 1952.
- EINSTEIN Albert, "Sobre la Teoría de la Relatividad" Ed. Sarpe Madrid 1983.
- EINSTEIN Albert, "Ideas and Opinions" Dell Publishing Co. New York 1954.
- HOLTON Gerald, "Ensayos sobre el Pensamiento Científico en la Epoca de Einstein" Alianza Universidad, Madrid 1982.
- LANDSBERG Peter and EVANS David, "Mathematical Cosmology" Oxford Science Publications, Oxford 1979.
- MISNER Charles, THORNE Kip and WHEELER John, "Gravitation" W.H. Freeman and Company San Francisco 1973.
- MORA Luciano, "El Problema de la Comprensión Unitaria" Rev. ALEPH No. 48 Enero/Marzo 1984.
- MARTINE Castelo, "Les Ondes Gravitationelles venues du soleil noir" Science et Avenir Janvier 1984.
- NEWTON Isaac, "El Sistema del Mundo" Alianza Editorial, Madrid 1983.
- RINDLER Wolfgang, "Essential Relativity, Special, General and Cosmological" Springer-Verlag, New York 1977.
- RUBIN Vera, "Dark Matter in Spiral Galaxies" Scientific American June 1983.
- SKY AND TELESCOPE, New Notes, July 1984.
- SKY AND TELESCOPE, November 1984 "Hidden Matter in the Universe".
- SANCHEZ RON José Manuel, "El origen y desarrollo de la relatividad" Alianza Universidad Madrid 1983.
- THE ECONOMIST, August 25, 1984.
- TOURRENC Phillipe y TEYSSANDIER Pierre, "La Gravitación Experimental" Mundo Científico No. 35, 1984.
- WEINBERG Steven, "Los Tres Primeros Minutos del Universo" Alianza Universidad, Madrid 1982.

# EL PRECAMBRICO EN LA ZONA ANDINA

Por JAIME GALVIS V.  
ALCIDES HUGUETT G.

## RESUMEN

El Precámbrico en la Zona Andina de Colombia, se presenta expuesto en amplias áreas de las Cordilleras Central, Oriental, Sierra Nevada de Santa Marta y en la Guajira.

Dada la variedad de facies que presenta, ha recibido diferentes nombres y frecuentemente ha sido considerado como unidades litológicas de varias edades.

En el presente trabajo se trata de mostrar algunas características, distintivas, comunes con las del Proterozoico del Escudo Guayanés.

## SUMMARY

The Precambrian in the Colombian Andes is exposed in wide areas in the central an eastern mountain ranges the Sierra Nevada of Santa Marta and the Guajira.

Given the variety of facies presenting themselves, different names have been given and frequently have been considered as lithological units of various age.

In the present report there are given some outstanding characteristics which are common to the Proterozoic of the Guayana Shield are shown.

## INTRODUCCION

El INGEOMINAS concluyó en el año 1979 una investigación geológica regional en el área de la Amazonía Colombiana. Con base en las consideraciones petrográficas allí expuestas, realizadas sobre las rocas del Escudo Guayanés y partiendo de las características macro y microscópicas de esas rocas, se llevó a cabo el presente trabajo sustentado en la comparación petrográfica de las rocas de este escudo con algunos de los grandes cuerpos graníticos y metamórficos aflorantes en las cordilleras Centra, Oriental, Sierra Nevada de Santa Marta y la Guajira.

Para este fin se realizó un rápido estudio de secciones delgadas de rocas pertenecientes a los diferentes cuerpos aquí descritos, como también se revisaron las descripciones petrográficas existentes en varios informes. Además se hizo un rápido estudio petrográfico de clastos de unidades sedimentarias del Paleozoico Inferior.

Este trabajo se pudo elaborar gracias a la colaboración de los directores regionales de las diferentes oficinas del INGEOMINAS en el país.

## 1. EL PRECAMBRICO EN LA ZONA ANDINA DE COLOMBIA

Quien estudia las rocas graníticas en Colombia encuentra dos grandes grupos que presentan características inconfundibles. Por una parte cuerpos graníticos cuyo contacto con las rocas adyacentes, sean sedimentarias, metamórficas o ígneas, es claramente definido y produce en ellas fenómenos de metamorfismo de contacto y comúnmente mineralizaciones de extensión variable.

En este tipo de granitos, en el área andina, la morfología es completamente diferente de la producida por la acción meteórica en las rocas adyacentes.

Existe un segundo tipo de rocas graníticas cuyas relaciones de campo son bien diferentes a las mencionadas anteriormente. En éstas, el contacto con las rocas adyacentes generalmente metamórficas es gradacional o en algunos casos neto, pero sin observarse metamorfismo de contacto ni indicio de tostación o efecto térmico alguno.

Los granitos del segundo tipo y las metamorfitas adyacentes producen a la meteorización un relieve topográfico similar, siendo imposible hacer una diferencia geomorfológica a pesar de las diferencias mineralógicas y texturales.

## 2. CARACTERISTICAS MICROSCOPICAS

El segundo grupo de rocas graníticas citadas previamente presenta las siguientes características petrográficas. La composición mineralógica es ampliamente variable, sin embargo es común en ellas la presencia de microclina y/u ortosa peritética pokilitica reemplazando paragénesis anteriores (fotografías 1, 2, 3, 4, 5). Generalmente da la impresión de una invasión perversiva de feldespato de potasio, en

rocas de composición muy variable, con claros indicios que muestran que dicha invasión se realizó en una roca sólida. Ejemplo de esta invasión es la presencia de paragénesis de cuarzo y plagioclasa muy fracturados y el feldespato de potasio completamente fresco.

Otra característica petrográfica de este tipo de rocas graníticas, es la frecuente presencia de plagioclasas zonadas en rocas que no tienen texturas porfíricas ni evidencia alguna de origen volcánico o hipoabisal (fotografías 5 y 6). Es muy común la textura mirmekítica en los contactos plagioclasa-feldespato potásico (fotografías 7, 8, 9, 10 y 16). Un factor importante es la reiterada aparición de una hastingsita de color azul verdoso muy distintiva (fotografías 11, 12 y 14). Usualmente se presentan pequeñas manchas de biotita secundaria en dicho anfíbol.

En algunos casos estos granitos contienen piroxeno y es usual observar el citado mineral alterándose a biotita (fotografía 11). Es común la presencia de zircones redondeados (fotografía 14). A menudo se observa el cuarzo formando mosaicos de pequeños granos discontinuos ópticamente (fotografía 15), constituyendo grupos lenticulares. Con frecuencia también se encuentran en estos granitos, minerales de metamorfismo tales como sillimanita, cordierita, granate y algunos calcosilicatos.

Es común observar allanitas y otros minerales metamictizados y las inclusiones en biotita a menudo tienen halos pleocroicos. También es notable la presencia de muscovita (fotografía 16).

Los minerales metamórficos y los halos pleocroicos en aquellos incluidos en biotita, son efectos del uranio que al estar incluido en trazos en la trama cristalina de zircones, allanitas y otros minerales con su radiación destruye parcialmente los retículos cristalinos.

### 3. CARACTERISTICAS DE LAS ROCAS METAMORFICAS ADYACENTES

La composición de las metamorfitas asociadas al tipo de granitos descrito anteriormente y su grado de metamorfismo, son ampliamente variables. Se pueden identificar rocas de composición arenácea, pelítica, básica, calcárea, cuarzofeldespática y aún ultrabásica. En grandes áreas estas metamorfitas y los granitos se presentan mezclados e intercalados formando extensos complejos migmatíticos.

Respecto al grado de metamorfismo no puede hablarse *sensu stricto* de él pero pueden identificarse rocas con minerales característicos de facies bajas tales como clorita, andalusita, etc., así como otras con cordierita, sillimanita, diópsida, etc.

En estas rocas metamórficas es muy usual la presencia de asociaciones que no cumplen la regla de las fases a las que no se pueden aplicar los diagramas de facies. Paragénesis en las que se observa microclina, muscovita y sillimanita, otras con diópsida, calcita y microclina (fotografías 17, 18 y 19), son claramente inestables dentro de un metamorfismo

progrado corriente y la presencia de microclina se explica solamente por una formación posterior debida a ingreso de potasio por un proceso metasomático. Igualmente puede decirse en muchos casos de la biotita.

Todo lo descrito en referencia al segundo tipo de granitos y las metamorfitas adyacentes, permite creer que se llega a una facies granitoide a través de un proceso metasomático en el que hay un gran ingreso de alcalis en rocas metamórficas de cualquier composición, hasta que la roca toma un aspecto migmatítico y finalmente al culminar el proceso, una apariencia totalmente granítica.

## 4. DISTRIBUCION GEOGRAFICA EN COLOMBIA DE LAS ROCAS DESCRITAS ANTERIORMENTE

### 4.1. GRANITOIDES

Las rocas graníticas que presentan las características del segundo grupo mencionado previamente en el presente artículo, están expuestas en la mayor parte del área del Escudo de Guayana en territorio de Colombia en las regiones del Vaupés, Guainía, Vichada y pequeños sectores del Caquetá y Amazonas totalizando en esa zona un área de exposición de más de 100.000 km<sup>2</sup> (Ejemplo ver fotografía 20).

Junto con las rocas de aspecto granítico se observan rocas néisicas de composiciones cuarzofeldespática, pelítica, arenácea y básica. Ellas presentan con las rocas graníticas contactos gradacionales o netos pero no intrusivos.

En la parte Andina de Colombia se observan rocas graníticas en un todo similares, situadas en las Cordilleras Oriental, Central, Sierra Nevada de Santa Marta y la Guajira.

Cabe mencionar en la Guajira los granitos de Siapana, Jojoncito, Ipapure, y el metaleucogranito de jarara (Radelli, 1961; Mac Donald, 1964) y en la Sierra Nevada de Santa Marta las grandes extensiones graníticas denominadas en la literatura geológica como batolitos de Atanques, Aracataca, Bolívar, Central Nueva Lucha, el Santuario, Millo, Batolito Complejo de Santa Marta, etc.

Presentan claramente las mismas características microscópicas como puede observarse en muestras tales como GR-20, GR-30, IMN-243, IMN-404A, etc. y en las descripciones de rasgos macroestructurales y mineralógicas de los trabajos del Inventario Minero (Tschanz, et al, 1969) y el Servicio Geológico Nacional (Radelli, 1961).

En el Macizo de los Santanderes las rocas graníticas presentan en su inmensa mayoría características estructurales y petrográficas idénticas a las observables en lo que se ha denominado como batolitos de Rionegro, La Corcova, Santa Bárbara, Batolito de Mogotes, Durania, etc., e igualmente en las rocas graníticas de Floresta (Boyacá).

En la cordillera Central son muy amplias las áreas en que están expuestas rocas graníticas de las

peculiaridades que se han descrito, en primer lugar cabe mencionar las dos grandes fajas "batolíticas" que son reseñadas en la Serranía de San Lucas por Bogotá y Aluja, (1981) donde sus rasgos petrográficos y sus contactos con las rocas metamórficas son totalmente idénticas a las observadas en granitoides del Escudo Guayanés, Macizo de los Santanderes, Sierra Nevada de Santa Marta, etc.

En Antioquia hay numerosas ventanas geológicas en que están expuestas rocas del mismo tipo, que reciben denominaciones como Stock de Santa Isabel, Batolito de Sonsón, Granadorita de Tres Mundos, Cuarzomonzonita de Aquitania, Stock del Buey, etc. y más al sur en la Corillera Central puede mencionarse lo que se ha denominado Batolito del Bosque y la enorme extensión de lo que se conoce como Batolito de Ibagué, en el que los contactos de roca granitoide con las metamorfitas conocidas como Grupo Tierradentro son gradacionales.

Respecto al Macizo de Garzón sobra todo comentario, ya que siempre se ha reconocido su afinidad con el Escudo Guayanés.

Al sur se encuentran granitos similares en la Bota Caucana y al oriente de Nariño en una amplia extensión de la cuenca superior de los ríos Putumayo y Guamúes.

#### 4.2 METAMORFITAS

Entre las rocas metamórficas presentan las características descritas, en la Guajira el grupo denominado de Macuira.

En la Sierra Nevada de Santa Marta hay ejemplos muy interesantes de metasomatismo potásico en metamorfitas de composiciones diversas siendo de destacar este fenómeno en rocas calcáreas tal como se observa en las Granulitas de los Mangos. Presentan distintos afines a las rocas metamórficas del Escudo Guayanés, el Neis de Buritaca, los Neises Anortosfíticos de San Lorenzo, Esquistos de Gaira, Neis de los Muchachitos y las rocas metamórficas magnésicas "Ultramáficas Intrusivas".

En los Santanderes cabe destacar, fuera de lo que se ha denominado como Neis de Bucaramanga, el Ortoneis y la mayor parte de lo que tradicionalmente se ha considerado Formación Silgará. En ésta última se observan frecuentemente asociaciones anormales tales como cordierita-Muscovita-Microlina y Sillimanita-Muscovita-Microlina.

En la Cordillera Central se pueden mencionar en primer lugar los denominados Neises Intrusivos descritos en varios sitios de Antioquia con claras características migmatíticas, igualmente pueden en considerarse la denominada Metatonalita de Puqui, y extensas zonas de anfibolitas y aún de rocas de composición ultrabásica en la región de Medellín, cuyo contacto sur es de carácter migmatítico (Botero, 1963).

En la Cordillera Central en Caldas hay rocas metamórficas de características migmatíticas en la re-

gión de Norcasia y en el Tolima hay todo un complejo de rocas metamórficas denominado Neises y Anfibolitas de Tierradentro, cuyas relaciones con las rocas graníticas son idénticas a las de las rocas granitoides y neisoides del Escudo Guayanés. En el Macizo de Garzón también hay amplias áreas de exposición de rocas neisoides. Si sur en la Bota Caucana, en el oriente de Nariño y oeste del Putumayo existen amplias áreas en que afloran metamorfitas dentro de los que Ponce (1979) denominó Complejo Migmatítico de Nariño.

#### 5. CONCLUSIONES

En el presente trabajo se han enumerado una serie de características comunes entre rocas graníticas y néisicas del Escudo Guayanés y otras de la Zona Andina de Colombia. Lo anterior nos lleva a proponer los siguientes postulados: En primer lugar la mayor parte de las rocas graníticas de la Zona Andina de Colombia, así como gran parte de las rocas metamórficas, presentan características en sus relaciones de campo, estructuras y texturas macro y microscópicas idénticas a las del Escudo Guayanés.

Las características mencionadas son comúnmente descritas en las áreas de Escudo, prácticamente en toda la Tierra y dentro del Escudo Guayanés coinciden muy claramente con zonas donde las dataciones radiométricas por el método Rubidio - Estroncido están circunscritas al Proterozoico (Radambrazil, 1976; Priem, et. al Proradam Colombia, 1979; Kalliokoaki, 1965; Chase, 1965; Bellizia, 1968).

En segundo lugar las rocas que presentan los caracteres antedichos en la Zona Andina Colombiana, se presentan en los núcleos de los Cordilleras Central, Oriental y Sierra Nevada de Santa Marta, en muchos lugares en contacto con sedimentos y metasedimentos del Paleozoico pudiendo observarse que en la zona de contacto hay rocas detríticas y meadetríticas, en las que en los clastos se pueden reconocer las características petrográficas de los granitos-migmatitas-neises objeto de presente artículo (Ver fotografías 21, 22 y 23).

En tercer lugar es importante anotar que aunque los tipos de rocas descritas, tanto neisoides como granitoides aparecen con diversas edades dadas las dataciones Potasio-Argón existentes, desde terciaria hasta precámbricas, en ningún caso hay mención que estas rocas granitoides produzcan metamorfismo de contacto en unidades litológicas adyacentes, presuntamente más antiguas, ni diques que las corten.

Por lo tanto con el presente trabajo se postulan como de edad proterozoica las unidades geológicas expuestas en el Mapa anexo, pudiendo considerarse que ésta es la corteza sílica que sirvió de piso a todos los eventos geológicos ocurridos durante el Fanerozoico en la Zona Andina de Colombia al oriente de la Falla de Romeral.

Las características que se describieron son algo que muestra rasgos comunes a la evolución del Precámbrico en todo el mundo. El Arqueano fue un

período en que la corteza terrestre presentó características petrológicamente oceánicas con abundancia de rocas basálticas.

En el período Proterozoico se formó la corteza siálica o continental, en varios episodios metasomáticos de gran escala que llevaron a la corteza terrestre álcalis, en especial potasio y en menor proporción elementos tales como wolframio, uranio, torio, estaño, molibdeno, etc.

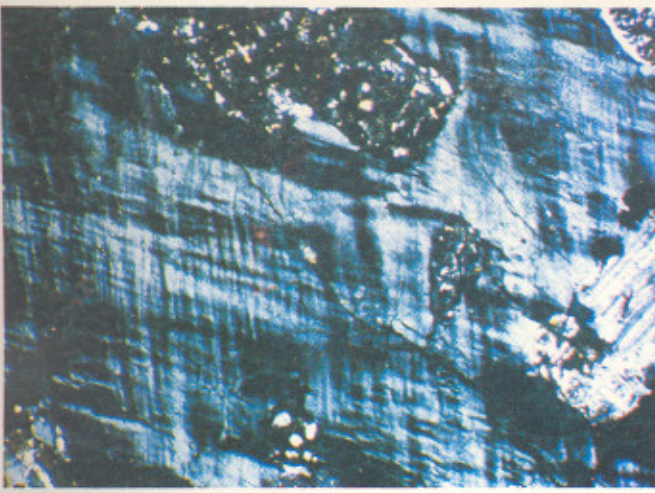
El ingreso del potasio es evidenciado por la abundancia de minerales potásicos secundarios en las rocas descritas, el de sodio por la zonación de las plagioclasas.

Entre los elementos menores, el uranio evidencia su presencia en minerales metamórficos y en los halos pleocróicos que rodean los zircones incluidos en biotita. En ningún otro período de la historia terrestre hay la abundancia de uranio que caracteriza al Proterozoico.

Los granitos del Proterozoico presentan, dado su origen metasomático características petrográficas totalmente diferentes a las rocas graníticas Fanerozóicas exclusivamente originadas en procesos magmáticos de alta temperatura en que la cristalización ocurre e partir de mezclas eutécticas.

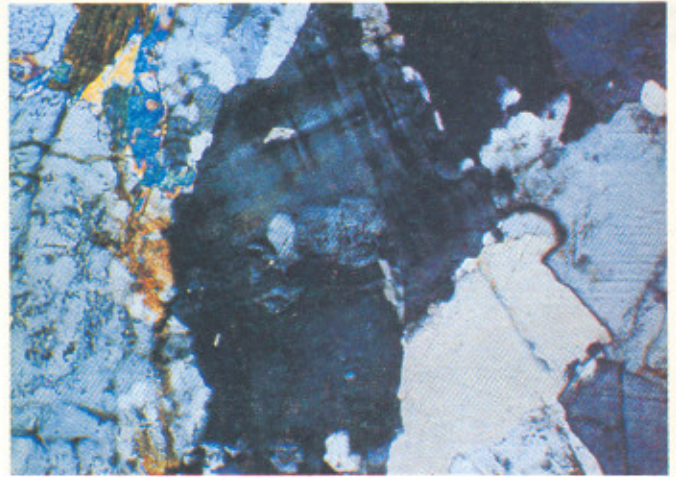
#### BIBLIOGRAFIA

- BOGOTA, J. y ALUJA, J. 1981. Geología de la Serranía de San Lucas, Geología Norandina (Bogotá), No. 4. pp 31-81.
- BOTERO, G. 1963. Contribución al conocimiento de la Geología de la zona central de Antioquia. Anales de la facultad de Minas, Medellín. No. 57.
- CHASE, R.L. 1965. El Complejo de Imataca, la Anfibolita de Panama y la Trondhemita de Guri, rocas Precámbricas del Cuadrilátero de las Adjuntas - Páramo. Estado de Bolívar, Venezuela. Bol. Geol. Caracas. Vol. 7 No. 13. pp. 105-215.
- ESPEJO, A. y SANTAMARIA, F. 1972. Significado de nuevas determinaciones de edades potasio-argón en la Guayana Venezolana. In: Conferencia Geológica inter-Guayana, 9a., 1972. Memoria... Guayana. Ministerio de Minas e Hidrocarburo. Venezuela.
- KALLIOKOAKI, J. 1965. Geology of north Central Guayana Shield, Venezuela. Geol. Soc. Amer., Bull., Vol. 79 No. 9. pp. 1027-1050.
- MAC DONALD, W. 1964. Geology of the Serranía de Macuira Area Guajira Peninsula, Colombia. Tesis de Grado de la Universidad de Princeton.
- MARTIN BELLIZIA, C. 1968. Edades isotópicas de rocas venezolanas. Bol. Geol., Caracas, Vol. 9 No. 19. pp. 356-380.
- PONCE, A. 1979. Anotaciones sobre la Geología del sur-oriente del departamento de Nariño, Bogotá. Informe No. 1769. INGEOMINAS. Bogotá.
- PRIEM, H. Andriessen, P. y otros. 1979. Reconnaissance geochronological of the Precambrian in the Amazonas region of southeaster Colombia. Proradam, Colombia.
- PROJETO RADAMBRASIL, 1976. Folha NA. 19 Pico de Neblina, Levantamiento de Recursos Naturais, Ministerio das Minas e Energia. V. 11, 373 p. Río de Janeiro.
- RADELLI, L. 1961. Contribución a la geología y a la petrografía de la Alta Guajira. Informe No. 1376. Servicio Geológico Nacional. Bogotá.
- TSCHANZ, C.; JIMENO, A. y CRUZ J. 1969. Geology of the Sierra Nevada de Santa Marta Area (Colombia): preliminary report. Bogotá. INGEOMINAS. 323 p.
- ULLUA, C. 1981. Paleozoico Inferior del Area Nororiental del departamento del Huila. III Congreso Colombiano de Geología.



FOTOGRAFIA 1  
Microclina reemplazando Plagioclasa. Oriente de Nariño.

FOTOGRAFIA 2



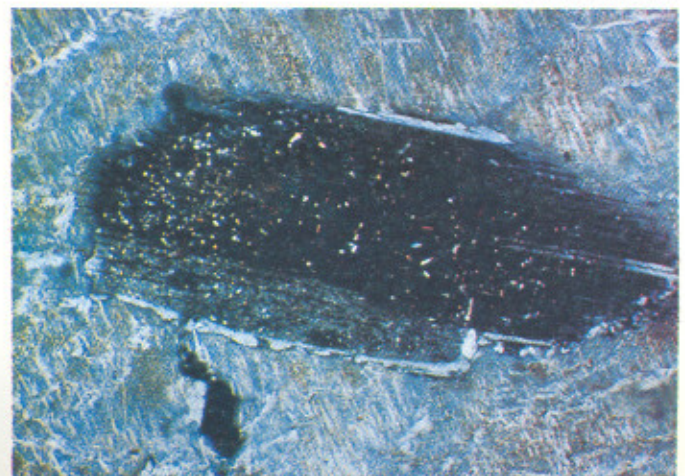
Microclina reemplazando Plagioclasa Poikilítica. Granitos del Nordeste de Antioquia - Zona Remedios.

FOTOGRAFIA 3



Reemplazamiento de Plagioclasa por Ortosa Pertítica. Granito de Santa Bárbara - Santander.

FOTOGRAFIA 4



Plagioclasa encerrada en Pertita. Sierra Nevada de Santa Marta.



FOTOGRAFIA 5  
Microclina reemplazando Plagioclasas, a la parte Superior un cristal de Plagioclase Zonado Batolito de Ibagué.



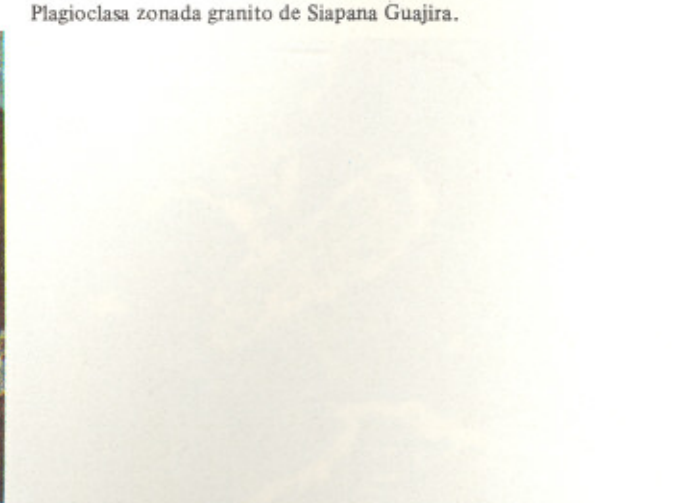
FOTOGRAFIA 6



Plagioclase zonada granito de Siapaná Guajira.

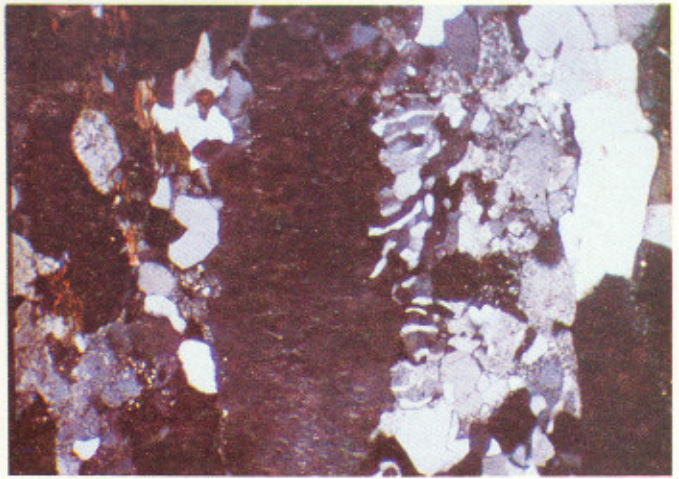


Mirmekitas en el contacto Microclina - Plagioclase. Oriente de Nariño.



FOTOGRAFIA 8

Mirmekitas en el contacto Perthita - Plagioclase. Batolito de Sonsón.



FOTOGRAFIA 9

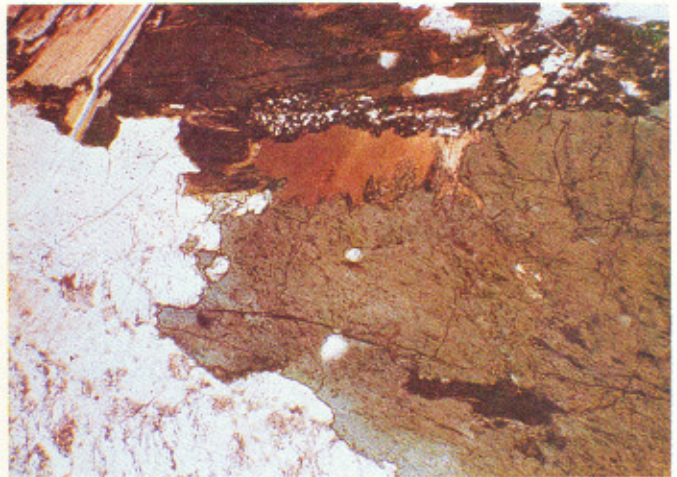
Contacto Mirmekítico entre Ortosa Pertítica y Plagioclasa en la "Granulita de los Mangos", Sierra Nevada de Santa Marta.

FOTOGRAFIA 10



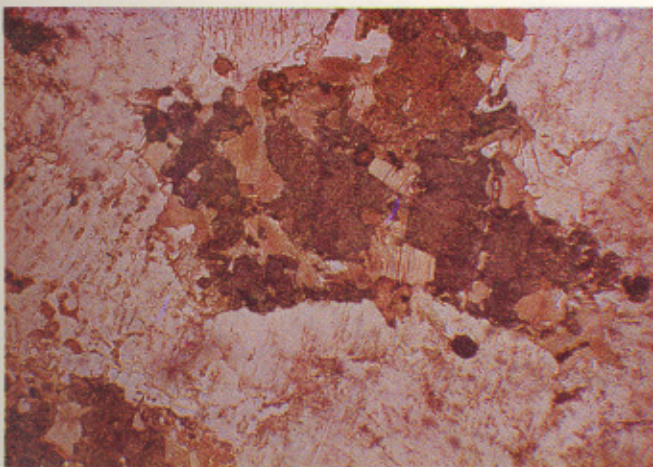
Contacto Mirmekítico Plagioclasa-Pertita. Complejo batolítico de Santa Marta.

FOTOGRAFIA 11

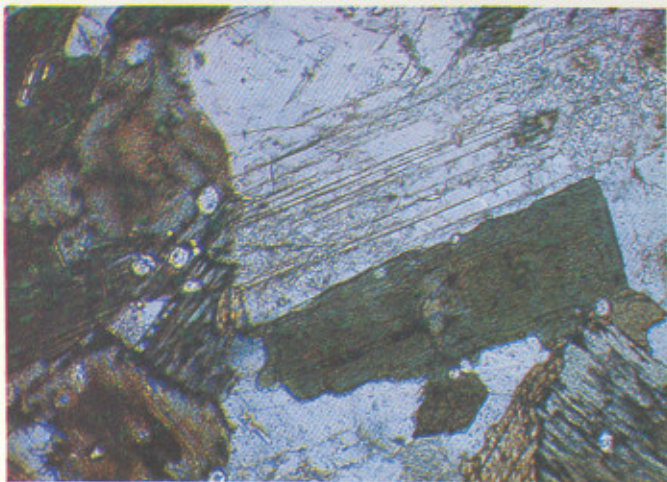


Anfibol hastingsítico reemplazamiento parcial (parte superior de la foto) por biotita. Batolito de Ibagué.

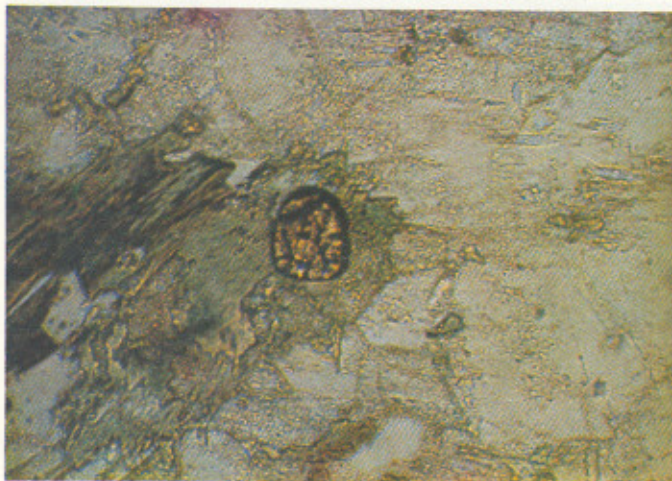
FOTOGRAFIA 12



Anfibol hastingsítico. Sierra Nevada de Santa Marta. Complejo batolítico de Santa Marta.



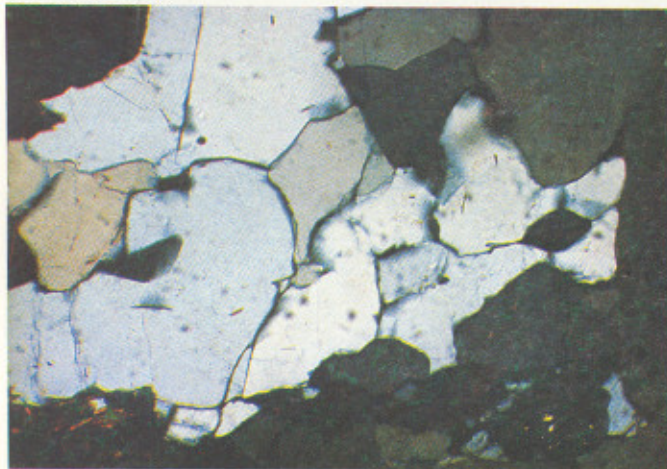
FOTOGRAFIA 13  
Anfibol hastingsítico. Granitos del Nordeste de Antioquia.



FOTOGRAFIA 14

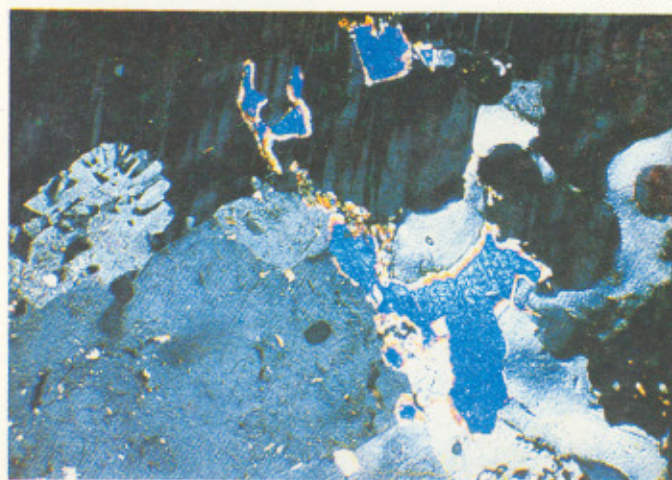
Zircón Redondeado. Sierra Nevada de Santa Marta.

FOTOGRAFIA 15

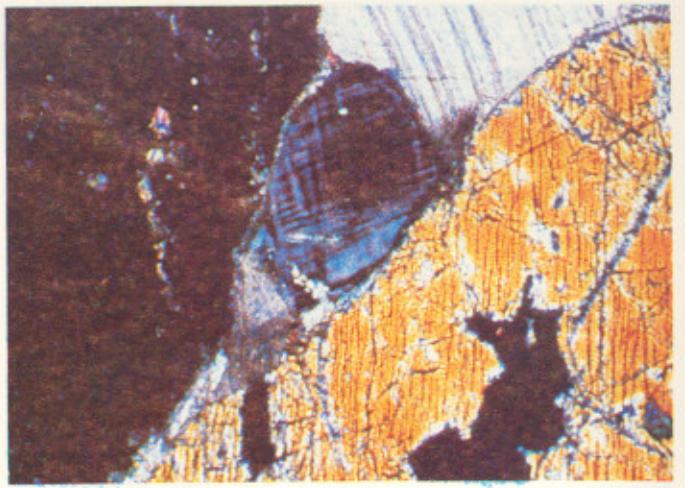


Mosaico de granos de Cuarzo Batolito del Bosque Tolima.

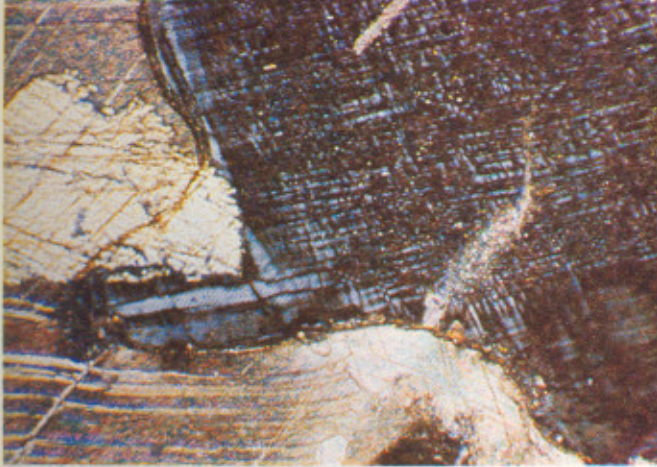
FOTOGRAFIA 16



Contactos Mirmekíticos Feldespato de Potasio-Plagioclasa Muscovita.

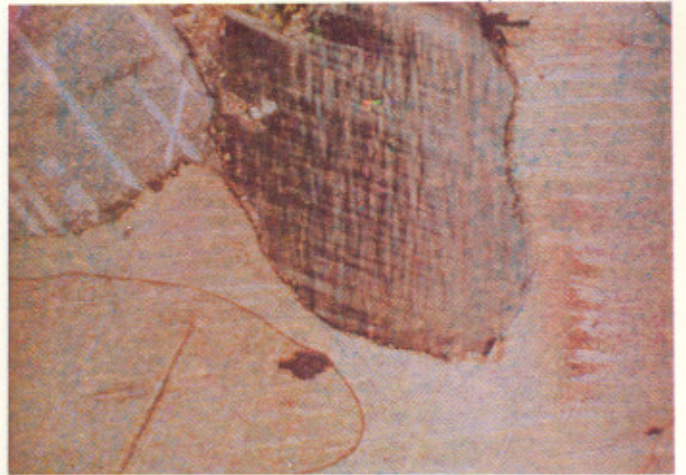


FOTOGRAFIA 17  
Microclina, Diópsida Carbonato. Mármol de la Granulita de los Mangos - Sierra Nevada de Santa Marta.



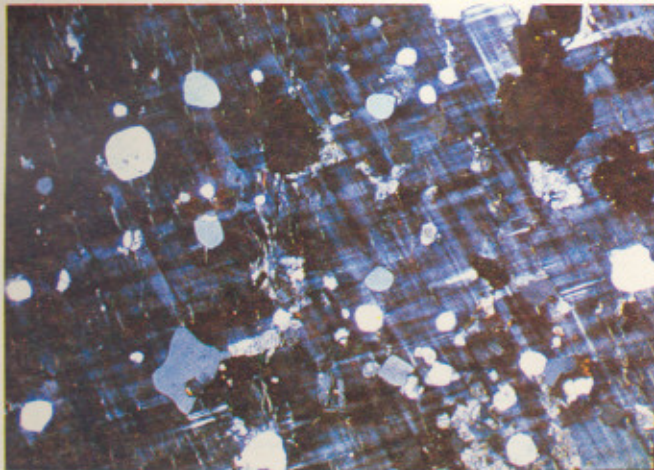
Microclina Carbonato Diópsida. Mármol en la Granulita de los Mangos.

FOTOGRAFIA 19

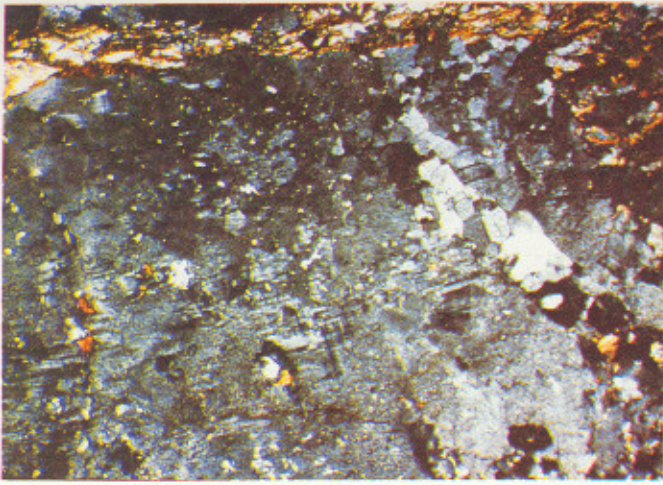


Microclina - Carbonato. Mármol Sierra Nevada de Santa Marta.

FOTOGRAFIA 20



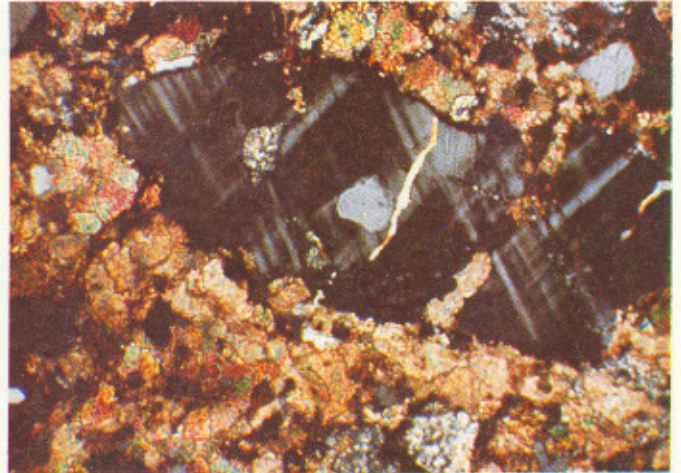
Microclina poikilítica del río Vaupés. Complejo Migmatítico de Mitú.



FOTOGRAFIA 21

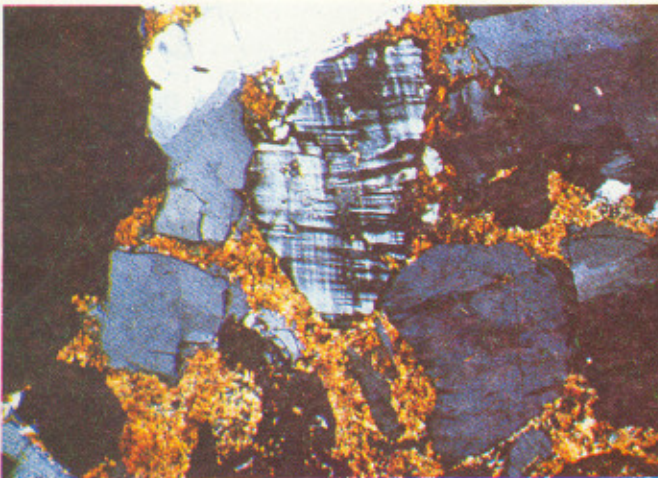
Clasto granítico de un metaconglomerado presentan manchas de microclina reemplazando una paragénesis de plagioclasa y cuarzo. Región de Paramillo Abrego (N. de Santander).

FOTOGRAFIA 22

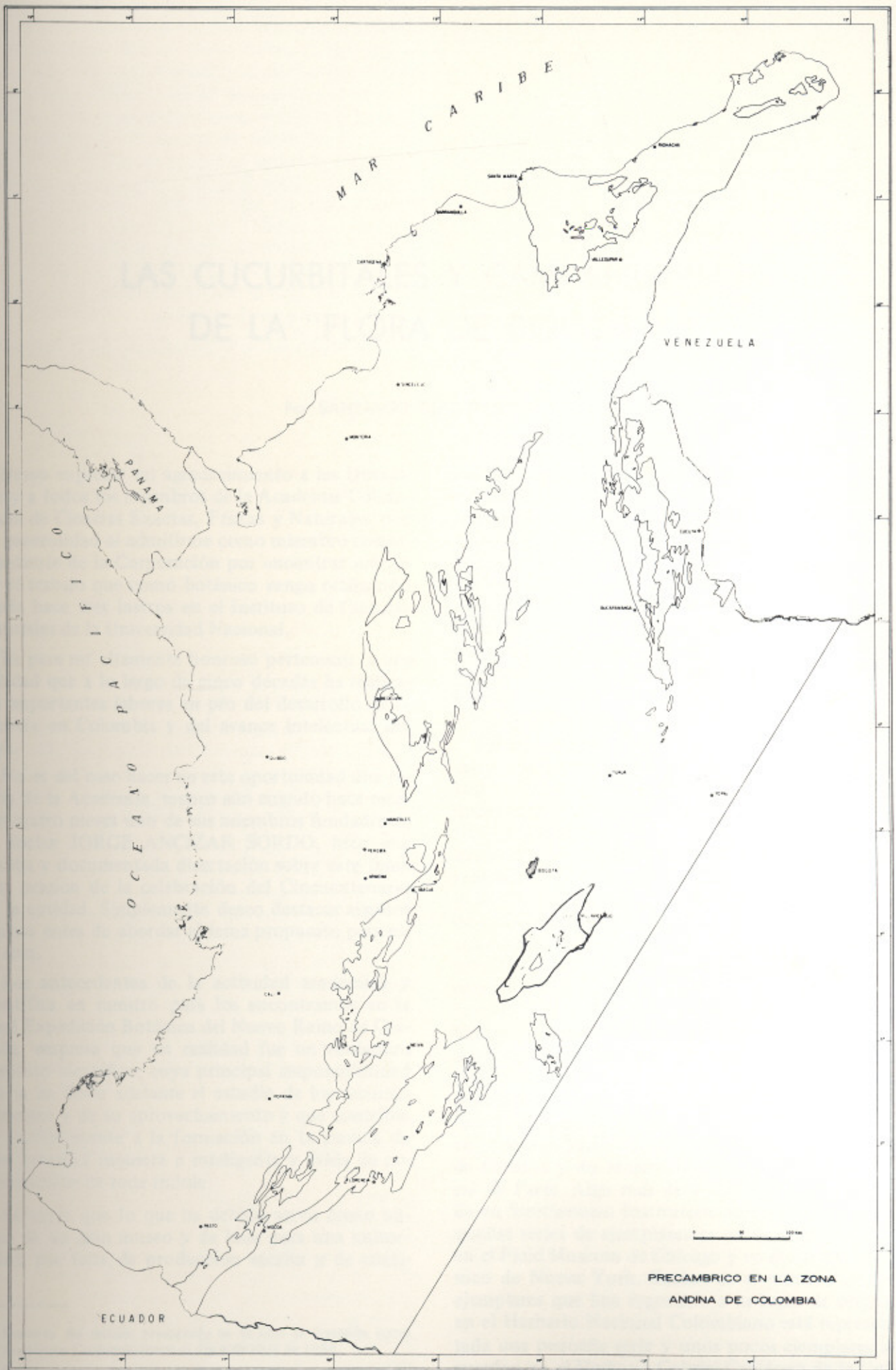


FOTOGRAFIA 23

Clasto de un metaconglomerado en que se observa microclina poikilítica, con inclusiones de plagioclasa y cuarzo. "Serie del Porvenir". Grupo Metamórfico del Nordeste del Huila al Este de Baraya. (Ulloa, C. 1981).



Clasto de Microclina poikilítica Areniscas de Ambicá. Devónico del Nordeste del Huila.



# LAS CUCURBITALES Y CAMPANULALES DE LA "FLORA DE BOGOTA"<sup>1</sup>

Por SANTIAGO DIAZ-PIEDRAHITA<sup>2</sup>

Deseo expresar mi agradecimiento a las Directivas y a todos los miembros de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, por su generosidad al admitirme como miembro correspondiente de la Corporación por encontrar mérito en el trabajo que como botánico vengo realizando desde hace tres lustros en el Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional.

Es para mí altamente honroso pertenecer a una entidad que a lo largo de cinco décadas ha realizado importantes labores en pro del desarrollo de la Ciencia en Colombia y del avance intelectual del país.

No es del caso hacer en esta oportunidad una reseña de la Academia, menos aún cuando hace escasos cuatro meses uno de sus miembros fundadores, el doctor JORGE ANCIZAR SORDO, hizo una amplia y documentada disertación sobre este tema con ocasión de la celebración del Cincuentenario de la entidad. Simplemente deseo destacar algunos hechos antes de abordar el tema propuesto para este acto.

Los antecedentes de la actividad académica y científica en nuestro país los encontramos en la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, empresa que en realidad fue un verdadero instituto científico, cuya principal responsabilidad era la de llevar adelante el estudio de los recursos naturales y de su aprovechamiento y que contribuyó notablemente a la formación en la ciencia de una juventud inquieta e inteligente y ávida de conocimientos de toda índole.

Sabemos que lo que ha debido servir como núcleo de un gran museo y de base para una universidad, por falta de producción escrita y de conti-

nuidad investigativa, llegó a convertirse en una simple exploración florística de una parte reducida del territorio colombiano. Los resultados de esta vasta empresa quedaron reducidos, por razones de todos conocidas, a la colección de láminas de plantas más abundante y lujosa que jamás se haya producido: 5.393 acuarelas de tamaño "in folio mayor" o forma Atlántica, ya iluminadas en color, ya monocromas, réplicas exactas de las primeras, además de 2.320 acuarelas correspondientes a anatomías o disecciones, germinaciones o apuntes acerca de otros aspectos morfológicos.

En la actualidad esta iconografía tiene un gran valor histórico y artístico en tanto que su valor botánico es relativo si se tiene en cuenta que las novedades taxonómicas de la "Flora de Bogotá" no fueron comunicadas oportunamente. Los territorios explorados por miembros de la expedición han sido repetidamente visitados por muchos herborizadores y los descubrimientos científicos que encerraban estas colecciones hace mucho que dejaron de ser novedades. Queda como único resultado científico tangible la increíble y maravillosa colección de láminas que se conserva junto con los ejemplares de herbario de la Expedición en el Jardín Botánico de Madrid. También se guardan duplicados de las colecciones del Herbario de Mutis en el Museo de Historia Natural de Estocolmo y en el Herbario de la Fundación Bergius de la misma ciudad, en los herbarios de la Sociedad Linneana, en Kew Gardens y en el Museo Británico de Londres, en los herbarios de Ginebra y del Museo Nacional de Historia Natural de París. Algo más de 4.000 duplicados se halla en Smithsonian Institution en Washington y pequeñas series de ejemplares se encuentran también en el Field Museum de Chicago y en el Jardín Botánico de Nueva York. Escaso es el número de los ejemplares que han regresado a su lugar de origen; en el Herbario Nacional Colombiano está representada una pequeña serie y unos pocos ejemplares se guardan en el Herbario Gabriel Gutiérrez de la Universidad Nacional en Medellín.

<sup>1</sup> Resumen del estudio presentado en el acto de posesión como Académico Correspondiente el día 4 de abril de 1984.

<sup>2</sup> Profesor titular, Instituto de Ciencias Naturales - Universidad Nacional de Colombia.

El interés por los materiales recopilados por la Expedición siempre ha atraído a la comunidad científica colombiana.

Tras casi cincuenta años de haber ocurrido los tristes sucesos de 1816 aflora el interés por la identificación y publicación de los icones de la Expedición de Mutis. El primer colombiano en examinar la colección de láminas fue don EZEQUIEL URICOECHEA; luego, y como es fácil comprenderlo, fue el botánico zipaquireño JOSE JERONIMO TRIANA quien manifestó su interés y gracias a la influencia del entonces Embajador de Colombia ante el Gobierno de Francia, CARLOS HOLGUIN, logró consultarlas. En la sala de Libros Raros y Curiosos de la Biblioteca Nacional de Colombia en Bogotá, se conservan algunos manuscritos y cartas de don JOSE JERONIMO TRIANA, en especial correspondencia con JULES EMILE PLANCHON. Mezcladas con estos documentos se encuentran copias de dos cartas —infortunadamente sin fecha ni destinatario— en las que hallamos valiosos datos sobre la participación de TRIANA en la catalogación de las láminas y sobre su interés en que se estudiaran tanto el herbario como la colocación de icones y se publicaran estos últimos.

TRIANA logró satisfacer parte de su inquietud al cambiar el orden de las láminas tan apresuradamente empacadas por SINFOROSO MUTIS, —a la sazón privado de la libertad—, y organizarlas en carpetas por géneros siguiendo el Sistema del *Genera Plantarum* de STEPHANO ENDLICHER (1836-1840). Además de catalogar las láminas, Don José elaboró un índice de las mismas e identificó hasta género o especie cerca del 25% de ellas.

Con referencia a los icones de las quinas, sabido es que TRIANA ilustró su artículo '*La Quinología de Bogotá*', con las litografías, aunque la coloración nunca llegó a ser de la misma calidad que la de los originales.

En 1932 el doctor JOSE JOAQUIN CASAS quien había conocido los icones cuando desempeñaba el cargo de Embajador de Colombia ante la República española, tuvo la iniciativa de publicar las láminas y para tal fin promovió en 1933 la creación de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Eran propósitos de la entidad "estudiar y proponer al Gobierno la forma de que la nación colombiana pueda participar en la publicación de las obras de JOSE CELESTINO MUTIS existentes en el Jardín Botánico de Madrid". También era objetivo de la Academia crear un Museo de Ciencias Naturales.

Al dejar Alemania después de obtener un doctorado, el padre ENRIQUE PEREZ ARBELAEZ, viajó a España y en Madrid visitó el Jardín Botánico. Al conocer la iconografía se le convirtió en obsesión su publicación. Viendo que el país carecía de herbarios públicos, jardines botánicos y legislación al respecto y que no existía centro naturalista alguno, secundó la iniciativa del DOCTOR CASAS y a su vez, bajo los auspicios de la recién reorganizada

Universidad Nacional, fundó en 1936 lo que hoy conocemos como Instituto de Ciencias Naturales — Museo de Historia Natural, entidad continuadora de los trabajos iniciados por la Expedición. Las gestiones adelantadas por PEREZ ARBELAEZ poco a poco fructificaron y su iniciativa de publicar la Flora de Mutis tomó cuerpo en 1952, al firmarse el Acuerdo Cultural que pone en manos de los Institutos de Cultura Hispánica de Colombia y España la ejecución del plan editorial. Un convenio adicional suscrito en 1982 deja la responsabilidad científica de la Flora en el Instituto de Ciencias Naturales de Bogotá y en el Jardín Botánico de Madrid. Frutos de este nuevo convenio son los tomos II, III, IV, XLV y los que les seguirán.

La familia de las Cucurbitáceas en Colombia ha sido trabajada por varios botánicos con base en colecciones realizadas por diferentes naturalistas a lo largo de casi 300 años. JOAQUIN, COGNIAUX, TRIANA (autor del género CALYCOPHYSUM), KARTSEN, CUATRECASAS, R. E. SCHULTES y KILLIP entre otros se han ocupado de este grupo. Aún no se ha hecho una revisión de los espacios colombianos.

En los Diarios de Observaciones y Epistolarios de MUTIS y VALENZUELA recopilados y publicados por GUILLERMO HERNANDEZ DE ALBA y PEREZ-ARBELAEZ aparecen muy pocas referencias a las Cucurbitáceas, entre ellas una interesante descripción de *Anguria grandiflora* hecha por Don ELOY VALENZUELA.

Las especies ilustradas son: *Anguria Grandiflora*, *Calycophisum pedunculatum*, *Cayaponia Buraevii*, *C. CF. Coriacea*, *C. Pedata*, *C. Tubulosa*, *Cyclanthera Explodens*, *Elateriopsis Oerstedii*, *Elaterium Trianaei*, *Fevillea Cordifolia*, *Gurania Spimulosa*, *Melothria Trilobata*, *Sicydium Tamnifolium* y *Sicyos Polyacanthus*.

Las cucurbitáceas constituyen una familia compleja con un número aproximado de 120 géneros que incluyen cerca de 1.200 especies en su mayoría de regiones tropicales aunque se extienden a las zonas subtropicales y templadas de los dos hemisferios.

En Colombia la familia está representada por 26 géneros y cerca de 80 especies, siendo el taxón más abundante GURANIA con alrededor de 30 especies. Desde el punto de vista taxonómico, las cucurbitáceas constituyen un grupo complejo y a menudo muy difícil, casi imposible determinar plantas a nivel específico y aún genérico, si no se dispone de ejemplares con flores tanto masculinas como femeninas y con frutos.

De otra parte, se trata de un grupo que requiere una revisión profunda para aclarar la nomenclatura y fijar debidamente la validez y rango de algunos géneros. En el caso de las especies colombianas hay un factor que contribuye al caos sistemático debido a que han sido descritas muchas especies, alguna de las cuales aumentan el número de sinónimos

y existen varios nombres propuestos por ELLSWORTH P. KILLIP que nunca fueron válidamente publicados.

La mayoría de las especies de cucurbitáceas representadas en la Flora de Colombia son nativas, habiendo unas pocas que se introdujeron del Viejo Mundo desde hace largos años.

En la Flora de la Real Expedición Botánica las cucurbitáceas están representadas por 11 géneros y 14 especies en un total de 22 icones.

De los 22 icones tan solo tres llevan la firma del autor. Dos de ellos fueron realizados por FRANCISCO JAVIER MATIS y el tercero por PEDRO DE ALMANSA.

Curiosamente entre las especies representadas en la iconografía no figuran aquellas que sobresalen por su utilidad, dado que desde el punto de vista económico, ésta es una familia importante con muchas especies de plantas cultivadas debido a su valor alimenticio como es el caso de *Cucurbita*, *Sechium*, *Cucumis* y *Citrullus* o aparecidas ampliamente por proporcionar sustancias reputadas como medicinales por ser útiles en labores artesanales y servir para elaborar recipientes, instrumentos musicales y estropajos, tal el caso de *Momordica*, *Luffa*, y *Cucurbita*.

De las familias incluídas dentro del Orden Campanulales en el Sistema de ENGLER, tan sólo dos están representadas en la Flora Colombiana y por ende en la iconografía que nos ocupa. Se trata de las campanuláceas y de las compuestas.

Las especies colombianas de campanuláceas han sido investigadas entre otros por LINNEO HIJO, KUNTH, TRIANA (autor del género *Burmeistera*), WEDDELL, F.E. WIMMER, A. ZAHLBRUCKNER, H.A. GLEASON y R. McVAUGH.

Ha sido propuesto un abundante número de especies, muchas de las cuales corresponden a sinónimos. Se hace necesaria una revisión de esta familia para la Flora Colombiana.

Tanto en el Diario de MUTIS como en el de VALENZUELA aparecen muy pocas referencias a las campanuláceas; entre éstas se destaca la descripción de *Lobelia rupestris* hecha por VALENZUELA en Mariquita en 1783.

En su sentido más amplio las campanuláceas agrupan 65 géneros con cerca de 2.000 especies distribuídas en todos los continentes, tanto en las regiones templadas como en las subtropicales. Algunos géneros tienen su centro de dispersión en las áreas montañosas de Suramérica.

En Colombia esta familia está representada por 10 géneros de los cuales 8 fueron ilustrados por la Flora de Bogotá.

El número de especies calculado para Colombia es de 120 de las cuales tan solo 22 están representadas en la iconografía. Estas especies son: *Burmeistera carnosa*, *B. glabrata*, *B. pennellii*, *B. succulenta*, *Centropogon cornutus*, *C. ferrugineus*, *C. grandis*, *C. granulatus*, *C. ignotipictoris*, *C. pinguis*, *C. un-*

*cialis*, *Diastatea micrantha*, *Hippobroma longiflora*, *Lobelia aquatica*, *L. tenera*, *Lysipomia laciniata*, *Siphocampylus benthamianus*, *S. columnae*, *S. hispidus*, *S. schlimianus* y *Triodanis biflora*.

Los pintores que firmaron láminas de campanuláceas son: MANUEL MARTINEZ, LINO JOSE DE AZERO, JOSE JOAQUIN PEREZ, JUAN FRANCISCO MANSERA, FRANCISCO ESCOBAR Y VILLARROEL, MARIANO DE INOJOZA, ALEJO SAENZ, FRANCISCO JAVIER MATIS, FELIX TELLO y CAMILO QUEZADA.

En la Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada se tratan conjuntamente las Campanuláceas y las Lobeliáceas como una sola familia. Si se trataran separadamente estos dos grupos, el género *Triodanis* Rafin debería ubicarse en las Campanuláceae y los restantes quedarían incluidos en las Lobeliaceae.

La gran familia de las compuestas o asteráceas está representada en la iconografía mutisiana por cerca de 380 láminas discriminadas así: Vernoniaceae 15 láminas, Eupatoriaceae 90 láminas, Astereae 51 láminas, Inulae 12 láminas, Heliantheae 85 láminas, Heleniaceae 6 láminas, Anthemideae 12 láminas, Senecioneae 36 láminas, Mutisieae 35 láminas, Cichorieae 9 láminas y Liabeae 12 láminas.

Las compuestas de Colombia no han sido objeto de un estudio en conjunto: no obstante hay trabajos importantes como los de CUATRECASAS. Además varios botánicos han descrito especies colombianas; entre ellos merecen ser citados aporte de CUATRECASAS, BONPLAND, KUNTH, SCHULTZ BIPONTINUS, H.A. GLEASON y H. ROBINSON y quien les habla.

La sistemática de las compuestas o asteráceas es quizás de las más difíciles por tres factores a saber: el gran número de especies que forman la familia, el enlace existente entre los diversos grupos y el hecho de tratarse de una familia evolutivamente muy joven y que se halla aún en pleno proceso de especiación. Es difícil precisar los caracteres distintivos de las compuestas por la complejidad anotada y por el elevado número de géneros (ca. 1.400) la mayoría de los cuales no han sido monografiados.

Dentro de las dicotiledóneas, las asteráceas forman una de las familias más grandes de plantas vasculares comparable en complejidad y en número de especies (más de 1.400 géneros y entre 20.000 y 30.000 especies), únicamente con las orquidáceas.

En Colombia cuenta esta familia con cerca de 150 géneros y un número aproximado a las 1.200 especies formando así uno de los grupos más prolíficos de "La Flora de Bogotá", donde las compuestas están representadas por 376 láminas, de ellas 268 en color y 108 monocromas además de algunas anatomías.

Las compuestas son cosmopolitas en cuanto a distribución y están presentes en todos los continentes exceptuando la región antártica.

En la zona tropical del Nuevo Mundo esta familia se ha desarrollado notablemente y sin lugar a

dudas, los Andes han servido de centro de diversificación para varias tribus y en esta zona pueden constituir hasta el 20% de la flora. Existen géneros pantropicales, otros son exclusivamente neotropicales, y los hay propios de la zona templada. Donde es menor su abundancia es en las selvas tropicales bajas y en la Amazonía.

En Colombia las compuestas se hallan presentes en todos los climas mostrando amplia plasticidad estructural y notable ajuste ecológico; *Oxycarpha* habita los desiertos y cardonales; *Espeletia*, *Werneria*, *Loricaria* y *Rauliopsis* son características de los páramos; *Tuberostylis* habita en los manglares, muchos géneros abundan en las cordilleras; *Ichthyothere* es frecuente en las sabanas y llanuras y *Stenopadus* y *Gongylolepis* representan la familia en la región amazónica; sin embargo, la mayoría son andinas o tropandinas y se encuentran en activa fase de desarrollo por lo que presentan gran variedad de hábitos.

Dado el número de investigadores que se ocupan del tema, el acopio de nueva información y el depuramiento en las técnicas utilizadas, es posible que en el curso de los próximos años se llegue a una clasificación que satisfaga a la gran mayoría de los sinanterólogos.

En la flora colombiana las tribus están representadas, sensu *Bentham*, de la siguiente forma: *Ver-*

*nonieae* (tribu eminentemente pantropical) con 12-14 géneros y cerca de 80 especies; *Eupatorieae* (eminentemente neotropicales) con 12-36 géneros y cerca de 200 especies; *Astereae* (más de la región holártica) con 16 géneros y un número aproximado de 150 especies; *Inulae* (también holártica) con 12 géneros y casi 40 especies; *Heliantheae* (notoriamente pantropicales), con casi 65 géneros y cerca de 250 especies; *Helenieae* (exclusivas de América) con 5 géneros y cerca de 20 especies; *Anthemideae* (principalmente holárticas) con 7 géneros y 8 especies; *Senecionideae* (cosmopolitas) con 10-15 géneros y casi 300 especies; *Mutisieae* (neotropicales) con 10 géneros y casi 40 especies y *Cichorieae* (predominantemente holártica) con 6 géneros y casi 25 especies.

Para su publicación en la Flora de la Real Expedición Botánica del Nuevo Reino de Granada, las compuestas de la Flora de Bogotá se tratan en los tomos XLV-L.

La primera tribu estudiada ha sido la de las *Vernonieae* de la cual fueron ilustrados cuatro géneros y once especies discriminadas así: *Elephantopus angustifolius*, *E. mollis*, *Pollalesta discolor*, *Pseudelephantopus spicatus*, *P. spiralis*, *Vernonia arborescens*, *V. brachiata*, *V. karstenii*, *V. rubricaulis*, *V. sclareaefolia* y *V. patens*. Las otras tribus están siendo trabajadas en la actualidad y aparecerán paulatinamente.

# ELEMENTOS DE ANALISIS DE LA GESTION AMBIENTAL DEL ESTADO

Por JULIO CARRIZOSA UMAÑA\*

## I

### IMPACTO DE LA PROBLEMATICA AMBIENTAL EN LA ELABORACION DE INSTRUMENTOS POLITICOS.

#### A. DEFINICIONES

##### 1. Ambiente

Ambiente es un concepto referido tanto a un objeto como a un sujeto. El objeto puede ser el planeta tierra, el mar, los continentes, los seres vivientes, la especie humana o uno mismo; en cada caso la pregunta implícita en el concepto ambiente conduce a una respuesta diferente: el ambiente de la tierra es el universo; el del mar, el resto del planeta; el de los seres vivientes es el conjunto de elementos físicos no organizados en formas orgánicas; el de la especie humana es el gran conjunto de elementos no antrópicos y su ambiente es el conjunto de todos los elementos diferentes a usted mismo.

Es también el ambiente un concepto relativo a los objetivos del sujeto que lo considera. Mi concepto actual de ambiente cambia conforme cambian mis objetivos; es uno cuando considero la posibilidad de reordenar los muebles de mi alcoba; es otro cuando trato de no aspirar el cigarrillo de mi vecino de asiento. Cuando camino por la calle mi ambiente es diferente al del vendedor ambulante que me ofrece dulces y cuando miro a mi alrededor los elementos e interrelaciones que considero

mi ambiente son unos si estoy buscando un taxi y otros si estoy admirando el paisaje urbano.

Varía el concepto de ambiente según las formas o modelos que cada cerebro usa para organizar la realidad. Si yo concentro mi visión en el piso del jardín donde me hallo mi ambiente se reduce a la hierba que observo. Si mi compañero de paseo es un entomólogo probablemente su modelo ambiental incluirá algunos insectos, si en nuestro paseo nos acompaña un pintor seguramente el color y la tersura de la hierba serán los elementos que describan su ambiente, pero si todos levantamos la cabeza oír el canto de un pájaro nuestros ambientes cambian.

Es posible, claro esta, abstraer mucho más el concepto y hablar del ambiente del barrio, de la ciudad, del país y hasta del ambiente universal pero todas estas aproximaciones holísticas mantienen implícita su esencia relativa al sujeto que las hace y a sus objetivos. Si un ingeniero sanitario habla del ambiente de la ciudad, probablemente se refiere a elementos como el aire, el agua y las basuras; si es un arquitecto quien trata el tema es posible que incluya el tamaño de los espacios libres, la cantidad de árboles, la distribución de las actividades comerciales, la congestión de vehículos. Si se pregunta a un vendedor ambulante, su concepto sobre una esquina específica será diferente al que tiene el dueño del almacén que allí abre su puerta al de los transeúntes y al de los conductores de vehículos que arrojan a los anteriores anhídrido carbónico. Esto ocurre no sólo porque cada percepción cerebral es diferente sino debido a los distintos objetivos sociales que la enmarcan. Para el vendedor la esquina debe ser lo suficientemente concurrida para mantener la demanda de sus artículos pero con la

\* Este artículo fue presentado en el Seminario sobre Articulación de las Ciencias Organizado por CIFCA en México en noviembre de 1983.

amplitud necesaria para poder instalarse y llevar a cabo sus transacciones; para el comerciante que tiene en la misma esquina su negocio permanente la presencia del vendedor ambulante ha añadido un elemento indeseable en su ambiente, elemento que no sólo puede reducir sus ventas sino que aleja cierta clientela, crea basura, altera su equilibrio estético y tiende a rebajar el nivel del valor de su propiedad raíz; para el transeúnte la presencia del vendedor puede facilitar la compra de un artículo necesario a menos precio y por consiguiente la reducción de sus gastos y el aumento de su tiempo libre. Todos ellos considerarán la presencia del conductor como un elemento degradante de su ambiente mientras que él mismo es posible que ni siquiera los perciba como parte de su ambiente a no ser que se trate de alguien que este mostrándole la ciudad a un amigo, de un consumidor potencial o de un científico social interesado en la evaluación de los negocios marginales.

Estas percepciones individualistas del ambiente tienden a socializarse, a adquirir un carácter holístico, cuando, por una u otra causa, un elemento o grupo de elementos del ambiente se perciben como significativos por grupos de observadores o sea cuando se crean consensos sobre los objetivos y coincide la utilización de elementos o modelos. Si aumenta la congestión de vehículos en una esquina, el ruido de los motores y la concentración de los gases puede hacerse insoportable, tanto para el transeúnte como para el vendedor ambulante, los comerciantes permanentes y aún para los mismos conductores. El aire y su calidad se perciben entonces como elementos ambientales comunes, como el *ambiente social*, porque sus efectos han alcanzado un nivel perceptible por todos ellos y de tal magnitud que a todos los impulsa hacia el objetivo común de evitar el ruido y el olor. El concepto de ambiente es ahora claro para todos los presentes en la esquina a través de su objetivo social de sobrevivir y mediatizado únicamente por las capacidades sensoriales fundamentales.

Este consenso microsocia crea momentáneamente un concepto ambiental holístico diferente a los conceptos individuales, indudablemente ligado a todos ellos pero con dinamismo y vida propias.

Siguiendo estos procesos se han conformado modelos ambientales de diferentes clases. Grupos de observadores coinciden transitoriamente en conjuntos de objetivos y acuerdan los modelos ambientales necesarios para cumplirlos. Así como los ocupantes de una esquina pueden ponerse de acuerdo sobre lo que es ambiente a través del objetivo fundamental de supervivencia, los ocupantes del planeta podrían lograr, en un momento crítico, un consenso sobre lo que es el ambiente global pero necesariamente este sería un proceso mediatizado por multitud de intermediarios, todos ellos con sus propios objetivos y mecanismos de percepción.

Es esta relatividad individual y la consiguiente dificultad de agregación holística la que crea mayores dificultades en la gestión ambiental estatal. La heterogeneidad social crea diversos y transitorios consensos sobre lo que es el ambiente. Para los habitantes de la selva los elementos e interrelaciones que conforman su ambiente son completamente diferentes a los intuidos por los funcionarios públicos que tienen por función administrativa esa misma selva y son otros para los "colonos" que bajan de la cordillera para tratar de asentarse en ese territorio. Para los médicos e ingenieros sanitarios del sector salud los modelos ambientales se refieren a la calidad del agua y del aire, mientras los arquitectos del sector vivienda conforman sus modelos con muros y paisajes, los agrónomos agregan plagas e inundaciones y los ingenieros forestales se preocupan con las hectáreas cubiertas de bosque. El estado trata de conformar sus propios modelos ambientales partiendo de interpretaciones sectoriales de los objetivos de la comunidad. El ambiente es algo diferente para cada sector, de acuerdo a sus objetivos y a sus mecanismos de percepción profesional. Lo anterior crea de por sí dificultades operacionales que se acrecentan cuando los diversos modelos ambientales sectoriales, creados por el estado, se enfrentan a los modelos; explícitos o implícitos; del resto de la comunidad, a la forma como perciben su territorio, su ámbito, su área, aquellos que no están dentro del estado. Esta situación ha existido antes de que se comenzara a hablar de problemas ambientales en los medios de comunicación masiva pero se ha agudizado a partir de la década de los años sesenta cuando conceptos ambientales específicos, creados por objetivos y mecanismos de percepción específicos, ocuparon la atención de los medios de comunicación de los Estados Unidos y se trasladaron a otros países a través de los medios de comunicación masiva y de los canales de transferencia de información entre los estados. El modelo ambiental de "Silent Spring", creado por la conjunción del objetivo científico de proteger la variedad biótica con la mente periodística de Rachel Carson, logró un enorme consenso que abrió camino a varias generaciones de ambientalistas. El paraguas ambiental, enarbolado por fuertes y financiadas manos, ha amparado desde entonces muy diversos modelos justificados por el rótulo ambiental y la calificación de problema. El siguiente punto lo dedicaremos a analizar el concepto de *problema ambiental*.

## 2. Problema ambiental

¿Qué es la problemática ambiental? ¿En qué se diferencia un problema ambiental de un problema común? ¿Por qué es un problema ambiental la siembra de maíz en una ladera y no lo es la siembra de un árbol? ¿Por qué se percibe como problema ambiental la malaria y no la viruela? ¿Por qué la contaminación del agua es un problema ambiental y no lo es la falta de hospitales? ¿Acaso todos estos son problemas ambientales?

Sí, en el límite, el ambiente de un sujeto es todo lo que es diferente a ese sujeto, podría también decirse que todo lo que se oponga a los objetivos de ese sujeto es para él un problema ambiental. Habría, entonces, dos grandes grupos de problemas: los internos al sujeto y los ambientales o externos al sujeto. Sin embargo la amplitud de la anterior clasificación no coincide con el uso del concepto de problema ambiental y no parece, por su universalidad ser útil al análisis que nos ocupa ya que, en el caso del estado, todo lo que se opusiera a sus objetivos y que estuviera fuera de él se convertiría, por definición, en un problema ambiental.

Para aproximarnos a la actual percepción del concepto parece necesario añadir la idea de *umbral*. Aquellos procesos o eventos que traspasen umbrales parecen ser los que generalmente son considerados como parte de la problemática ambiental (GALLOPIN-81). Se dice que "el efecto de una acción puede ser despreciable cuando la acción tiene una intensidad por debajo de cierto umbral, pero si la intensidad de la acción alcanza un valor crítico, puede repentinamente desencadenarse un proceso de cambio acelerado".

Los umbrales pueden ser reversibles o irreversibles. MELNICK señala como influye esto en el análisis económico-ambiental: "dado que en los sistemas ecológicos existen umbrales de irreversibilidad y que los efectos ecológicos no tienen manifestaciones económicas inmediatas, el mecanismo del mercado deja de ser eficiente" (1).

Los umbrales son relativos al sujeto y a su contexto: "Adviértase que la idea de umbrales de irreversibilidad se opone a los principios de la mecánica clásica", advierte MELNICK. La irreversibilidad se refiere a un contexto cognoscitivo y operativo dado. La noción de umbral también varía según el observador sujeto, determinado por la experiencia acumulada en su cerebro y por la capacidad y agudeza de sus sentidos e instrumentos adicionales. En general los umbrales corresponden a diferentes dimensiones de acuerdo a las preguntas lógicas fundamentales sobre el espacio, el tiempo, la sociedad, la técnica, la economía y la cultura; el dónde, el cuándo, para quién, cómo, cuánto y para qué enmarcan el proceso de decisiones, hacen percibir hitos que marcan umbrales entre los ecosistemas, las generaciones, las clases sociales, los paradigmas tecnológicos, la magnitud de los flujos monetarios y los perfiles culturales.

El proceso de cultivar maíz se percibe como un problema ambiental si se efectúa en un ecosistema de ladera y no en un plano; la urbanización de suelos agrícolas traspasa un umbral de irreversibilidad pero sólo se percibe como problema ambiental en aquellos países donde su escasez se considera un peligro para la supervivencia de las generaciones futuras; la destrucción de un parque público puede significar un problema ambiental para aquellos

interesados en el esparcimiento de las clases proletarias en aquellas ciudades en donde son escasos los espacios verdes; las centrales nucleares y la biotecnología son considerados como problema ambiental por los riesgos que implica su desborde de los umbrales del conocimiento intrínsecamente relacionados con los umbrales de supervivencia; una inundación se considera o no un problema ambiental de acuerdo con la magnitud de los recursos necesarios para reparar los daños causados; la colonización de la selva puede efectuarse de tal forma que evite traspasar los anteriores umbrales y aún así considerarse como un problema ambiental cuando implica procesos de aculturación de comunidades nativas.

De este complejo proceso de percepción de umbrales la experiencia objetiva y subjetiva del observador así como la simple agudeza de sus sentidos o la eficiencia de sus instrumentos y herramientas influye tanto en la identificación del proceso o evento como en la visión del umbral traspasado. Volviendo a un ejemplo anterior; en una esquina urbana un transeúnte ilustrado en sanidad ambiental puede ser consciente de los riesgos que corre al aspirar el inodoro, incoloro y tóxico CO, mientras el vendedor ambulante sólo se preocupa por el humo negro sin saber que su toxicidad es mucho menor. El funcionario público ayudado por sistemas de sensores remotos, puede reconocer aquellos procesos de erosión capaces de traspasar el umbral de la catástrofe antes de que estos sean percibidos por el campesino pero, al mismo tiempo, su conciencia sobrecargada por flujos de información provenientes de experiencias ajenas puede sobreestimar la situación y crear problemas donde sólo existen procesos a los cuales se adaptan normalmente las actividades agrícolas.

Estas situaciones de sobre o subestimación de umbrales y de los riesgos de traspasarlos pueden conducir a dos extremos operativos en el estado: la creación de falsos problemas o la generación de oportunidades inalcanzables, tal como lo tipifica Holling, y entre esos extremos se mueve la gestión pública y privada que conduce a la transformación ambiental.

## B. PERCEPCION ESTATAL DE LOS PROBLEMAS AMBIENTALES Y GENERACION DE INSTRUMENTOS

### 1. Percepción estatal del ambiente

El campo de actividad del estado es su ambiente o sea el conjunto de elementos e interrelaciones diferentes al mismo estado. La práctica de esta actividad no puede realizarse sin una priorización que permita concentrar los limitados recursos del estado en partes seleccionadas de la totalidad de su ambiente. El concepto estatal de ambiente es holístico en la medida en que el mismo estado sea capaz de construir una síntesis de las percepciones de los miembros de la comunidad, de lo contrario

será únicamente una agregación simple de algunas de estas visiones, una reproducción de los modelos que usan otros estados o, en el peor de los casos la estatización de una visión personal del jefe de ese estado. Estos falsos holismos inducen la consideración de problemas ambientales artificiales, no percibidos como tales por la comunidad y por lo tanto favorecen el desperdicio de recursos escasos y obstaculizan de hecho los intentos de acción estatal.

Así como el individuo mantiene constantemente interrelaciones sujeto-objeto-ambiente que al ser instrumentalizadas modifican al objeto, al ambiente y al mismo sujeto, en el seno del estado se conforman continuamente flujos de información y de energía que, partiendo del estado como sujeto, seleccionan objetivos, conforman modelos ambientales específicos y generan instrumentos que buscan la coherencia de la secuencia mediante modificaciones de cada uno de los conjuntos. Es en el transcurso de estas interrelaciones sujeto (estado) - objeto (objetivo) - modelo ambiental (instrumento— cuando se gesta lo que comúnmente se denomina problema ambiental debido al surgimiento de contradicciones originadas por las preguntas lógicas fundamentales que obligatoriamente deben ser resueltas en la praxis de la acción del estado para definir el donde, cuando, como, para quien, cuanto y para que de sus conceptos. Lo anterior se ve más claramente cuando el estado trata de lograr diversos objetivos dentro de un mismo espacio geográfico, como ocurre en los programas de ampliación de la frontera agropecuaria; en donde se pretende, al mismo tiempo, mayor producción, reducción de la migración campo-ciudad y conservación de los recursos naturales. Cada uno de estos tres objetivos, aparentemente coherentes, crean en el estado modelos ambientales diferentes e instrumentalidades propias, así como problemas específicos cuando la práctica de su logro obliga a contestar las preguntas fundamentales. Partiendo de cada uno de ellos se conforman en los organismos estatales secuencias de modelos ambientales cuya especificidad y detalle va acrecentándose según se pasa de la idea a la práctica. Son, inicialmente, modelos muy elementales que corresponden a la información global existente en los niveles más altos de decisión pero conforme el objetivo teórico va bajando, en su camino hacia la práctica, los escalones de la estructura estatal, el modelo tiene que contestar las preguntas lógicas; al hacerlo se hace cada vez más complejo y contradictorio, creando internamente un traspasar de umbrales que poco a poco van conformando problemas ambientales, tanto dentro de una sola línea objetivo-ambiente, como entre las diversas líneas que genera cada objetivo.

En nuestro ejemplo cada uno de los tres objetivos crea una secuencia de modelos ambientales con su respectiva área de problemas y el rozar de estos modelos entre sí crea a su vez otros problemas cada vez más claros según la idea se aproxima a la prác-

tica. El objetivo de una mayor producción agropecuaria puede tener inicialmente como fundamento un modelo ambiental constituido solamente por dos variables: área y uso actual. La primera es fácilmente cuantificable y el segundo se percibe como nulo. Se trata, entonces, de poner a producir un apreciable número de hectáreas no usadas. El objetivo de disminución de la migración campo-ciudad se fundamenta generalmente en un modelo muy simple de población sobrante y espacios vacíos. Junto a estos dos objetivos el de conservación de recursos trae también su modelo elemental constituido, generalmente, por una breve descripción de las selvas existentes o, en muchos casos, por dos variables básicas adjetivizadas, representativas de la flora y la fauna del lugar.

Cuando los anteriores modelos básicos pasan de las mesas decisorias al trámite administrativo empiezan a surgir las que hemos llamado preguntas lógicas fundamentales: dónde, cuándo, cómo, cuánto, para quién y para qué:

- ¿Dónde se producirá? ¿Dónde se asentará la población? ¿Dónde se conservarán los recursos de flora y fauna?
- ¿Cuándo se iniciará la producción? ¿Cuándo se poblará el área? ¿Durante cuánto tiempo se protegerá la fauna y la flora?
- ¿Cuánto valdrá la producción? ¿Cuánto valdrá la mano de obra? ¿Cuánto costará proteger la flora y la fauna?
- ¿Quién producirá los productos? ¿Quién recibirá las ganancias? ¿Quién está dispuesto a emigrar? ¿Para quién se protegerá la fauna y la flora?
- ¿Cómo se producirá en esas tierras? ¿Cómo se transportará a los emigrantes? ¿Cómo se protegerá la fauna y la flora?
- ¿Para qué producir más en esas zonas? ¿Para qué aumentar su población? ¿Para qué conservar sus recursos?

Cada una de estas preguntas, así como sus combinaciones, produce una demanda de información que altera el número de elementos y de operaciones consideradas en cada modelo ambiental. El objetivo de aumentar la producción agropecuaria ya no puede reducirse a un modelo de área y uso actual sino debe suministrar información sobre la clase de suelo, el clima, los posibles productos, los paquetes tecnológicos, los costos, su relación con la situación política, etc. El objetivo de desviar las corrientes de migración necesitará un modelo en donde se especifiquen los posibles migrantes, sus deseos de trabajo, el costo de transporte, sus afinidades con las comunidades existentes en la zona. El cumplimiento del objetivo de protección necesitará un modelo de trabajo en donde se desagregue

el bosque en especies, se explique su posible uso actual y futuro, etc. Es en este proceso de desgregación, en el cual se multiplica el número de elementos y procesos que componen los modelos ambientales en donde también empieza a aparecer el concepto de problema ambiental, cuando las preguntas generan respuestas que implican el traspasar de umbrales en el espacio, el tiempo, la técnica, la sociedad, la economía o la cultura.

Los más obvios de estos problemas surgen al comparar respuestas pertenecientes a dos objetivos diferentes; las preguntas, dónde se debe producir, dónde se debe vivir, dónde se debe proteger, producen las contradicciones más duras; pero ellas surgen también al comparar respuestas dadas a diferentes preguntas dentro de un mismo objetivo: se puede no traspasar un umbral cuando simplemente se contesta a la pregunta cómo se debe producir arroz en un sitio dado pero si agrega el tiempo a las dimensiones de espacio y técnica y se insiste en obtener un lugar y un paquete tecnológico que permitan mantener una producción sostenida en el largo plazo, es muy probable que el modelo tenga que hacerse más complejo y que su análisis indique la presencia de problemas ambientales surgidos de procesos que, como la salinización, amenazan con traspasar umbrales relativos a la productividad de los suelos.

## 2. Gestión de Instrumentos

La secuencia estado-objetivo-modelo ambiental se instrumentaliza tan pronto la idea empieza a enfrentarse con la práctica. Una decisión como la de ampliar la frontera agropecuaria para no quedarse en el nivel teórico necesita generar un largo y complejo flujo de información y energía en diversas formas: textos jurídicos, mapas, presupuestos, planes, programas, proyectos, estudios, diseños, licitaciones, concesiones, permisos, contratos, cursos, créditos, construcciones, promociones, controles, subsidios, políticas, etc. Cada uno de estos instrumentos utiliza un modelo específico del ambiente que le concierne, es modificado por este modelo y, a su vez, lo modifica. Algunos instrumentos son tan fuertes y rígidos que superan las preguntas que los han generado, adquieren vida propia, modifican los modelos y llegan hasta a alterar los objetivos como ha sucedido con instrumentos legales que moldean la realidad traspasando los fines iniciales. Otras veces los objetivos mueren antes de verse satisfechos y sin embargo, los instrumentos persisten, generando cambios en los modelos y en la misma realidad, como ha pasado con tantas instituciones jurídicas que, como las concesiones, tienen ya varios siglos de existencia, trascendiendo los objetivos que las generaron.

También los modelos tienen tendencia a persistir, aislados de la interrelación vital con objetivos e instrumentos. Visiones parciales de la realidad, creadas para contestar preguntas específicas dentro de

una relación sujeto-objeto-instrumento, se mantienen artificialmente aún cuando esta relación haya desaparecido, proporcionando respuestas inútiles o perjudicadas a preguntas surgidas de otras interrelaciones. Es el caso de tantos informes, mapas, estudios que son utilizados fuera de contexto para llenar económicamente el vacío cognoscitivo entre el sujeto y su objetivo.

En general, la vida útil de instrumentos y modelos supera la de los objetivos y preguntas que los generaron, trasciende la realidad que los hizo posibles y pasan a formar parte del equipo estatal como patrimonio, tramoya y ropaje indispensable de la burocracia.

Así como el individuo determina su ambiente a través de su percepción y consultando a su experiencia, el estado interpreta los diferentes ambientes circundantes a través de instrumentos y comparando con modelos ya existentes de esa misma realidad. El peatón identifica la existencia de un problema de contaminación utilizando sus sentidos y consultando su memoria mientras la municipalidad requiere la instalación de estaciones con sensores especiales y la existencia de normas o modelos comparativos.

Desgraciadamente, así como el peatón puede estar mal preparado para identificar y subsanar un problema de contaminación, el estado puede tener deficiencias tanto en instrumentos como en modelos. Su proceso histórico de desarrollo, los diferentes modelos ideológicos en que se haya apoyado, los tropiezos que ha sufrido en su enfrentamiento con la realidad, los recursos que están a su disposición, lo han dotado en forma heterogénea. Su patrimonio de modelos e instrumentos corresponde a herencias de muy diferentes raíces. Partiendo de su Constitución Política su percepción de la realidad está fundamentada en visiones del mundo, en ideologías cuyas posibles contradicciones se concretan en las características de instrumentos y modelos.

Así, para contestar una pregunta surgida de la ejecución de un objetivo, la burocracia acude a su colección patrimonial de instrumentos y modelos, gestados para solucionar otras situaciones. Para identificar el lugar apropiado de un proyecto de colonización la burocracia utiliza un antiguo mapa a pequeña escala o desempolva un estudio realizado hace años y sólo cuando es "cuestionada" recomienda la utilización de instrumentos no incluidos entre sus colecciones, como fotografía aérea reciente u otros sistemas de percepción remota que no estén dentro del patrimonio que respalda su poder. Este proceso de gestión puede explicar porque fracasa el estado cuando para distribuir nuevas tierras se utilizan instrumentos que, como el sistema de concesiones, fueron diseñados para resolver ideológicamente problemas de hace siglos o cuando para escoger donde se debe sembrar arroz se acude a

clasificaciones de suelos modeladas para otras zonas climáticas del planeta, etc.

La identificación adecuada de modelos e instrumentos es, entonces, de gran importancia para una gestión ambiental estatal correcta. Esta identificación debe diferenciarse para cada una de las etapas principales de dicha gestión: definición de políticas, planificación y ejecución. En cada una de ellas las características de modelos e instrumentos deben corresponder a la interrelación sujeto-objetivo y a su nivel de decisión funcional.

El proceso de adopción de modelos e instrumentos estatales tiene característica que sobrepasan el objetivo de este estudio. Proporcionamos algunas aproximaciones al tema que aspiramos sea desarrollado en forma más amplia en el futuro.

## II

### INTRODUCCION DE LA DIMENSION AMBIENTAL Y MANEJO CORRECTO DEL AMBIENTE

A través de la historia y por medio de diferentes mecanismos de adaptación a la realidad las varias formas estatales han introducido la dimensión ambiental creando modelos e instrumentos para comprenderla y manejarla.

Estos modelos e instrumentos han influido de una u otra manera en las relaciones entre el hombre y la naturaleza, conciliando a su manera las inevitables contradicciones y creando, a su vez, otras nuevas. Es por eso, incorrecto hablar de la introducción de la dimensión ambiental como si nunca se hubiera tenido en cuenta o buscar como una panacea la planificación ambiental central o el manejo integrado de recursos cuando la primera la encontramos desde los Habsburgos y la segunda durante varios siglos hasta que el estado tuvo suficientes recursos para sectorizarse y especializar sus acciones.

El problema del manejo correcto del ambiente y de los recursos naturales es de mayor complejidad. Trataremos de abordarlo analizándolo dentro de esquemas presentando en el punto anterior o sea como el resultado de un proceso continuo en donde el individuo y el estado gestan modelos e instrumentos para lograr determinados objetivos y en donde esas secuencias de imágenes —acciones conforman transformaciones ambientales de diferentes características. Para ello trataremos los siguientes casos:

- A. Contradicciones entre objetivos del estado.
- B. Incoherencias entre objetivos y modelos.
- C. Incoherencias entre objetivos-modelos e instrumentos.

D. Contradicciones entre objetivos y realizaciones estatales.

E. Contradicciones entre objetivos comunitarios y estatales.

### A. CONTRADICCIONES ENTRE OBJETIVOS DEL ESTADO

El establecimiento de objetivos por parte del estado puede ser el primer paso para la creación de demandas contradictorias sobre el mismo ambiente. Estas contradicciones no siempre son evidentes; es más, en la mayoría de los casos la sola enunciación, casi abstracta, de los objetivos de una política o de un plan, difícilmente crean la impresión de contradicción. El aumento de la productividad agrícola y la industrialización aparecen en documentos estatales como objetivos deseables y armónicos hasta que la secuencia de objetivos-modelos-instrumentos desciende hasta la praxis, contestando, poco a poco, las preguntas impuestas por la lógica operativa: ¿dónde se instalarán las industrias?, ¿dónde se aumentará la producción agropecuaria?, un primer análisis hecho sobre un modelo elemental es posible que no muestre problema ambiental alguno pero paulatinamente es posible también que estos aparezcan conforme la concretan las características de la acción. ¿Cuándo se debe producir uno y otro aumento? ¿Cuánto dinero está disponible y cuánto es necesario? Los parámetros establecidos por las respuestas a estas dos preguntas pueden limitar las soluciones posibles a espacios cercanos a los mercados y a la infraestructura de transporte. Si el espacio libre alrededor de las ciudades tiene aptitudes agropecuarias la contradicción implícita en los objetivos es probable que aparezca entonces o un poco más tarde, al responder la pregunta tecnológica: ¿cómo se hace para aumentar una y otra producción? ¿Qué tecnologías deben usarse? ¿Pueden estas tecnologías evitar la contaminación industrial de los suelos agropecuarios? ¿El agua que existe es suficiente para servir de insumo en ambos procesos? ¿El presupuesto existente es suficiente para instalar filtros de residuos? Aún cuando un análisis integrado de las anteriores demostrará la no existencia de contradicciones entre ambos objetivos quedarían todavía los aspectos sociales y culturales para definirlos: el para quién y el para qué pueden hacer surgir agudas contradicciones o confirmar el estado de conciliación alcanzado. ¿Para quién se buscan los beneficios del aumento de la producción? ¿Se persigue una mayor concentración del sector productivo? Se busca proporcionar mayores ganancias a un grupo específico de productores? ¿Lo que que se pretende es desarrollar un polo de desarrollo? ¿El fin último es proteger una comunidad de la extinción o, es simplemente aumentar las exportaciones? ¿Se puede lograr todo con los elementos ambientales que existen?, ¿el perseguirlo todo, al mismo tiempo, implica necesariamente un impacto sobre estos mismos elementos ambientales y,

naturalmente, sobre la realización de los objetivos? En ocasiones las contradicciones existentes entre objetivos se perciben mucho más rápidamente. Su sola enunciación sin condiciones espaciales, temporales, técnicas, económicas, sociales o culturales, puede conducir a una rápida lectura de contradicciones e impactos ambientales; pero esto sólo sucede cuando las anteriores condiciones están implícitas en el contexto de la enunciación de los objetivos, de acuerdo con el conocimiento de quien los analiza y por la no existencia real de opciones. Es el caso de una isla pequeña en donde el estado propone al mismo tiempo un desarrollo turístico y uno industrial. Los observadores percibirán inmediatamente la existencia del riesgo ambiental por la escasez de espacio disponible pero, como sucede en el caso anterior, la realidad de este riesgo sólo se conocerá el curso del proceso administrativo necesario para ir de la idea hasta la práctica. El desarrollo industrial y turístico de una isla puede conducir a impactos ambientales significativos o no; todo depende de las características de la isla y de los proyectos.

A pesar de las dificultades que hemos analizado es evidente que la percepción precoz de posibles contradicciones entre objetivos debe, por lo menos, servir de voz de alerta sobre la existencia de riesgos ambientales que el estado debe tomar en cuenta en el largo viaje del objetivo a la ejecución de las acciones necesarias. Esta percepción del riesgo no es gratuita; surge de la experiencia y ella influye también en el proceso de selección de modelos e instrumentos que entonces se inicia.

## B. INCOHERENCIAS ENTRE MODELOS Y OBJETIVOS

Antes y después de la enunciación de objetivos el estado utiliza modelos de la realidad para su gestión. El objetivo se formula luego de un análisis explícito o implícito de un diagnóstico.

Este último puede ser simplemente un esquema mental personal de quien propone el objetivo pero implica, de todos modos, la existencia de un modelo. Cuando el estado inicia la concreción de las acciones destinadas para ejecutar ese objetivo es imprescindible partir de un modelo de esa misma realidad, un estudio básico que incluya no sólo el análisis de causalidad característico del diagnóstico sino que permita prever las acciones futuras necesarias dentro de un contexto más amplio.

Estos primeros eslabones diagnósticos-objetivos-estudios básicos, pueden ser coherentes o incoherentes.

La coherencia entre el diagnóstico y el objetivo se puede analizar lógicamente dentro de las dimensiones de espacio, técnica, economía, sociedad y cultura. La lectura del diagnóstico puede encerrar

incoherencias relativas a cada una de ellas; un objetivo puede sobrepasar los límites lógicos del diagnóstico cuando extrapola en alguna o en todas estas dimensiones. Es el caso de la utilización de diagnósticos parciales para deducir objetivos que afectan situaciones por fuera de sus mismos límites, como sucede cuando el análisis de lo que sucede en una localidad específica, hoy, en un medio económico dado, que mantiene cierto nivel tecnológico, que afecta a una clase social, dentro de un marco cultural específico, fundamenta objetivos para toda una nación, en el largo plazo, para cualquier medio económico y para todas las clases y culturas que alberga.

Esta clase de incoherencias tiene su clímax cuando se utilizan diagnósticos elaborados en las circunstancias lógicas de un país para fundamentar objetivos de otro país. Esta clase de extrapolaciones, aunque parezca absurdo, fueron comunes al inicio de la década de los setenta, cuando el concepto de "una sola tierra" fundamentó la internacionalización de los movimientos ambientales.

El siguiente paso administrativo, del objetivo al estudio básico, presenta también riesgos de incoherencia. Como se ha mencionado atrás, los modelos tienen vida propia en el patrimonio de las burocracias y ellos mismos, los burócratas, tienden a maximizar esa vida útil cuando desciende su propia creatividad, en la misma forma en que el empresario industrial tiende a maximizar la vida útil de su equipo cuando desciende su ímpetu innovador o sus reservas de capital. Es así como la burocracia tiende a ofrecer para cumplir el nuevo objetivo modelos elaborados para contestar antiguas preguntas. Esto les permite hacerse útiles sin correr el peligro de perder posiciones de poder a manos de quienes pueden construir el modelo adecuado. Esta primera trampa de incoherencia puede presentarse en forma muy elemental, como cuando se utiliza el único mapa existente, a la escala disponible, para trazar sobre la mesa de un Consejo de Ministros una carretera. El trazo así elaborado sobre un mapa desactualizado, a escala pequeñísima y en dos dimensiones, modelo completamente inadecuado pero único disponible para la burocracia presidencial, se convierte en el primer modelo de ese objetivo y al ser trazado al más alto nivel de decisión adquiere carácter casi sagrado aún cuando el aumentar la escala se encuentren pasos difíciles, ríos demasiado anchos, bosques valiosísimos, pantanos o agudas pendientes que aumenten paulatinamente el costo social de la acción sin que nadie se atreva a modificar una decisión que probablemente nunca tuvo la intención de adquirir ese carácter definitivo.

En ocasiones los modelos mantienen su perdurabilidad por razones más sutiles que las posiciones burocráticas. Sucede esto cuando el modelo ha sido concientemente elaborado de acuerdo con una línea ideológica, siguiendo una cadena dentro de un mismo paradigma. En ese caso el modelo permanece vivo no como patrimonio burocrático sino como

capital político, fundamentado en raíces ideológicas y filosóficas y protegido por sus representantes dentro del estado.

La incoherencia entre estos modelos y los objetivos del estado se presenta cuando estos son conscientemente pluralistas o cuando existen líneas ideológicas infiltradas diferentes a las de quienes establecen los objetivos. Puede entonces suceder que un diagnóstico marxista con objetivos marxistas tenga que utilizar como estudios básicos los elaborados siguiendo paradigmas positivistas, como sucede a menudo en el Tercer Mundo en donde la tecnología para realizar estos estudios ha sido transferida desde fuentes pragmáticas o, viceversa, un diagnóstico pragmático, puede ser utilizado por un gobierno marxista para fundamentar sus objetivos y, para complicar más las cosas, los únicos estudios básicos disponibles pueden haber sido orientados por la visión de un geógrafo físico determinista.

Lo anterior no es evidente a la visión general de ciertas clases políticas que perciben los modelos técnicos como entes neutrales de valor universal y que no admiten o no quieren considerar la posibilidad de su relatividad ideológica. Para ellos el "diagnóstico" o el "estudio básico" al ser presentados como documentos "técnicos" adquieren valores por encima de las consideraciones políticas sin darse cuenta de que al escoger, entre el universo observable, unas pocas variables (GARCIA-82) y operaciones y al determinar las preguntas que deben ser contestadas, quien diseña los modelos está determinándolos según su propia visión del mundo.

Un tercer tipo de incoherencias se presenta no por motivos burocráticos o ideológicos sino por circunstancias profesionales. Hemos visto como la definición de ambiente es relativa a la percepción individual o colectiva y como esta percepción tiene que consultar a la memoria. Al estar nutrida esta memoria en forma unidisciplinaria el conjunto de datos determina su visión del mundo. El modelo elaborado por un grupo de economistas será diferente al elaborado por uno de ingenieros civiles. Volviendo al ejemplo de la carretera, si los estudios básicos para concretar el proyecto son elaborados por ingenieros civiles las variables que ellos tomarán en cuenta serán diferentes a las que consideraría un grupo de geógrafos; el objetivo, que era multidisciplinario en sí, construir una carretera para el desarrollo de un país, no es coherente con el modelo que se utiliza para definirlo, si éste, el mapa, se restringe a presentar las tres dimensiones básicas sin informar sobre los bosques existentes, la importancia de los ríos, la inestabilidad de los estratos geológicos, la presencia de comunidades nativas, etc.

Finalmente es preciso tener en cuenta que la organización transnacional de la actividad de consultoría y el fortalecimiento de los sistemas de organización electrónica de información han hecho posible

una alta ingerencia del poder de grupos financieros industriales y comerciales en el proceso de gestión y adopción de modelos. Los modelos gestados a muy alto nivel académico son sistematizados y comercializados como "soft ware", como cajas negras que se pueden poner a funcionar en equipos electrónicos de marcas específicas y que producen información suministrando los insumos adecuados a cada modelo. La utilización de estos modelos, indispensables para mantenerse si no al nivel por lo menos no alejados formalmente de la ciencia y la técnica contemporáneas, plantea muy graves problemas de incoherencia con los objetivos de cada estado.

Las hipótesis tácitas de dichos modelos son generalmente escogidas como válidas para circunstancias específicas que pueden no existir en otros entornos y cuya no existencia naturalmente invalida los resultados del modelo. Ejemplo interesante, aún cuando no extremo, es la utilización de modelos de procesos de eutroficación para el manejo de depósitos de agua. Los modelos disponibles hasta hace muy poco tiempo habían sido desarrollados para estanques situados en zonas templadas; recientes desarrollos investigativos han demostrado que las ecuaciones válidas para lagos tropicales tienen diferencias significativas que indican métodos diferentes de aproximación al problema.

Los procesos de selección de modelos explicados arriba pueden producir diversos tipos de incoherencias; algunas tendrán que ver simplemente con la escala de los modelos, otras con el grado de agregación de las variables, otras con el conjunto de variables y operaciones incluidas o algunas pueden referirse a la forma del modelo, a su funcionamiento o a su estructura interna.

Las incoherencias entre objetivos y modelos debidas al grado de agregación de las variables y a la escala del modelo se producen cuando las acciones determinadas por el objetivo afectan conjuntos de variables no especificadas en el modelo por estar incluidas dentro de grupos tratados homogéneamente. En el ejemplo de trazado de una carretera ésta puede afectar o ser afectada por características del terreno incluidas dentro del punto o grano más pequeño de su impresión tipográfica y por lo tanto no pueden ser tenidas en cuenta por quienes efectúan ese primer trazo.

El conjunto de operaciones y variables incluidas en el modelo puede ser incoherente con el objetivo que lo usa cuando este conjunto no incluye aquellos elementos ambientales que pueden ser afectados significativamente por las acciones que implica el objetivo. En el ejemplo anterior, aún el uso de un mapa a escala mayor puede llevar a incoherencias si en este mapa no están representadas las diferencias de nivel o si los bosques y clases de suelos no están adecuadamente clasificados.

Los modelos, en general, pueden ser físicos o abstractos y esa definición formal puede llevar implícita una incoherencia con el objetivo buscado si ella afecta la posibilidad de crear un ámbito adecuado para el estudio del desarrollo de la acción ya que en el estado actual de la técnica de modelaje algunas operaciones y variables no pueden ser modelados por los algoritmos existentes o su simulación física está por encima de los recursos de construcción. El cumplimiento del objetivo de mejorar la calidad de agua de un depósito puede encerrar la necesidad de simulación de varios procesos limnológicos, algunos de los cuales pueden abstraerse en modelos matemáticos, otros dependen de la forma específica del embalse y necesitan algún tipo de representación física para su correcta simulación.

El funcionamiento estático o dinámico del modelo puede también ser incoherente con el objetivo buscado en la medida en que este tenga interrelaciones con procesos de mayor o menor velocidad de cambio. Si se emplea un modelo estático para proyectar la ejecución de un objetivo que es esencialmente dinámico o que desencadenará procesos dinámicos, las acciones estarán simuladas sólo por un punto de una cadena de hechos cuya trayectoria puede alcanzar valores muy diferentes. El empleo de un mapa para estudiar los efectos de una carretera sobre los bosques de una región no es coherente con el objetivo de protección de esos recursos naturales por mayor que sea la escala y por muy bien que estén representados estos bosques pues el proceso de deforestación dado su dinamismo requiere de modelos actualizables periódicamente.

Los modelos contienen objetivos internos que determinan su estructura, sus funciones y sus indicadores. Estos objetivos pueden o no ser coherentes con el que actualmente se busca al emplear el modelo. Un mundo construido para optimizar una variable específica puede no ser el indicado para lograr un objetivo relacionado con el desarrollo de un grupo de variables. Un modelo de simple simulación de las interrelaciones de un conjunto de variables puede ser tan general que imposibilite su utilización para un objetivo más restringido. El cumplimiento del objetivo de mejorar la calidad de agua de una corriente puede utilizar muy diversos modelos; si se reduce a uno solo de ellos como el que maximiza la presencia de oxígeno estará cumpliendo solo la parte concerniente a las relaciones de esa calidad de agua con uno sólo de sus usos.

### C. INCOHERENCIAS ENTRE OBJETIVOS, MODELOS E INSTRUMENTOS

Los instrumentos que utiliza el estado para concretar sus acciones según sus objetivos y modelos pueden también ser incoherentes con ellos, originando no sólo ineficiencia en la consecución de los mismos objetivos sino afectando el ambiente o sea el resto de la realidad circundante.

Como ocurre con los modelos, los instrumentos existen tanto en el patrimonio del estado como en el mercado y su existencia obedece a los objetivos de quienes los han creado.

Para el cumplimiento de sus objetivos específicos los estados pueden crear sus propios instrumentos, acudir a sus propios almacenes o ir al mercado. La decisión está naturalmente relacionada con los recursos que el estado está dispuesto a dedicar a una acción específica. La escasez real de estos recursos o la decisión de minimizarlos para cumplir algunos objetivos puede conducir al empleo de instrumentos insuficientes o no adecuados con el consiguiente desequilibrio y subsiguiente transferencia de energía y materiales. La utilización de instrumentos del mercado tecnológico comercial o de los existentes en los sistemas de cooperación técnica internacional puede también conducir a la elección de instrumentos no coherentes con las características del ambiente. La reutilización de instrumentos diseñados para otros objetivos puede ocasionar ineficiencias de diversa índole y desviación de las acciones hacia otros objetivos.

Como sucede en el caso anterior, la existencia de círculos de poder financiero, ideológico, profesional o simplemente burocrático puede inducir la utilización de instrumentos no adecuados ni a los objetivos ni a los modelos.

En el proceso de decisión de instrumentos el estado debe escoger entre las opciones jurídicas, económicas, infraestructurales, informáticas, organizativas, productivas y distributivas más adecuadas a cada objetivo y para ello tiene que ser capaz de esclarecer su valor entre los que ofrecen los diferentes grupos.

La matriz del mercado de instrumentos entre los cuales debe decidir el estado es, entonces, en extremo compleja. Teóricamente cada uno de los grupos de poder puede ofrecer soluciones instrumentales diferentes, aún cuando pueden suceder coincidencias formales o coyunturales ya que, en ocasiones, los intereses de varios grupos coincidirán en señalar iguales instrumentos, los cuales no necesariamente serán coherentes con los objetivos estatales.

La sabiduría de quien decide está en escoger aquellos instrumentos que en ese complejo mercado sean coherentes con el incumplimiento del objetivo estatal. Ofreceremos algunos ejemplos.

El cumplimiento de un objetivo general como el desarrollo integral de una región al buscar los instrumentos adecuados para su cumplimiento encuentra las más diversas ofertas jurídicas, organizativas, informáticas, infraestructurales, productivas y distributivas para conformar los respectivos proyectos: nuevas leyes, sistemas de control policivo, organización de cooperativas, sistemas de educación am-

biental, extensión agropecuaria, bancos de datos, cursos de entrenamiento para funcionarios, carreteras, viviendas, viveros, distritos de riego, bodegas, agroindustrias, subsidios, políticas de precios, créditos, producción directa estatal, etc. La coherencia entre ellos y el objetivo puede percibirse analizando el diagnóstico y los estudios básicos correspondientes pero aún con modelos adecuados para estas dos etapas la escogencia del instrumento es labor compleja.

Aparece claramente en el ejemplo anterior la necesidad de coherencia de la secuencia objetivo modelo-instrumento. Si el modelo con el cual se ha efectuado el diagnóstico no ha tenido en cuenta la integralidad del ambiente biofísico-económico-social y se ha referido solamente a un sector o un grupo de sectores, los instrumentos referidos a ese segmento ambiental aparecerán a los ojos de quien decide como los más coherentes y esta falsa afinidad modelo-instrumento llevará la acción del estado fuera del objetivo inicial. Si los estudios básicos han incluido solo la descripción de las variables físico-bióticas aparecerá como si los instrumentos fueran los adecuados para impulsar el asentamiento rural en zonas que pueden ya estar ocupadas por otras comunidades o que fueron ocupadas con resultados adversos en épocas anteriores. Un diagnóstico más integral hubiera señalado la necesidad de profundizar la situación socio-económica o identificado la urgencia de adoptar instrumentos de política social y económica. Por otra parte, la presión de un grupo específico, profesional, financiero, burocrático, político, etc., pueden también, como en el caso anterior, forzar la introducción de instrumentos no coherentes u obstaculizar la adopción de instrumentos contradictorios con sus objetivos de grupo. Un grupo profesional de ingenieros puede impulsar, como única solución la construcción de carreteras, los grupos industriales pueden estar de acuerdo con esta definición instrumental en razón de la existencia de inventarios internacionales de maquinaria y la opinión de estos dos grupos puede hacer crecer tanto la importancia del componente que agote la reserva de recursos o los minimice para la adopción de cualquier otro instrumento.

En forma similar la preponderancia de un concepto ideológico como el liberalismo económico unido a los intereses de la banca internacional pueden forzar una política de desarrollo de nuevas tierras mediante la utilización de instrumentos como las concesiones y las políticas de comercio exterior, de crédito y de precios.

Las posibilidades de error son numerosas y en la mayoría de los casos la selección de los componentes instrumentales de un programa se hace en forma acelerada, lo cual aumenta el peligro de incoherencia. En el ejemplo anterior los círculos burocráticos pueden ofrecer en los estados débiles como único instrumento de su patrimonio una estructura legal de incentivos fiscales y esta coincidencia con

el paradigma de libre empresa, unida a la necesidad de hacer algo puede transformar un programa de desarrollo integral en un esquema de incentivos legales para aumentar los márgenes de ganancia de grupos reducidos de empresarios. Es aquí necesario recordar que la sola definición general del instrumento puede ocultar diferentes opciones de diseño y de utilización. Un componente de educación ambiental puede significar cosas muy diferentes según sea diseñado. Una carretera puede impulsar la producción de suelos de primera clase o la deforestación de un Parque Nacional. La definición de un componente instrumental es solo un paso más en otra cadena más de modelos instrumentos en donde poco a poco el estado se aproxima a su contacto con la realidad. Los últimos detalles de esta secuencia, la escogencia definitiva de un diseño específico de una maquinaria, la decisión de un ingeniero de campo sobre un ponteadero puede implicar la iniciación de procesos no previstos en todo el período de planificación.

#### D. CONTRADICCIÓN ENTRE OBJETIVOS Y REALIZACIONES FINALES DEL ESTADO

No por lo obvio deja de ser indispensable señalar que aunque se conserve la coherencia de la secuencia objetivo-modelos-instrumentos siempre es posible y probable que la realización final del estado esté en contradicción con el objetivo buscado.

La probabilidad de esta contradicción disminuye cuando se trata de un objetivo simple y pequeño y aumenta según la complejidad y magnitud de este multiplica los puntos de contacto entre los instrumentos finales y la realidad física, biótica, económica y social.

Lo que se prueba en esta etapa final es la coherencia entre la realidad y todo el conjunto de análisis-síntesis estatales con sus correspondientes hipótesis sobre esa misma realidad.

En términos generales es posible decir que una acción del estado fracasa cuando falla en introducir adecuadamente los elementos e interrelaciones ambientales en la ejecución de sus objetivos o sea cuando no cuenta con el medio económico, no tiene la colaboración del medio social y no es compatible con el medio físico-biótico.

En efecto, la acción puede haber sido planeada adecuadamente hasta el nivel de diseño pero es en la ejecución de la misma cuando ocurre la introducción real de la dimensión ambiental en formas muy concretas. Es entonces cuando la imagen, necesariamente reducida y muchas veces estática de la realidad, choca con un universo complejo y cambiante, con las naturales consecuencias: las máquinas de remoción de tierra encuentran los estratos inestables o las discontinuidades en las asociaciones de suelos fértiles, los leñadores se enfrentan con las comunidades de primates que se creían extingui-

das, las presas conforman habitats para el anopheles, el ácido empieza a corroer los metales, los malos caminos no permiten la entrada de las turbinas, las comunidades nativas se oponen al paso de los tractores o, finalmente, se demuestra si los fondos asignados al proyecto están o no en caja en el momento en que es necesario pagar a los obreros. Es aquí y ahora cuando ocurre la prueba inicial de la eficiencia de la introducción de la dimensión ambiental en las actividades del estado pero este fuerte proceso de adaptación al ambiente se mantendrá a lo largo de la construcción, de su vida útil y de la última etapa de deterioro y muerte. Tanto el medio físico-biótico como el socio-económico cambiarán continuamente mientras la realización del estado, en la mayoría de los casos, estará rígidamente definida, como una piedra en la mitad del camino de la evolución, forzada a mantener su forma y contenido por las estructuras burocráticas y políticas hasta que estas se percaten de la necesidad del cambio.

#### E. CONTRADICCIONES ENTRE LOS OBJETIVOS DE LA COMUNIDAD Y LOS DEL ESTADO

Finalmente es necesario recordar que el análisis hasta este punto han mantenido tácita una hipótesis fundamental: la validez de los objetivos estatales enfrente a la comunidad.

Hemos supuesto que los objetivos escogidos por el estado, en una u otra forma, son válidos desde el punto de vista ambiental o sea que su correcto cumplimiento no origina el deterioro o la degradación del ambiente físico-biótico, social y económico.

Hemos visto como es complejo el análisis de las contradicciones entre los diversos objetivos del estado pero no hemos considerado la posible existencia de objetivos comunitarios que al enfrentarlos con los del estado materialicen problemas ambientales. Lo anterior se presenta en la medida en que el estado no tenga la capacidad de representar adecuadamente los intereses de la comunidad que lo ha formado. La probabilidad de que ello suceda aumenta en diversas circunstancias y se torna imposible de evaluar cuando consideramos no sólo los objetivos de la comunidad actual, sino de sus descendientes o sea de las comunidades futuras. Esta última posibilidad, la de que el estado actual actúe en contradicción con los intereses de las generaciones que están por venir sustenta los análisis ambientalistas que estudian el problema de los procesos irreversibles y de la extinción o agotamiento de recursos. El punto es en extremo complejo lo cual no es obstáculo para que se perciba como de extrema importancia por los riesgos que implica. El tema de la posición del estado hacia el futuro de la comunidad escapa del discurso ambiental como ocurre con el tema general de la representatividad de la comunidad y no podemos pretender en este breve estudio abordar un asunto que es de fondo

para toda la teoría del estado por lo cual nos reduciremos a hacer anotaciones sobre algunos de los casos de contradicción que son importantes históricamente desde el punto de vista ambiental por el significado de su impacto, como ocurre con contradicciones de tipo internacional, clasista, o cultural.

Las contradicciones de tipo internacional se presentan cuando el estado se reduce a ser vocero de intereses transnacionales en oposición con los de su propia comunidad. Desde el punto de vista ambiental la adopción de objetivos generados por intereses no residentes origina la desvalorización efectiva de aquellos elementos del ecosistema que no puedan ser considerados como recursos por tales intereses y por lo tanto el aumento del riesgo de su degradación o destrucción. El clímax de esta situación lo percibió el planeta en las etapas imperialistas del siglo pasado cuando los continentes eran saqueados por entidades que habían suplantado los mismos estados nacionales pero en nuestros días el poder de las compañías transnacionales hace surgir riesgos semejantes.

Las contradicciones de tipo clasista han sido estudiadas por varios analistas desde el punto de vista de la incoherencia entre esquemas cuya prosperidad depende de la rápida acumulación privada de capital frente a la necesidad de supervivencia de las clases marginadas. El efecto de las sociedades de consumo sobre la renovación de los recursos o sobre las reservas de materiales estratégicos ha sido también examinado exhaustivamente por la literatura reciente.

Las contradicciones de tipo cultural se presentan en dos niveles: el de la anticultura, y el de las llamadas "comunidades nativas". El movimiento anticultura de los años sesenta y setenta ha llegado actualmente a su mayoría de edad en los parlamentos europeos pero en América Latina no parece haber sobrepasado su crisis de adolescencia y es reemplazado en el interés de la juventud por el análisis de los restos de culturas precolombianas cuya diferente actitud hacia el entorno es actualmente revaluada.

La presencia de estas y otras fuentes de contradicción entre el estado y la comunidad y de sus significativos efectos ambientales ha conducido a un resurgimiento relativo de la idea anarquista tanto en la izquierda como en la derecha en donde grupos comunales primitivistas y liberales manchesterianos se dan una tácita mano sobre el ideal de la destrucción del estado para la preservación del ambiente.

### III

#### ALGUNAS SUGERENCIAS Y CRITERIOS

##### A. LA CONCILIACION DE OBJETIVOS

La conciliación de objetivos es el tema principal que debe ser abordado al discutir las posibilidades

de mejora del tratamiento estatal de los problemas ambientales. Como analizamos en el capítulo anterior pueden existir tanto contradicciones entre los varios objetivos adoptados por el estado como entre éstos y los que son considerados como válidos por sectores de la comunidad no estatal.

Analizaremos estos dos casos por separado.

### 1. Conciliación de objetivos internos del estado

En el punto anterior se analizó como el conjunto de objetivos aceptado por el estado al especificarse en cuanto a espacio, tiempo, técnica, economía, sociedad y cultura pueden generar contradicciones que conlleven problemas ambientales. Las técnicas generales de planificación tratan extensamente este tema y la importancia de instrumentos como los Planes de Desarrollo radica en la posibilidad de tratar en ellos todos el conjunto de objetivos del estado y así poder diagnosticar sus posibles contradicciones pero, como ya lo analizamos, es posible que la mayor parte de estas no surjan sino en un momento avanzado de la gestión estatal, cuando al fijar los parámetros de espacio, tiempo, etc., estos mismos parámetros hagan surgir los problemas. Parece entonces importante que en el Plan exista una temprana definición de parámetros en tal forma que en el período de revisión del plan estas contradicciones puedan ser detectadas. Esto no es fácil porque conlleva, en la mayoría de los casos, un conocimiento mayor que el que tienen los gobiernos al especificar el plan. Muchas veces en él, los objetivos se expresan en forma general y de ellos surgen los diferentes programas y proyectos en donde los objetivos se especifican cada vez más. Se sugiere, por lo tanto que el proceso de planificación incluya etapas específicas de revisión de estos objetivos conforme ellos van surgiendo de la enunciación de programas y proyectos en forma tal que pueda el estado visualizar las posibles contradicciones y adoptar las decisiones del caso. En la mayoría de los casos no existe una etapa tal ya que los programas y proyectos tienen vía libre de las autoridades centrales con la sola condición de su conformidad con los objetivos generales. El donde y el cuando debería crearse esa etapa de conciliación es tema que se aparta de estas notas pero que es, sin duda, de enorme importancia.

### 2. Conciliación de objetivos comunitarios y estatales

Se observó al final del capítulo anterior como los problemas ambientales más graves surgen de contradicciones entre los objetivos adoptados por el estado y los que tiene la comunidad o parte de ella. Se anotó también como este problema es el fundamental de la ciencia política, lo cual nos excusaba de su tratamiento extenso. Sin embargo, parece conveniente insistir en que la problemática ambiental, como otros de la sociedad, tiene fuertes interrelaciones con la forma en que el estado sea capaz

de interpretar los intereses de las comunidades. Diferentes analistas, han señalado la significativa importancia que en este proceso tiene la posibilidad de participación democrática tanto en la planificación como en la ejecución bien sea a través de grupos informales de presión política o como parte de las instituciones del mismo estado.

A esto deberían agregarse mecanismos adecuados para la protección de las minorías culturales cuyos intereses tienen a menudo que ver con la protección de habitats específicos que no tienen la misma importancia para el resto de la nación. Dentro de estas minorías debe tratarse no solamente el caso de las llamadas comunidades nativas (24) sino el de los grupos anticultura y el de los grupos conservacionistas. Estrechamente relacionados con estos últimos, está el caso de los objetivos de las comunidades futuras.

El interés de las generaciones que están por venir es argumento básico para todos los que percibimos tendencias de degradación en el medio que puede poner en peligro su supervivencia. Sin embargo, pocos argumentos tienen fundamentos tan frágiles. ¿Quién nos ha dado esa personería? ¿Por qué unos pocos somos los únicos interesados en el porvenir de los hijos de todos? ¿No es el estado el llamado a tomar todas las precauciones posibles para la supervivencia de la nación? El tema es complejo y roza con algunos tan importantes como la relatividad del concepto de irreversibilidad y los límites del desarrollo tecnológico. Las evidentes falacias de estudios recientes sobre los límites del crecimiento y la irrupción en el tema de toda clase de videntes ha hecho más difícil su tratamiento y como sugerencia válida parece solamente indicado señalar la necesidad urgente de que dentro del proceso de planificación se utilicen horizontes más largos y se tenga en cuenta tanto la información sobre los hechos históricos como sobre la voluntad de aquellos que al planear su futuro personal planean el de otros así como una visión de las estructuras sociales que determinan o dan autonomía a todos.

### B. LA COHERENCIA DE OBJETIVOS Y MODELOS

La necesidad de coherencia entre objetivos y modelos de la realidad que se pretende modificar parece indicar la necesidad de fortalecer y racionalizar los mecanismos de gestión de los diferentes tipos de modelos. En efecto, hemos visto como desde la etapa de diagnóstico hasta la de diseño los modelos que se utilizan deben adecuarse a los fines buscados y como este proceso de adecuación es labor compleja que implica evitar la influencia de distintos grupos de presión, financieros, ideológicos, burocráticos y profesionales que buscan implantar sus intereses con desmedro, en ocasiones, del objetivo estatal.

El fortalecimiento del proceso estatal de identificación, evaluación, diseño, construcción o adaptación de modelos que diagnostiquen, simulen, optimicen o evalúen sus diferentes actividades es labor que implica acciones en diferentes niveles científicos y técnicos. En términos generales es posible recomendar una mayor asignación de recursos estatales hacia las actividades de investigación científica y de desarrollo tecnológico que permitan la elaboración de modelos adecuados para cada circunstancia.

Si relacionamos el análisis de la intervención de grupos de poder con esta recomendación general podemos identificar algunos criterios más específicos. Para disminuir la obsolescencia de los modelos disponibles en la burocracia parece indicado crear o aumentar la inversión en los ya creados institutos encargados de los estudios básicos y en aquellos fondos que puedan orientar las investigaciones hacia el desarrollo de los modelos necesarios y el establecimiento de normas de revisión y de renovación para evitar que los modelos en si se constituyan en fuente de poder interno de grupos de funcionarios no técnicos y por lo tanto no interesados en su desarrollo sino en su permanencia.

La presión ideológica en favor de terminados modelos es cuestión compleja y de raíces profundas para cuya solución no pueden establecerse criterios concretos pero desde un punto de vista filosófico liberal, podría argumentarse en favor de mecanismos que hicieran explícitos a los ojos de quienes deciden, las raíces ideológicas de cada modelo y que permitieran las competencias en este mercado de diferentes grupos promotores. Con lo anterior por lo menos disminuiría el peligro de grandes incoherencias internas en donde el estado trata de implantar políticas específicas mediante un análisis de la realidad en donde lo observable ha sido definido de acuerdo con políticas opuestas. Debe sin embargo, recordarse que este explicitar de las interrelaciones modelos-ideologías no es tarea fácil y que en contra de ella existen preconceptos sobre la neutralidad de la ciencia y de la tecnología que son difíciles de combatir.

La intervención profesional en la etapa de decisión sobre los modelos utilizados puede racionalizarse estableciendo como criterio general la intervención interdisciplinaria en ella. De este modo puede, al menos, teóricamente, evitarse la llamada imperialización profesional en que un grupo predetermina la acción estatal al escoger tanto el modelo de diagnóstico como la clase de estudios básicos, los modelos de simulación, etc., limitando en tal forma las variables que sólo aquellos adiestrados en una profesión específica puedan manejarlas.

Finalmente la presión de grupos financieros en favor de paquetes tecnológicos o cajas negras que impliquen modelos de la realidad circundante debe tratarse como problema principalísimo por su actual magnitud.

La transferencia no evaluada de tecnologías de observación y simulación de la realidad, muchas veces contenidas en programas de manejo electrónico sólo puede contrarrestarse con un aumento significativo de la inversión pública tanto en capacidad de análisis de los modelos sectoriales como en los recursos necesarios para el diseño y la sistematización de modelos propios. La fuerte interrelación entre el "soft" y el "hard" "ware" o sea las restricciones para usar programas en todo tipo de ordenador electrónico, añade también la necesidad de desarrollo propio de la capacidad de producción de ordenadores electrónicos para lo cual en la mayoría de los países sería necesario aumentar los recursos disponibles muy por encima de las disponibilidades actuales. Debe sin embargo, hacerse hincapié en que la similitud de objetivos y de entornos entre varios países hacen factible la cooperación internacional inter-tropical para reunir recursos y hacer este desarrollo tecnológico factible.

### C. COHERENCIA ENTRE OBJETIVOS E INSTRUMENTOS

La mayor o menor coherencia de objetivos, modelos e instrumentos se define en la etapa de elaboración de proyectos. Es entonces cuando los técnicos y profesionales escogen los componentes y establecen las metas que sintetizan la utilización de los instrumentos.

Como en el caso de adopción de modelos, en este proceso influyen consideraciones de orden económico, profesional, político y burocrático y el lograr una síntesis coherentes de tales presiones con el objetivo original es labor compleja.

Como sugerencia general para aumentar la coherencia de estas interrelaciones debe señalarse la gestión intersectorial de proyectos o sea la intervención de varios sectores en la definición de componentes y metas con el fin de disminuir el peligro de reduccionismo instrumental a lo que recomienda un sólo sector o disciplina.

Las presiones ideológicas no coherentes con la filosofía implícita en el objetivo estatal pueden también aclararse mediante la participación sistemática en el proceso de planificación de expertos en ciencias sociales conscientes de la estructura filosófica de esa acción estatal específica.

El problema económico y su fuerte interrelación con las fuentes internacionales de financiación tiene, en la adaptación de instrumentos, más importancia todavía que en el caso anterior.

La escasez de capital y los métodos que actualmente se utilizan para distribuirlo o sea el uso de sistemas de costo beneficio para la evaluación de los proyectos puede conducir a la transformación de proyectos integrales en proyectos monosectoriales.

Algunas normas de financiación internacional como la negación a financiar gastos en moneda del país o la exigencia de licitaciones internacionales pueden también conducir a la adopción de instrumentos no coherentes con los objetivos adoptados. En general en este sentido puede decirse que ciertos instrumentos como las obras de ingeniería reciben tratamientos preferenciales de las fuentes financieras por la facilidad de apreciación de sus resultados mientras instrumentos de otro tipo como los educacionales o de protección de recursos no son fácilmente aceptados por diversas razones.

En especial algunos métodos de evaluación de proyectos como la minimización de costos para objetivos aparentemente iguales, pueden conducir a la no consideración de instrumentos que se consideraban superflúos y cuya intervención no por marginal deja de ser vital para el éxito del proyecto. En este sentido puede recomendarse como criterio primordial el de tomar extremadas precauciones en el período de evaluación de proyectos para evitar que una falsa apreciación de costos y beneficios lleve a la eliminación de los componentes que le proporcionan al proyecto la condición de integridad imprescindible para evitar el acaecimiento de problemas ambientales.

Finalmente en este punto es preciso recordar la estrecha realización existente entre este análisis de incoherencias y el tema de tecnología apropiada. En la medida en que los estados promuevan la investigación y desarrollo de tecnología apropiada para instrumentar sus propios objetivos las tendencias hacia la incoherencia disminuirán y viceversa.

#### D. CONCILIACION ENTRE OBJETIVOS Y RESULTADOS

El contacto entre una cadena coherente y concreta de objetivos, modelos e instrumentos estata-

les con la realidad incierta, compleja y contradictoria exige un extremo cuidado en la etapa última de la acción del estado o sea en el período de ejecución.

Los problemas de operatividad han sido identificados por diversos analistas (25, 26, 56) como de mayor importancia dentro de la gestión ambiental del estado y varios criterios han sido señalados como adecuados para aumentar su eficiencia. Entre ellos sobresalen las sugerencias relacionadas con la descentralización de las decisiones y con la necesidad de su adaptabilidad a las condiciones variables del entorno.

Para ello se han diseñado metodologías específicas y se ha identificado la planeación regional como la etapa más apropiada para introducir la dimensión ambiental.

A esta evidente necesidad de adopción de una planificación blanda y descentralizada parece adecuado agregar el criterio estratégico para aumentar la eficiencia de la acción del estado.

La planificación estratégica hace énfasis en la necesidad de mantener abierto un abanico de opciones ante la incertidumbre que forma el ámbito de los proyectos. Este abanico de opciones debe mantenerse disponible a través de toda la gestión estatal, desde el surgimiento de la idea hasta la puesta en marcha del proyecto con el objeto de que sea posible acudir a las acciones más favorables cuando el lento develar de la realidad demuestre la existencia de errores en las decisiones ya tomadas.

Los anteriores criterios generales de planificación estratégica necesitan ser estudiados específicamente para su correcto enfrentamiento con la problemática ambiental pero no parece arriesgado identificar este tema como uno de los que mayores posibilidades ofrece para un mejoramiento de la gestión ambiental del estado.

#### BIBLIOGRAFIA

1. MELNICK, Sergio. Principales Escuelas, Tendencias y Estilos de Desarrollo. En *Estilo de Desarrollo y Medio Ambiente*. México, 1980.
2. VIDART, Daniel. *Para una Epistemología del Ambiente*. Bogotá, 1982 (fotocopia).
3. VENDRYES, Pierre. *Determinismo y Autonomía*. Barcelona 1969.
4. GARCIA, Pelayo Manuel. *Las Transformaciones del Estado Contemporáneo*. Madrid, 1980.
5. BUNGE, Mario. *A Systems Concept of Society: Beyond Individualism and Holism in Theory and Decision* (10), 1979.
6. CARRIZOSA, Julio. *Ecología Colombiana en El Gran Libro de Colombia*, Bogotá, 1982.
7. CARRIZOSA, Julio. *Recursos de hoy, Bienestar de Mañana*. Bogotá. Banco de la República. Bogotá, 1984.
8. COLMENARES, Germán. *Historia Económica y Social de Colombia 1537-1719*, Cali, 1972.
9. BRAÑES, Raúl. *La legislación Ambiental en América Latina*, México, 1981.
10. CARRIZOSA, Julio. *Situación Ambiental de la Cuenca del Plata*, 1982.
11. CARRIZOSA, Julio. *Inventario y Diagnóstico Preliminar de la Situación del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en los países del Bloque Andino*. Informe a CAF, 1982.
12. PNUMA. *Diagnósticos sobre la Situación Ambiental en Centro América*.

13. SIMON, Arthur. *Ecología, realidad y modelos en Ecología Tropical (I)*. Bogotá, 1981.
14. HOLLING (ed.) *Adaptive Environmental Assessment and Management*. N. Y. 1978.
15. GALLOPIN, Gilberto. *El Ambiente Humano y la Planificación Ambiental*. Buenos Aires, 1981.
16. CARRIZOSA, Julio. *Metodología para la Consideración de la Dimensión Ambiental en los Procesos de Planeación Ambiental 1981*.
17. CARRIZOSA, Julio; LEYVA, Pablo. *La Ampliación de la Frontera Agrícola en el Caquetá, 1981*.
18. DRUCHER, P. *Management* (sin fecha).
19. MULLER, Paul. *Sistema de Información Ecológica para la Planeación del Desarrollo en la República Federal Alemana y su Factibilidad de Transferencia*, Bogotá, 1978.
20. EILA. *Planificación Ecológica, Comarca de Ayllon*. Madrid, 1975.
21. GOMEZ, Domingo. *El Medio Físico y la Planificación*, Madrid, 1978.
22. SIMON, Arthur. *El Desarrollo del Darien. Un caso Práctico de Planeación Ambiental*, Bogotá, 1978.
23. GARCIA, Alvaro; GARCIA, Eduardo. *Las Variables Ambientales en la Planificación del Desarrollo en Ob. Cit. (23)*.
24. BIFANI, Paolo. *Interrelaciones o interdependencias: su importancia para un enfoque de sistema en Planificación*. Madrid, 1981.
25. GASTO, J. Armijo R. Nava, R. *Ecosistema*, 1979.
26. OFICEL, Fundación Bariloche. *Documentos para proyecto Venezuela*.
27. Colombia, *Plan Energético*, 1981.
28. Colombia, *Plan de Aguas* (en preparación).
29. PORTER, P. *The Ins and Outs of Environmental Hazards*. Minnesota. 1978.
30. ALVAREZ, José. *La participación de la Comunidad en la Definición de las Políticas y Acciones Ambientales*. Bogotá, 1978.
31. DEEB, Alejandro. *El medio ambiente dentro del Proceso de Planeación*. Bogotá, 1978.
32. SACHS, Ignace. *Documentos sobre Ecodesarrollo 1973-1982*.
33. FRIEDMAN, John. *Territory and Function*.
34. INDERENA. *Proyecto de Bosques Comunales*, 1976.
35. COLCIENCIAS. *Subprograma de Investigaciones en Conservación, Aprovechamiento y Recuperación de Ecosistemas*. Bogotá, 1982.
36. Perú, *Plan Nacional de Desarrollo para 1982-1983*.
37. Colombia, *Plan de Desarrollo Rural Integrado 1973-1982*.
38. Bolivia, *Proyectos de reforestación comunal del Altiplano*, 1981.
39. DEEB, Alejandro. *El Medio Ambiente dentro del proceso de planeación*. Bogotá, 1978.
40. Ecuador. *Fundación Natural*.
41. Colombia, *Grupo Ecológico de la Universidad del Tolima*.
42. MEADOWS, D. *The Limits to Growth*, 1972.
43. *Fundación Bariloche. Catástrofe o Nueva Sociedad*, 1977.
44. HARDY, C. *Imaginar el Futuro*, 1973.
45. EEUU. *El mundo en el año 2000 - Informe al Presidente*, 1981.
46. HITCH (ed) *Resources for an Uncertain Future* 1978.
47. QUEVEDO, Manuel - *Acotaciones para una metodología de la Planeación y de la Prospectiva Urbana*. 1973.
48. HAGGET, Peter. *La predicción de Futuros Alternativos en Ob. Cit. (5)*.
49. GARRISON W.L. *Geografías Futuras*, en Ob. Cit. (5).
50. Varios. *Toward the Year 2000 en Daedalus* 1967.
51. COLCIENCIAS. *Informes del Grupo del año 2000 - 1973*.
52. Perú, *Plan de Largo Plazo 1983-1995*.
53. MABBUT, Richard - *Holistic. Visión and the future of Governance*. En *Alternatives Futures*, 1981.
54. CARRIZOSA, Julio. *Conservacionistas vs. Desarrollistas en Colombia Geográfica*, 1972.
55. CHURCHMAN C. West. *The Systems Approach*, 1968.
56. CROWTHER, Warren. *Información, estilos de Desarrollo y problemas ambientales en América Latina en Ob. Cit. (5)*.
57. COMMUNER, Barry. *The Closing Circle*.
58. CARRIZOSA, Julio. *Guías para la preparación de estudios de Diagnóstico de la Situación Ambiental a nivel Nacional*, 1981.
59. OKUN. H. *Ambiente, Energía y Sociedad*.
60. GARCIA, Rolando. "Conceptos Básicos por el estudio de Sistemas Complejos". CIFCA, 1982.
61. GLIGO, Nicolo "Medio Ambiente en la Planificación Latinoamericana" *Vías para una mejor incorporación*. ILPES, 1982.
62. CARRIZOSA, Julio. "Planificación del Medio Ambiente", CIFCA. 1983.

# LA INVESTIGACION CIENTIFICA Y TECNOLOGICA APLICADA AL DESARROLLO DEL PAIS \*

Por DANIEL DIAZ DELGADO

Noviembre 1984

## I. INTRODUCCION

Deseo en primer término, manifestar mi espiritual complacencia al sentirme honrado con la designación de miembro de esta Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, que me otorga el privilegio de unirme a la aristocracia del talento, para escuchar de cerca los fecundos pensamientos de quienes la componen y así enriquecer con ellos, el patrimonio científico de mi vida profesional.

En segundo lugar, siguiendo los objetivos de la Academia, estaré atento a todo momento para fomentar las actividades científicas y tecnológicas en los campos de mi especialidad, con la seguridad de colocarme, si no a la altura de las demandas técnicas y necesidades científicas, sí por lo menos, pondré todo mi esfuerzo para situarme al nivel de la dignidad que esta Academia me ha conferido.

Quiero iniciar el tema "La Investigación Científica y Tecnológica Aplicada al Desarrollo del País", expresando en esta para mí, memorable sesión solemne, la sincera y profunda satisfacción, de quien por varios años ha estado transitando por los celosos senderos de la investigación aplicada, tratando de escrutar y aprender los conocimientos científicos de mi predilección, ya en recintos locales como en claustros extranjeros, para luego tratar de simplificarlos al lenguaje fácil y amistoso de nuestra gente, y ayudado de las escasas facilidades de nuestro medio, transferirlos silenciosamente al servicio de nuestra tierra, teniendo como estímulo sentimental y positivo, las juiciosas palabras de Payot: "Poco basta cada día si cada día logramos ese poco".

Al tratar de Investigación Científica y de Investigación Aplicada, es prudente sin profundizar en definiciones, significar de manera general el concepto de Ciencia. Se considera la ciencia como "una forma de la actividad humana en continua búsqueda y exploración, mediante las cuales la humanidad adquiere mejores y más exactos conocimientos que le ayudan a comprender la naturaleza en su pasado, presente y futuro, fortaleciendo su capacidad de adaptación a los cambios del ambiente y robusteciendo su poder para modificar sus propias características".

Se ha dicho que la ciencia afecta de dos maneras los asuntos humanos. La primera en forma directa e indirecta, produce ayudas que han transformado la existencia humana; la segunda, es de carácter educativo, actúa sobre la mente.

Se afirma que el efecto práctico de la ciencia es que hace posible la invención de cosas que enriquecen la vida como las conquistas en ingeniería, química, medicina, biología, física, etc. Todas estas invenciones tienen sus efectos intelectuales. En las épocas precientíficas no fue posible por medio del pensamiento, alcanzar resultados que toda la humanidad aceptase como ciertos y necesarios, y menos existió la convicción de que cuanto sucede en la naturaleza está sujeto a leyes inexorables. El carácter fragmentario de la ley natural, tal como lo veía un observador primitivo, era de tal fisonomía, que fomentaba la creencia en fantasmas y espíritus. Por eso, incluso hoy, el hombre que lleva vida primitiva vive en constante temor de que fuerzas arbitrarias y sobrenaturales intervengan en su destino.

Importa entonces, para el perpetuo crédito de la ciencia, anunciaba Einstein, que su actuación sobre la mente humana venza la inseguridad del hombre ante sí mismo y ante la naturaleza.

Los griegos al crear las matemáticas elementales forjaron por primera vez un sistema de pensar

\* Conferencia presentada ante la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físico-Químicas y Naturales, en el acto de posesión del autor como Miembro correspondiente.

cuyas conclusiones son de todos conocidas. Más tarde los científicos del Renacimiento idearon la combinación de la experimentación sistemática con el método matemático; con esta unión fue posible una gran precisión en la formulación de las leyes naturales y una firme certeza para confirmarlas por la experiencia, sellando en esta forma las diferencias básicas de opinión en la Ciencia Natural. Desde entonces, cada generación ha aumentado la herencia de conocimientos y de comprensión, sin peligro de crisis que comprometa su total estructura original.

Es natural, decía el mismo Einstein, que el público general no puede seguir los detalles de la Investigación Científica más que en un modesto grado, pero sí le es dable registrar una gran ventaja: su confianza en que el pensamiento humano es veraz y la ley natural universal.

En Colombia existen en la actualidad, diversas instituciones que adelantan actividades científicas, conformando grupos que se distinguen por la forma y orientaciones seguidas para sus ejecuciones. Pueden mencionarse las entidades gubernamentales, las universidades públicas y privadas, institutos o centros de investigación no universitarios, tanto públicos como privados. Entidades que ofrecen servicios científico-tecnológicos, que pueden realizar investigación y dan soporte económico para su realización. Establecimientos que hacen parte del sector productivo público y de economía mixta.

Entre este universo de instituciones y entidades, deseo mencionar en primer lugar, al Instituto de Investigaciones Tecnológicas, creado entre otros fines, para promover y estimular las investigaciones tecnológicas aplicables a todas las actividades agrícolas y de la industria en Colombia y para fomentar la aplicación de todas las investigaciones realizadas a fin de mejorar el proceso y la producción de las actuales industrias y crear otras nuevas, para el mejoramiento de las condiciones de vida del pueblo colombiano. Para el logro de sus propósitos, ha tenido como una de sus actividades la Investigación Científica y Tecnológica, entendida como la creadora y sistemática emprendida para aumentar el conocimiento científico y tecnológico, valiéndose para ello de elementos esenciales como: el empleo de métodos científicos, el aumento del conocimiento, la creatividad y la innovación.

En el marco de la Investigación Científica y Tecnológica, el Instituto ha recorrido la investigación aplicada y el desarrollo experimental. La primera como una acción de desarrollo, que tiene por objeto incrementar los conocimientos científicos como una finalidad práctica y concreta; el segundo empleando los resultados de la primera, tiende a la introducción de nuevas aplicaciones.

En este orden de ideas, y basado en los anteriores postulados que han constituido los cimientos filosóficos fundamentales del Instituto, trataré de presentarme como uno de sus modestos intérpretes, al referirme a tres de los varios trabajos cientí-

ficos realizados, que tienen todos ellos el color, el calor y el aroma de la tierra y del pueblo colombiano.

## II. ESTUDIOS DESARROLLADOS

Seguiré en esta rápida descripción, el orden cronológico de sus realizaciones.

### 1. "ALMACENAMIENTO DE PAPA EN SILOS SEMI-SUBTERRANEOS"

A comienzos de la década del sesenta, los cultivadores de papa del país por medio de su Asociación, clamaban de angustia por las drásticas fluctuaciones en los precios del tubérculo en las épocas bien definidas en ese entonces, de cosecha y no cosecha; anhelaban una ayuda positiva para conservar el producto por un período promedio de cinco meses, en condiciones comerciales aceptables. Estos clamores fueron escuchados, como propios, por el Instituto y con sus escasos recursos aceptó el reto de sus soluciones.

De los países desarrollados visitados en ese entonces se conocían sus tecnologías avanzadas, mediante la utilización de la electricidad para refrigerar, circulación de aire forzado y la aplicación de varios tipos de antigerminantes. De esta tecnología sólo podían usarse los antigerminantes, puesto que la electricidad no era conocida en las zonas de aplicación. Se tornó entonces a indagar la naturaleza, el medio ambiente y a conocer las bondades que brindaba. Ello dio como resultado el conocimiento de sus ciclos atmosféricos durante la noche y durante el día, la refrigeración natural que aportaban sus horas de enfriamiento, su caudal de ventilación, su aumento de vapor de agua en el aire, es decir, existía en la Sabana de Bogotá un cúmulo de factores positivos, que orientados técnicamente podían aportar valiosa ayuda en la solución del objetivo propuesto. Alentados con esta riqueza natural, se encauzaron los esfuerzos para usarlos, se diseñó y construyó entonces, con materias autóctonas tales como tierra, cemento, madera, tejas curvas de Eternit, etc. un silo semi-subterráneo, en tal forma dispuesto que captara de manera natural, del ambiente, aire frío con gran cantidad de humedad, para formar en su interior un ambiente propicio, en donde la papa no sufriera deterioro físico por deshidratación, ni daños fisiológicos por germinación, cuando se tratara con antigerminantes. Comprobado el aislamiento térmico del silo y las condiciones atmosféricas deseadas en su interior, mediante el manejo cíclico de abrir de noche y cerrar de día las puertas y ventanas, se procedió al desarrollo experimental de la conservación y almacenamiento de tres variedades comerciales de papa: tuquerrefia, pardo pastusa y tocana, usando cuatro tipos de antigerminantes. Cuidadosamente fueron cosechadas, llevadas al silo en donde se sometieron a los procesos de cicatrización, selección, ensilaje y tratamiento químico. Las condiciones internas del silo promedio fueron:  $T = 11^{\circ}\text{C}$  y Humedad Relativa de 85%. Transcurridos

seis (6) meses, se conoció que el comportamiento al almacenamiento de las variedades tuquerria y pardo pastusa, fue excelente al ser tratadas inicialmente con el antigerminante Cloro IPC. Estos primeros ensayos se repitieron aumentando las cantidades de papa hasta llegar a las cien toneladas, capacidad máxima para este tipo de silo. Los resultados positivos de este trabajo mostraron, por una parte, que la naturaleza puede proporcionar sus secretos, si ordenadamente y con paciencia, se aplican métodos científicos para enriquecer los conocimientos que van clarificando los misterios de la ciencia, y en segundo lugar, llevar al campesino dedicado al cultivo del tubérculo, la respuesta que apaciguara sus temores, traducida al lenguaje sencillo y comprensible de su estirpe, teniendo como compañera de trabajo la misma naturaleza que lo vio nacer y que es el encanto de sus ensueños.

El significado científico nacional de este trabajo investigativo, realizado con los medios de nuestra tierra, fue el galardón recibido de la Fundación Alejandro Angel Escobar, como premio de Ciencias 1964.

## 2. "LAS PROTEINAS SOLUBLES DE LA SOYA", PROVESOL

Es verdad aceptada que la alimentación de los pueblos en desarrollo, es el problema que ha ocupado y seguirá como una de las prioridades más importantes de la comunidad científica mundial, de los organismos internacionales, de la gran mayoría de los países desarrollados y naturalmente de los buenos gobiernos de las naciones en desarrollo. Garantizar la seguridad alimentaria de su país debe ser la preocupación primordial de todo gobierno; no puede haber otra prioridad en tiempo de paz o de guerra, que un completo abastecimiento de todos los alimentos que un pueblo debe consumir, de acuerdo a su cultura y hábitos alimentarios.

Colombia como país en vía de desarrollo, ha presentado y presenta en la actualidad, una notoria desnutrición protéico-calórica en su población. Así lo han indicado los estudios adelantados por las entidades dedicadas a estos problemas sociales, como el desaparecido Instituto de Nutrición y el actual Instituto Colombiano de Bienestar Familiar. El Estudio Nacional de Salud, en su capítulo "Situación Nutricional de la Población Colombiana en 1977-1980", da a conocer las anotaciones siguientes: "En 1977-80 el país registró una tasa global de desnutrición de 19.4% en los niños menores de 5 años, lo cual quiere decir que aproximadamente uno de cada cinco (5) niños lactantes o preescolares presentó el problema con algún grado de severidad; además, el 19.7% fueron calificados como en riesgo de sufrir dicho tipo de desnutrición. El 25% aproximadamente, uno de cada 4 niños presentó retardo franco de crecimiento, indicativo de un proceso crónico de desnutrición, y un 15.8% estaba en riesgo"

Ya en años pasados, otros investigadores sobre el mismo tema del estado nutricional de la población

colombiana, habían sintetizado el problema como: desnutrición calórica-protéica infantil, subnutrición crónica del adulto, la hipovitaminosis-A y la anemia por carencia de hierro, no sólo en los niños sino también en las madres embarazadas y lactantes.

En el año 1976 el ICBF en una de sus publicaciones titulada "Hoja de Balance de Alimentos", presentó datos interesantes sobre la disponibilidad de alimentos que teníamos los colombianos en esa época en variedad y cantidad, es decir, por producto y la neta por persona, luego relacionó las proteínas y calorías que se derivan de esos alimentos disponibles, presentándolos en tabla que se inserta a continuación:

### FUENTE DE CALORIAS Y PROTEINAS DISPONIBLES A LOS COLOMBIANOS (1976)

Producto	Calorías, %	Proteínas, %
Carne y huevos	5,9	25,6
Leche y derivados	6,3	17,8
Cereales	32,5	39,3
Raíces y tubérculos, plátano	10,1	3,9
Frutas	6,0	2,2
Azúcares	27,0	0,9
Leguminosas	1,8	6,4
Grasas y aceites	7,7	—
Otros productos	2,7	3,9
	<u>100,0</u>	<u>100,0</u>

### RESUMEN

Proteínas de origen animal	20 g	43%
Proteínas de origen vegetal	26 g	57%
Calorías derivadas de proteínas	184 unidades	8%
Calorías derivadas de grasas	395 unidades	17%
Calorías derivadas de almidones	115 unidades	48%
Calorías derivadas de azúcares	628 unidades	27%
Total calorías	1.322	

Si entre estos productos se toma la leche como ejemplo, se observa que el mismo Instituto Colombiano de Bienestar Familiar en su estudio "Metas de Disponibilidad de Alimentos para Consumo Humano en Colombia, 1970-1980" (1970), estimó la necesidad de leche líquida de vaca para el año 1970 en 2'793.000 toneladas métricas, en tanto que la disponibilidad era sólo de 1'412.000 toneladas, lo cual arrojó un déficit para esa época de 1'381.000 toneladas métricas, equivalente a un 49%. El citado estudio apreció las necesidades del mismo producto para 1980 en 3'300.000 toneladas, cifra que amplió más los déficits anotados.

En relación con la importación de leche en polvo, las cifras de OPSA para los años de 1973 y 1979 fueron de 1.900 toneladas y 7.500 toneladas respectivamente. Por otra parte, al considerar la capacidad productiva en alimentos de los suelos aptos para la agricultura, el doctor Norton Young, en su

estudio "Factores por considerar en el Desarrollo de Alimentos de Calidad Protéica Superior" (1970), al comparar la capacidad que una hectárea de suelos aptos para la agricultura tiene para satisfacer los requerimientos de calorías y proteínas, al ser cultivadas con los principales productos agrícolas, expresada esta capacidad en términos de personas satisfechas por año, se establecen entre otras, las conclusiones siguientes:

— En promedio, una hectárea explotada en alimentos de origen vegetal puede satisfacer las necesidades calóricas de 15 a 20 personas por año, mientras que explotada con productos de origen animal (huevo, carne, leche) sólo es suficiente para 1-2 personas.

— En relación con proteínas, los alimentos de origen animal tienen una capacidad de alimentación por hectárea/año, para satisfacer las necesidades proteínicas de 1 a 5 personas, mientras que los alimentos de origen vegetal presentan diferentes capacidades, desde los farináceos que proporcionan para sólo 4 personas, cereales y papa para 13-20 personas, destacándose la soya con capacidad para satisfacer las necesidades proteínicas de 52 personas por hectárea.

En cuanto al factor económico, según estimativos hechos por el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, existían grandes diferencias en inversiones y áreas requeridas para suministrar un gramo de proteína por habitante por día, de diferentes fuentes, a la población colombiana de 24 millones de habitantes en 1975. Por cada cuatro unidades monetarias de inversión en productos del grupo de cereales (maíz, arroz) y fríjoles, había que invertir 20 en productos de origen animal (leche, huevos y carne) pero sólo una y media unidad cuando provenía de soya.

En términos de utilización de las áreas, se necesitaría: una unidad para soya, tres unidades para cereales y fríjoles, nueve unidades para leche y huevos y veinte unidades para carne de vacuno.

Comparando los datos anteriores para soya y leche de vaca que siguen siendo válidos, se observa que es más barata la proteína proveniente de la soya que la correspondiente de leche de vaca y requiere un tiempo más corto para su aprovechamiento.

Las consideraciones anteriores colocan a la soya como uno de los productos que, por su composición química, se constituye en uno de los aportes reales en la solución de las deficiencias proteínicas, especialmente en la población infantil. La soya originaria de China, efectivamente ha sido utilizada desde tiempos remotos, como alimento humano para todas las edades. Su consumo se extiende a un gran número de países, especialmente los localizados en Asia y Africa, también en varios de Latinoamérica y en Norteamérica. La producción mundial sigue concentrada en tres de ellos: los Estados Unidos, Brasil y China.

Los alimentos tradicionales han sido los siguientes:

Leche de soya, cuajada de soya, yuca, soya germinada, tempe, soya verde, soya tostada, harina de soya, salsas, productos fermentados, natto, etc.

A comienzos de la década del setenta, el Instituto de Investigaciones Tecnológicas conocía, tanto la existencia de todos estos productos como los problemas inherentes al uso de la soya en la alimentación humana, tales como los factores antinutricionales, la flatulencia, el sabor desagradable de la semilla, y su dificultad al cocimiento. Todos eran limitantes para el consumo de la soya en nuestro país; los orientales y africanos aceptaban su sabor desagradable y por su tradicional consumo la sometían a fuertes tratamientos térmicos; la harina desengrasada era un subproducto de la producción de aceite y mediante deshidratación corriente podía obtenerse el producto con grasa.

El problema científico y técnico era desarrollar un producto que, partiendo de la semilla de soya fuera nutricional y organolépticamente aceptable por la población colombiana.

Para obtenerlo, se unieron los conocimientos científicos sobre la materia: productos constitutivos de la soya en las partes enzimáticas, antinutricional, componentes solubles e insolubles, aplicación de procesos conocidos e innovación de otros nuevos, para eliminar los materiales nocivos, mediante la utilización de equipos existentes y diseño y fabricación de los necesarios. Todo este caudal de herramientas de la ciencia unidas a la paciente labor del investigador, hicieron posible el ordenamiento de la metodología adquirida por la observación de los resultados de continuos ensayos, hasta el desarrollo y obtención del producto deseado.

En términos generales el proceso comprendió las etapas siguientes:

- Soya entera sana y limpia, (Proteína N% x 6.25) = 36% grasa, 20%
- Remojo en agua.
- Molienda en presencia de agua a condiciones determinadas.
- Tratamiento de la suspensión a temperatura de ebullición por un tiempo prudencial, para la eliminación de microorganismos, factores antinutricionales y remoción de sabores y olores desagradables al humano.
- Filtración o centrifugación para eliminar los sólidos insolubles.
- Deshidratación por pulverización.
- Empaque en bolsas de polietileno, colocadas en cajas de cartón o en latas sanitarias.

Nombre PROVESOL

- Características físicas: polvo fino, color marfil, sabor neutro (se eliminó el sabor típico de la soya), dispersible en agua, estable, no presenta sedimentación.

**CARACTERISTICAS NUTRICIONALES Y QUIMICAS  
DEL PROVESOL Y LA LECHE DE VACA  
ENTERA EN POLVO**

<i>Composición en 100 g Provesol</i>		<i>Leche en polvo entera</i>
Lisina	6,65/100 g proteína	7,94/100 g proteína
Antitripsina	negativa	—
Ureasa	negativa	—
Calorías	501	479,0
PER*	2,25	2,5
Humedad	3,4	5,3
Proteína(Nx6,25)	50,0	25,2
Grasa	25,0	25,0
Fibra	0,7	0,0
Cenizas	5,6	6,3
Carbohidratos	19,0	38,6
pH (emulsión)	6,6	—
Solubilidad	96,%	—
Calcio (mg)	239,0	940,0
Fósforo (mg)	679,0	745,0
Hierro (mg)	6,0	0,8
Niacina (mg)	1,50	0,60
Riboflavina	0,26	1,42
Vitamina A.U.I.	33,0	1.200,0

\* INCAP = Guatemala

Sobresale en estos datos, el contenido de proteínas del Provesol que es de 50% comparado con el de la leche de vaca entera en polvo de 25%, y los porcentajes iguales en grasa de 25% para cada uno de ellos.

— *Características Organolépticas:*

Aroma: muy bueno, Gusto: muy bueno.

— *Características Microbiológicas:*

El producto está dentro de los estándares aceptados para la leche de vaca en polvo.

— *Características Nutricionales:*

Contiene los aminoácidos necesarios para catalogarse como un alimento de buena calidad y puede complementarse con la edición de metionina.

— *Aplicaciones:*

El color marfil claro hace que su incorporación en los productos no proporcione cambios considerables en la apariencia. Las suspensiones de Provesol sometidas a ebullición, adquieren una consistencia cremosa, hecho que facilita la preparación de coladas, pudines, sopas, cremas, etc., con sólo adicionar pequeñas cantidades de agentes espesantes.

Se ha utilizado en la formulación de más de treinta productos, bien en forma de bebidas, solo o mezclado con otros productos, como: panela, frutas, avena, leche de vaca, etc.

En relación a su conservación, el Provesol empaçado en lata No. 10 con nitrógeno o en bolsas de polietileno de 0,006" de espesor, colocado en cajas de cartón, se ha conservado inalterable, sin refrigeración, por tiempos superiores a un año. Los resultados de los ensayos clínicos iniciados con Provesol, en la Universidad del Valle por el doctor Luis

Fajardo, indicaron que se trata de una innovación frente a la oferta de mezclas vegetales tradicionales. Como producto dietético infantil, sustituye productos en polvo importados de alto costo. Se resuelve el problema de la intolerancia a la lactosa en los niños y adultos que padecen de este mal.

Los ensayos en niños con diarrea, por el mismo doctor Fajardo, mostraron su marcada efectividad contra esta terrible enfermedad, que es una de las que más inciden en la mortalidad de la población infantil colombiana.

Todos estos buenos atributos catalogan al Provesol como el producto que responde a las necesidades protéicas de la población colombiana enunciadas anteriormente.

Los resultados positivos estimulantes de esta investigación aplicada, la he compartido espiritualmente con el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, primero, cuando la empresa brasileña OLVEBRA, de gran renombre industrial en su país, adquirió la metodología y el proceso tecnológico, e instaló luego una planta en sus dominios, en Porto Alegre, con capacidad para producir once mil toneladas de Provesol al año, y es parte de la alimentación de la niñez brasileña desde 1975. La segunda, más reciente, fue el reconocimiento internacional, cuando en la Segunda Conferencia Latinoamericana de Soya, reunida en la ciudad de México en 1980, el profesor Moretti de la Universidad de Campinas, Sao Paulo, Brasil, al presentar su conferencia ante dicho foro sobre "Productos de Soya Desarrollados en Latinoamérica", manifestó categóricamente: "En la década de 1970, el primer producto desarrollado y mercadeado en Latinoamérica fue el Provesol, desarrollado en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas de Colombia, por el doctor Daniel Díaz Delgado, producido en forma de polvo, aplicando técnicas modernas y producido actualmente en Brasil por la Empresa OLVEBRA".

Estos hechos nos compensan un poco de la indiferencia colombiana.

En otra oportunidad se hablará sobre "Bebida Proteínica y Productos Insolubles de Soya".

### 3. ELABORACION DE PANELA GRANULADA

En párrafos anteriores se anotó que la población colombiana sufre de desnutrición calórica-protéica, y que los azúcares constituyen el 27% de las calorías disponibles. Entre esos azúcares está la panela. La panela es uno de los productos más populares en la dieta del pueblo colombiano. La forma de producirla, mercadearla y consumirla son conocimientos que han venido transmitiéndose, sin esfuerzo, de generación en generación, sin textos que impliquen, para los herederos de la tradición la necesidad de saber leer, ni conocer los principios elementales de la aritmética.

La clarificación del jugo de caña es de particular importancia para obtener panela de buena calidad, debido a que permite eliminar los sólidos en sus-

pensión, el color verde y las sustancias coloidales presentes en el jugo original. Los estudios experimentales adelantados en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, que serán tema de otra posterior disertación, demostraron que con el control de la acidez y la adición de fosfato monocalcico al jugo, se logra una buena clarificación y producción de panela de color permanente y de primera calidad.

Desde hace varios años la producción de panela se ha venido estimando en unas ochocientas mil toneladas anuales, sin registrar aumento, no obstante el progresivo crecimiento de la población colombiana. Al tratar de analizar las causas de tal estancamiento, es dable atribuirlo al progreso en la forma de vivir de los habitantes urbanos, quienes poseen comodidades de cocinas integrales en donde no existen los primitivos utensilios usados por nuestros antepasados para cuartear la panela, como tampoco el tiempo disponible para diluir el producto en agua hirviendo, factores éstos que unidos al costo energético, han reducido notoriamente el consumo de panela en las ciudades, quedando relegada a los sectores rurales, en donde sí continúa ocupando lugar privilegiado en su hábito alimentario. Un segundo argumento puede ser, la conciencia que ha tomado el público consumidor al hecho de que la panela es un producto adulterado con colorantes, productos químicos y azúcar.

Frente a este futuro incierto y de negativas perspectivas para un producto que ha sido durante muchos años, una de las principales fuentes, no sólo energéticas sino nutricionales, por su contenido en minerales y vitaminas, para un porcentaje elevado de nuestra población, fue necesario pensar muy detenidamente en el desarrollo de uno nuevo, que sin alterar la composición original del jugo de caña, se presentara al público en forma de consumo directo, con las ventajas de la solubilidad rápida del azúcar corriente, y con las características energéticas y nutricionales de la panela de primera calidad. Estas premisas implicaban que el producto debería presentarse en estado de polvo o granulado y la concentración del jugo de caña lo suficientemente alta para que la cristalización de los azúcares fuese casi instantánea.

En efecto, se controlaron las especificaciones del jugo de caña, se utilizaron los equipos existentes para su concentración y luego se aplicó el método de deshidratación más eficaz mediante la utilización del equipo que más confiablemente cumplía el objetivo deseado. Luego de pulverizar el producto deshidratado, se obtuvo la panela granulada que puede definirse como alimento natural elaborado a partir del jugo puro de caña, debidamente clarificado, concentrado y luego deshidratado, sin removerle ninguno de sus componentes característicos y sin adición de aditivos artificiales.

La composición promedio en 100 gramos, es la siguiente:

Agua	1.9 g	Comizas	1.9
Azúcares totales	95.6 g	Ca	97 mg
Azúcares invertidos	9.5 g	P	66 mg
Sacarosa	83.7 g	Fe	2.9 mg
Acidez (como ácido		Proteína	
málico)	68.0 mg	(N%X6,25)	0.6 g
pH	6.1	SO <sub>2</sub>	Negativo

### Características Generales

- Las características generales de este producto son:
- Buena solubilidad en agua, leche, jugo de frutas, café, etc.
  - Se consume directamente como un alimento (golosina).
  - Es recomendable para saborizar y endulzar los alimentos destinados a niños, jóvenes y adultos.
  - Es buen ingrediente en la preparación de numerosas recetas nuevas y tradicionales, como teteros, coladas, natilla, salsa, etc.

### Ventajas del Producto

- Es un alimento natural.
- Se disuelve instantáneamente en agua.
- Es un polvo que fluye libremente.
- Color claro estable y natural.
- Se presenta con un tamaño de partícula muy fino (malla 100).
- Como aditivo natural, puede adicionarse en muy baja concentración, almidón para mantener en el tiempo su alta fluidez.

### Condiciones de Almacenamiento:

- Se mantiene en buenas condiciones empaçado en bolsas de polietileno de un 0,006" de espesor, en lugar fresco y seco.

Hay la esperanza que con este producto en el mercado, ya se está vendiendo, se renueve el consumo de la panela a todos los niveles sociales de Colombia. Se puede anunciar que con esta tecnología se ha roto la centenaria tradición cabalística que nos legara la España Colonial y se ha colocado a Colombia en el liderazgo tecnológico entre los países productores de panela en el ámbito internacional.

\*\*\*\*\*

Estos tres estudios relatados, se adelantaron en el Instituto de Investigaciones Tecnológicas, pertenecen a su patrimonio científico y cultural, y naturalmente a Colombia, puesto que fueron realizados con el objeto de contribuir al desarrollo agrícola e industrial del país. No puedo decir si fueron fáciles de resolver o no; cuando se ha conseguido un resultado, es difícil darse cuenta del trabajo que costó.

Deseo finalmente, desde esta cátedra de la ciencia, rendir un sincero homenaje de reconocimiento y gratitud al Instituto de Investigaciones Tecnológicas y lo hago en la persona de su director, el doctor Eduardo Wills Carrasquilla, homenaje que

deseo hacer extensivo a los señores ex-directores de la entidad, Oliverio Phillips, Norton Young y Jaime Ayala, aquí presentes. Lo hago con la natural sencillez de la persona agradecida y con la fortaleza espiritual de quien enriqueció su mente con los conocimientos científicos recibidos, primero del Instituto, que fueron como una especie de iniciación a la sabiduría de que hablaban los antiguos sacerdotes egipcios, para quienes esa iniciación era el entrenamiento gradual de todo el ser humano hacia las cimas vertiginosas del espíritu,

desde donde se puede dominar la vida; en segundo término, de los ex-directores, quienes indicándome el camino de la investigación aplicada con las luces de sus inteligencias, se asemejaban a los heriofantes de esa misma casta egipcia, para quienes la verdad no se da, la verdad se encuentra, y se encuentra con la carifosa devoción por el trabajo, haciendo ciertas las palabras del ilustre académico español Ramón y Cajal: "En la ciencia como en la vida, el fruto viene siempre después del amor".

## BIBLIOGRAFIA

1. COLCIENCIAS. "Segundo Censo Nacional de Actividades Científicas y Tecnológicas". 1982.
2. DIAZ DELGADO, Daniel. "Almacenamiento de papa en silos semisubterráneos". 1964.
3. DIAZ DELGADO, Daniel. "Elaboración de panela granulada". 1980.
4. DIAZ DELGADO, Daniel. "Valor nutritivo y uso potencial de las proteínas solubles e insolubles de soya". 1975.
5. EINSTEIN, A. "De mis últimos años". 1951.

# LA ESTEREORTOFOTOGRAFIA EN LA ELABORACION DE MAPAS

Por ALVARO GONZALEZ FLETCHER\*\*

## INTRODUCCION

Las ideas que aquí se expresan tienen por objeto mostrar el empleo de una técnica útil y expedita que agiliza la elaboración de planos y mapas, especialmente sobre las áreas rurales y áreas urbanas en donde las construcciones sean de escasa altura.

A las técnicas cartográficas propiamente dichas, aquí descritas, se adicionan las facilidades que hoy en día ofrecen la sistematización y digitalización de la información reunida en una imagen del terreno. Todo ello presenta al cartógrafo unas nuevas y mejores posibilidades para que dentro del ámbito de un mundo moderno y dinámico, se dote a los usuarios de un sistema que —sin sacrificar las precisiones debidas— dé prontitud a las soluciones de sus problemas y suministre la base necesaria para la toma de decisiones.

El proceso señalado en este escrito se aparta de los sistemas fotogramétricos hasta ahora considerados convencionales, para buscar soluciones más económicas y pragmáticas con las cuales se dé respuesta rápida a las necesidades de cartografía en regiones carentes de ella o en donde ésta está desactualizada o requiere otras especificaciones.

Lo que aquí se establece no es nuevo en su concepción pero sí en su aplicación, en particular, en nuestro medio. Se trata del uso de la estereortofotografía en la elaboración de planos y cartas o mapas topográficos o temáticos con énfasis en su aplicación en el catastro físico.

Las ortofotografías contienen prácticamente toda la información que puede incluirse en un modelo estereoscópico del terreno que luego puede ser reconstruido por métodos convencionales para producir los respectivos planos o mapas. Desafortunadamente en las técnicas convencionales de la orto-

fotografía, la información contenida en ella está restringida únicamente a la planimétrica. Por otra parte la facilidad de interpretación en una ortofotografía convencional comparada con la del modelo tridimensional del terreno, está de lado de éste último.

Por tanto, lo ideal sería combinar en un sistema técnico la objetividad y precisión del modelo estereoscópico convencional con la expedición de la ortofotografía. Esta técnica es la de la estereortofotografía, cuya simple descripción aquí ofrecemos, junto con sus aspectos teóricos, las pruebas realizadas y los resultados obtenidos en nuestro medio.

## ORTOFOTOGRAFIA CONVENCIONAL

En la opinión de muchos expertos las técnicas de ortofotografía son la respuesta al problema de un sistema económico y rápido para la elaboración de mapas.

En el campo de la ortofotografía existen diversas técnicas y se utilizan distintos equipos.

Los principios básicos pueden entenderse por medio de una simple explicación, utilizando un instrumento convencional de proyección directa anaglifa. Asumamos que tenemos un instrumento del tipo Kelsh o Balplex con visión anaglifa.

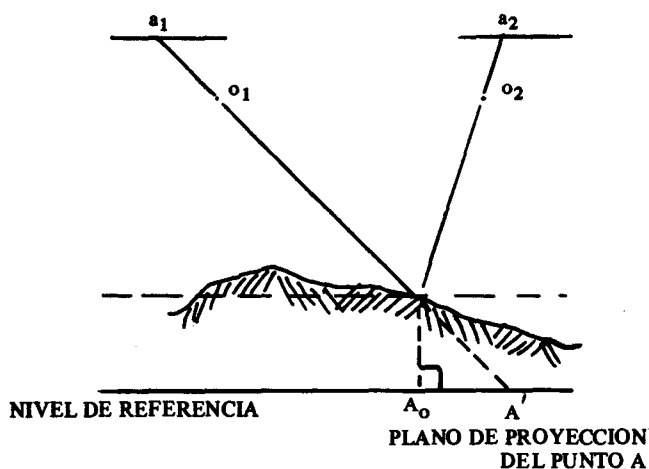
Se orienta un modelo fotográfico en los proyectores del instrumento y se debe disponer de una mesilla móvil en la dirección ZZ que se desplaza también en dirección XX y YY. Sobre esa mesilla se coloca una película fotográfica sensible únicamente al color azul, de la imagen proyectada por el proyector izquierdo del aparato. La película se cubre con una lámina opaca en la cual existe una pequeña abertura (digamos de 1 mm. de ancho por 5 mm. de largo), la que se puede mover a lo largo de uno de los ejes. Esta abertura, una vez termine su recorrido en la dirección del eje, se puede des-

\* Disertación leída el 20 de marzo de 1985 durante su posesión como Académico Correspondiente.

\*\* Instituto Geográfico Agustín Codazzi, Bogotá, Colombia.

plazar en una longitud igual a la de su ancho en dirección perpendicular a la del movimiento inicial, para continuar con este último movimiento a lo largo del eje primario, produciendo, al hacerse repetitivamente, un barrido total del área del modelo. El observador puede ver una pequeña parte del modelo estereoscópico a través de la abertura mediante el uso de lentes de colores azul y rojo, correspondientes a los colores proyectados. El operador ajusta la altura de la mesa a la de los detalles del modelo. La película fotográfica colocada en la mesa bajo la abertura, como se dijo antes es sólo sensible al color azul, y en la medida en que la abertura se mueve a lo largo de la película colocada en la mesa desplazable, se va registrando en la emulsión fotográfica la imagen proyectada, formando una faja continua longitudinal. La imagen total (ortofoto) es el resultado de la unión fotográfica automática de estas fajas longitudinales.

Lo anterior se realiza por el movimiento longitudinal de la abertura y el desplazamiento en ZZ de la mesa. Puesto que cada elemento de la superficie del terreno, correspondiente a la abertura, es proyectado en el plano XY al nivel adecuado de Z (en el modelo), se elimina el desplazamiento geométrico de la imagen, típico de los procesos de rectificación.



- A<sub>0</sub> posición correcta en el proceso de ortofotografía o rectificación diferencial.  
 A' posición desplazada en el proceso de rectificación convencional.

Suponiendo que los elementos de la superficie del terreno tratados por el sistema antes descrito son infinitesimales, la rectificación diferencial equivale a transformar el sistema de proyección central propio de la fotografía aérea en un sistema de proyección ortogonal con su centro de proyección en el infinito.

Es evidente que la orientación de un modelo estereoscópico del terreno es el pre-requisito del método de rectificación diferencial.

No importa si la información se obtiene de un modelo reconstruido físicamente, solución analoga, o de un modelo matemático abstracto, solución analítica.

El tamaño de la abertura debe establecerse de acuerdo con la topografía del terreno. Esto implica aspectos de precisión y rendimiento. Aberturas pequeñas deben corresponder a terrenos quebrados, mientras que aberturas de gran tamaño lo serán a terrenos planos. Aberturas pequeñas reducen la velocidad de barrido del modelo y por tanto el rendimiento en la elaboración de la ortofoto.

La imagen fotográfica obtenida por el procedimiento aquí descrito es en apariencia igual a una ampliación fotográfica del negativo original, pero en realidad es una imagen equivalente geométricamente a un plano en el cual no hay signos convencionales, ni nomenclatura geográfica.

El sistema de formación de la ortofoto se lleva a cabo por un método de barrido de la imagen del modelo —el cual se hace en dirección XX— y la construcción del perfil de ese barrido longitudinal en la dirección ZZ. Ello hace que este sistema sea muy apropiado para la digitalización automática del modelo.

Por otra parte es lógico pensar que si se hacen perfiles verticales del terreno (dirección ZZ) la determinación de curvas de nivel es también una operación factible y relativamente sencilla. Por tanto, la ortofoto puede ser complementada con la presentación de curvas de nivel o con puntos de elevación conocida y con todos los datos digitalizados de los aspectos planimétricos representados en ella.

#### AUTOMATIZACION DE LA TECNICA DE LA ORTOFOTOGRAFIA

Una de las posibilidades fundamentales que deben considerarse en la técnica de producción de ortofotografías es la amplia oportunidad de automatizar total o parcialmente el proceso, con la salvedad de que los correladores ópticos usados en los instrumentos hoy diseñados no distinguen entre la superficie del terreno desnudo y la cobertura natural o artificial, por lo cual el uso de este sistema automático no debe utilizarse en zonas con edificios altos o con cobertura vegetal muy elevada. En estos casos se utilizarán ortofotos a escala pequeña en donde el efecto de este cubrimiento produce un error tolerable. Un efecto parecido se produce en zonas demasiado rugosas, si el tamaño de la abertura usada en la rectificación diferencial no es reducido proporcionalmente.

Por otra parte la pequeña zona de rectificación puede no ser la de una abertura rectangular sino de cualquier otra figura regular, tal como un cuadrado u otra figura geométrica cuyo tamaño debe reducirse de acuerdo con lo abrupto de la topografía. A mayor relieve, menor tamaño de la figura o abertura.

En resumen puede decirse que a pesar de las limitaciones inherentes al sistema de correlación de imágenes a lo largo de líneas de perfil (barrido automático) se debe pensar que el proceso de ortofotografías es significativamente más automatizado que

el sistema de restitución automática. Adicionalmente el sistema de elaboración de perfiles automáticos provee simultáneamente la facilidad para digitalizar la topografía y para la elaboración de curvas de nivel y de modelos digitales del terreno, los cuales pueden ser presentados en forma gráfica o numérica.

### LIMITACIONES DE LA ORTOFOTOGRAFIA CONVENCIONAL

A pesar de las ventajas antes explicadas, de uniformidad de escala y de representación planimétrica completa del terreno correspondiente al modelo o modelos fotográficos, la ortofotografía presenta las siguientes limitaciones:

- a) Dificultad en lo que se ha llamado lectura cartográfica o lectura de mapas;
- b) Incapacidad para suministrar información sobre características verticales del terreno y de los detalles naturales o artificiales localizados sobre él.

La primera de estas limitaciones se debe a dos hechos: la representación bidimensional de objetos tridimensionales dificulta su foto-identificación y los detalles del terreno pueden aparecer en tonos muy oscuros o grises, sin contraste en una fotografía, pero no así en la otra fotografía de par estereoscópico. Esto último facilita la interpretación y foto-identificación de objetos del terreno en el sistema convencional. La ortofotografía simple no ofrece esta ventaja.

La ortofotografía simple no contiene información sobre cotas o alturas del terreno. Aún si ésta es complementada con las curvas de nivel, el resultado no es satisfactorio en el campo vertical.

Con el fin de superar estas limitaciones y dificultades se ha encontrado la estereortofotografía como solución.

### OBSERVACION ESTEREOSCOPICA DE LAS ORTOFOTOGRAFIAS

Las ortofotografías convencionales pueden observarse estereoscópicamente con el empleo de la otra fotografía que forma el par estereoscópico correspondiente. Pueden entonces presentarse dos casos: las imágenes (ortofoto y fotografía convencional) se encuentran a una escala diferente, o se ha ampliado la fotografía que forma el estereo-par para facilitar la visión estereoscópica.

En uno u otro caso el proceso es dispendioso y los resultados no son prácticos, especialmente para la restitución de líneas continuas, por los desplazamientos en Y que hay que llevar a cabo para conservar la visión tridimensional del terreno. Por otro lado no hay una definición clara de la dimensión en Z y los paralajes en X son afectados por la inclinación de la fotografía que forma el par con la ortofoto.

Otra posibilidad para mejorar la interpretación de ortofotografías sería la de elaborar pares de ortofotos de las dos fotografías del estereo-par.

La observación de pares de ortofotos es sencilla si se tiene en cuenta que no hay paralaje horizontal, pero como resultado de ello el terreno aparece plano a pesar de no serlo. Sólo los detalles verticales, tales como árboles o edificios, pueden observarse tridimensionalmente por no estar en el plano de rectificación diferencial ya que ésta se aplica al terreno. Por tanto, este método no es aplicable para obtener información vertical del terreno.

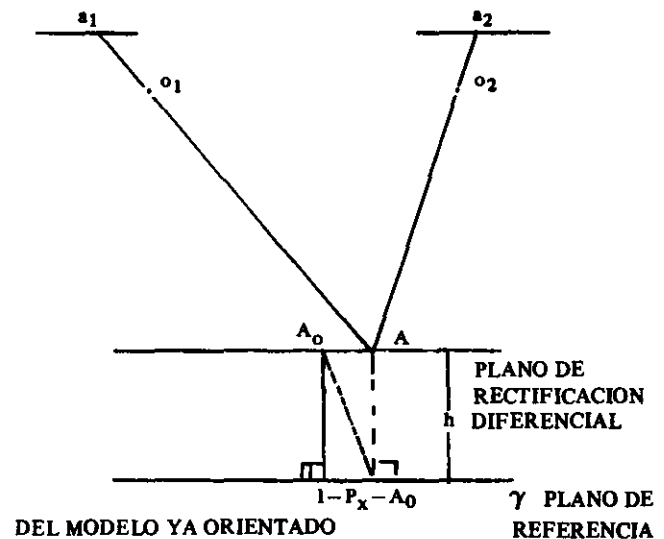
### TEORIA DE LA ESTEREORTOFOTOGRAFIA

La solución que ofrece resultados ampliamente satisfactorios para lograr la uniformidad de escala y la facilidad de interpretación e identificación de los detalles del terreno y la información vertical adecuada, es la denominada estereortofotografía.

La idea general para dar esta solución, se inicia con el concepto de pares de ortofotografías pero con una diferencia fundamental en una de ellas que consiste en introducir en la imagen compañera de la ortofoto básica, un paralaje artificial en dirección XX, proporcional a las diferencias de alturas del terreno.

Para dar una simple explicación al principio enunciado, volvamos a nuestro ejemplo del modelo formado en un instrumento de proyección tipo Kelsh o Balplex.

CONSIDEREMOS UN PUNTO A



El punto A corresponde en el plano de referencia a A' según la proyección ortogonal.

Suponiendo que para los puntos de una de las dos fotografías, la derecha por ejemplo, el plano de proyección que contiene la película en donde se formará la ortofoto es desplazado en un paralaje horizontal  $P_x$  proporcional a la diferencia de elevación entre el punto A y el plano de referencia de las alturas, se creará en la película una imagen continua que se ha denominado estereo-pareja, en la

cual todos los puntos tendrán las coordenadas Y iguales a los de la ortofoto producida a partir de la fotografía izquierda y las coordenadas X serán modificadas por paralajes proporcionales a sus diferencias de elevación. Puesto que el paralaje en dirección Y ha sido eliminado en todos los puntos, la observación tridimensional de estas imágenes, la ortofoto y su estereo-par, es muy sencilla.

No es necesario un instrumento con óptica compleja o un instrumento anaglifo. En un sencillo estereoscopio pueden ser observadas estas imágenes.

La importancia de este logro es la de que la estereortofotografía ofrece una completa, sencilla y práctica solución a muchos problemas de cartografía y fotointerpretación.

La ortofotografía es una proyección paralela y ortogonal del terreno y la estereo-pareja es una proyección oblicua paralela del terreno.

### PRINCIPIOS GEOMETRICOS BASICOS

Un par de estereortofotografías está constituido por dos imágenes rectificadas diferencialmente. Una de las ortofotografías del par ha sido modificada por el paralaje horizontal  $P_x$  el cual se ha hecho proporcional a las diferencias de elevación  $h$  del terreno sobre un plano de referencia.

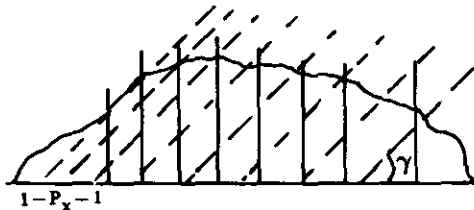
Por tanto:

$$P_x = c.h \quad (1)$$

en donde  $C$  es una constante arbitraria, la cual puede hacerse igual a:

$$\frac{1}{\tan \delta}$$

En esta solución la ortofoto es una proyección ortogonal del modelo del terreno sobre el plano de referencia con el centro de proyección en el infinito y la ortofoto compañera o la que forma el par es una proyección paralela oblicua, con el centro de proyección también en el infinito. El plano de referencia de las dos ortofotos es el mismo.



La fórmula  $P_x = c.h$  contiene el concepto fundamental de la estereortofotografía.

La ortofoto compañera o estereo-par es idéntica a la otra, exceptuando que se le ha introducido a cada punto un paralaje artificial  $P_x$ , proporcional a su elevación sobre el plano de referencia.

Al seleccionar el valor de  $C$  se pueden considerar diversos factores. Si se usa un valor muy grande, la observación del modelo se puede exagerar en su aspecto vertical y distorsionar la apariencia del estereo-par. El otro factor a considerar es el de la presentación uniforme de los objetos naturales o artificiales tales como árboles, construcciones, etc.

El paralaje de estos detalles en las estereortofotografías es aproximadamente igual a:

$$P_x = \frac{B}{H-h} \quad \Delta P_x \cong \frac{B}{H-h} \Delta h \quad (2)$$

en donde  $B$  es la base en el aire,  $H$  es la distancia de proyección promedio,  $h$  la altura sobre el plano de referencia del terreno, y  $\Delta h$  la altura del objeto.

$\Delta P_x$  es el paralaje diferencial de objetos elevados, localizados sobre el terreno.

Las estereortofotografías producidas por la fórmula básica (1) definen la superficie del terreno, pero para objetos elevados localizados sobre él se hace necesario utilizar otra escala.

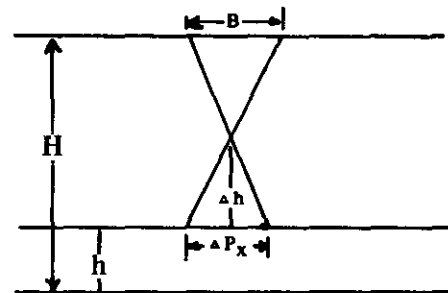
Puesto que el paralaje fotográfico de estos objetos elevados no puede cambiarse y el paralaje artificial introducido a la ortofotografía tiene un valor arbitrario parece que es conveniente usar la siguiente aproximación para  $C$ :

$$C \cong \frac{B}{H-h} = \frac{B}{H}$$

la conocida relación base, altura.

El valor exacto del paralaje  $\Delta P_x$  en el plano correspondiente a una altura  $h$  sobre el plano de referencia es:

$$\Delta P_x = \frac{\Delta h}{H-h-\Delta h}$$



PARALAJE DIFERENCIAL DE UN OBJETO ELEVADO SOBRE EL TERRENO

$$\Delta P_x = \frac{\Delta h}{H-h-\Delta h}$$

$$\Delta P_x = \frac{B \Delta h}{H-h-\Delta h} \quad (4)$$

Esta fórmula da el paralaje de los objetos elevados sobre el nivel del terreno. Durante la producción del estereopar se lleva a cabo un desplazamiento en dirección  $XX$  de la película para los puntos del terreno. Si a este desplazamiento (4) le agregamos

la fórmula inicial  $P_x = \frac{B}{H} h$  tendremos el paralaje

total.

$$\frac{B}{H} h + \frac{B \Delta h}{H-h-\Delta h}$$

Esta expresión fue probada por el Consejo Nacional de Investigaciones del Canadá, encontrándose que es más adecuada la fórmula propuesta por S.H. Collins, a saber:

$$P_x = BLn\left(\frac{H}{H-h}\right)$$

para generar el paralaje artificial. Con el fin de tener en cuenta tanto paralajes de los objetos naturales como de los artificiales y de que la fórmula de paralaje sea aplicable a unos y otros y al terreno, podemos decir que para considerar cambios infinitesimales de altura  $dh$  a una altura dada  $h$  podemos sustituir en la ecuación (2)  $\Delta h$  por  $dh$  y tener una integral

$$P_x = \int \frac{h B}{H-h} dh = BLn\left(\frac{H}{H-h}\right) \quad (5)$$

si el paralaje artificial se introduce según la fórmula (5) las elevaciones del terreno y las de los objetivos elevados localizados sobre él estarán a la misma escala, evitando la ambigüedad antes indicada. Esto también es aplicable cuando la abertura del instrumento en el cual se producen las ortofotos es de un tamaño muy grande y por tanto puede aparecer el terreno con alturas diferentes, cuyo efecto es el mismo del producido por objetos elevados sobre el nivel del terreno.

El error en la medición de paralaje en la ortofoto producido en la elaboración de perfiles, se expresa por la fórmula

$$\Delta P_x = \left(\frac{X}{H-h}\right) (\Delta Z_2 - \Delta Z_1)$$

en donde  $X$  es la distancia del punto al nadir,  $\Delta Z_1$  y  $\Delta Z_2$  los errores en la medición de cotas. Si  $\Delta Z_1$  y  $\Delta Z_2$  son pequeños por un cuidadoso trabajo en la elaboración de perfiles, la expresión anterior es válida. Los errores en cotas están por debajo del límite del 1%. El máximo error planimétrico en las ortofotos se expresa por:

$$\Delta X' = \Delta Y'' \frac{0.2881 \tan B}{1 + 1.155 \tan B}$$

siendo la longitud de la abertura  $Y B$  y el ángulo dependiente del terreno en dirección  $Y$ .

#### INSTRUMENTOS USADOS EN LA PRODUCCION DE ORTOFOTOS

Existen hoy en día diversas clases de equipos que pueden ser utilizados en la producción de ortofotos. Los más destacados son los fabricados por las casas Wild de Suiza, Zeiss de Alemania y Nothway Gestalt Corporation del Canadá, pero la elaboración de estereortofotografías es en principio llevada a cabo por el instrumento de la casa Gestalt.

El tiempo necesario para producir la ortofoto y estereo-par es considerablemente breve en el sistema automático de barrido del instrumento GPM de la Gestalt.

De este instrumento no solamente se obtienen la ortofoto y su estereo-par sino el llamado D.T.M.

o modelo digital del terreno para un total de 800.000 puntos por modelo, para los cuales se le han establecido sus coordenadas tanto planas como su altura sobre el nivel de referencia.

Al disponer de este material es fácil elaborar los mapas o planos convencionales, llamados mapas de línea, los ortofoto-mapas que ofrecen la imagen fotográfica del terreno junto con la información sobrepuesta en ellos como nomenclatura geográfica y curvas de nivel.

Los procedimientos para transformar las estereortofotografías en mapas convencionales (de línea) requieren la utilización de instrumentos muy sencillos denominados estereo-restituidores en los cuales se puede transformar el terreno representado en el modelo ampliado de la fotografía y fácilmente orientado, lo cual ofrece una gran facilidad por no requerir personal altamente entrenado y especializado y dar rendimiento altísimo en calidad y cantidad.

Además de estas ventajas el estereo-restituidor puede tener la capacidad para digitalizar más densamente los detalles de la superficie terrestre que deseen ser representados y codificados.

Por otra parte la información de las ortofotos puede ser digitalizada en una sencilla mesa de dibujo unida a un nuevo-procesador, la que se ha denominado la mesa digitalizadora, con la cual toda la información planimétrica del terreno puede ser codificada y almacenada, junta con toda la adicional sobre calidad de suelos, aguas y en general recursos naturales que se desee incluir, creando de esa forma un banco de datos de información geográfica, todos ellos ligados a los mapas y a las coordenadas propias de esos mapas.

#### MAPAS TEMATICOS

La estereortofotografía ofrece una amplia facilidad para la interpretación fotográfica de los diversos detalles del terreno. Ello agregado a las facilidades y ventajas que para la elaboración de la base cargográfica tiene el sistema, constituyen las bases para la elaboración de diversas clases de mapas, tanto topográficos como temáticos.

Especial énfasis podemos dar a los mapas o cartas catastrales. Históricamente el catastro ha sido concedido como el inventario de la propiedad inmueble. Sin embargo hoy en día se considera que las cartas catastrales pueden constituir la base para un sistema de cubrimiento cartográfico a escala mediana y grande de un país o región.

Además, a lo anterior se adiciona el hecho de que el inventario catastral trae consigo una enorme riqueza de información, no sólo por su variedad sino por la posible e intrínseca calidad lograda con el reconocimiento que es necesario hacer a cada predio.

Por tanto de todo esto se puede crear un banco de información sobre la tierra y sus recursos, y sobre su valor económico gracias a la capacidad que hoy existe para almacenar y manejar un enorme vo-

**lumen de datos mediante la informática. Se dispone así de la herramienta básica para la planeación del desarrollo y la administración de los recursos.**

### **CONCLUSIONES**

El sistema esteortofotográfico presenta un concepto importante en varios aspectos:

- a) Una técnica completa en fotointerpretación y elaboración de mapas, cartas o planos.
- b) Una enorme facilidad y rapidez para los procesos antes señalados, permitiendo una descentralización del sistema de producción al tener un sitio la elaboración de las estereortofotos y otro los procesos de conversión de éstas en mapas o planos, con equipos simples y personal aún con poca experiencia en la operación de restituidores convencionales.

- c) La respuesta adecuada por su sencillez y efectividad en la actualización de cartas.
- d) Su extrema simplicidad y las otras características como la precisión del sistema, lo hacen muy apropiado para el establecimiento de un catastro moderno. Esto es de particular interés en los países en desarrollo.
- e) La posibilidad de cubrir con cartografía adecuada vastas regiones carentes de ella o en donde la calidad de los mapas no es suficiente.
- f) Es necesario entender que el sistema no ofrece las calidades que se requieren en zonas urbanas en donde el valor económico de la tierra y las condiciones de desarrollo exigen una altísima precisión altimétrica y planimétrica.
- g) El sistema ofrece amplias y nuevas posibilidades en la elaboración de planos y mapas. Se están adelantando investigaciones en esta técnica para hacerla más profunda y operativa.

# BREVE HISTORIA DE LA FÍSICA EN COLOMBIA

Por GUILLERMO CASTILLO TORRES\*

La historia de la Física en Colombia tiene los períodos usuales: pre-historia, antigüedad clásica, edad media, edad moderna y edad contemporánea, si bien sus fechas no coinciden con la Historia Universal.

## 1. Pre-historia

La pre-historia es la Colonia antes de la venida de José Celestino Mutis a la Nueva Granada: ni el sistema heliocéntrico de Copérnico ni la Filosofía Natural de Newton se enseñaban aquí por juzgáseles contrarios a las Sagradas Escrituras. Sin los principios de Newton, la Física se reducía a una serie de leyes aisladas, apenas útiles para el conocimiento de instrumentos que se usaban en otras disciplinas, como la Medicina, la Ingeniería, la Geografía, etc; tales instrumentos eran, por ejemplo termómetros, barómetros, brújulas, etc.

## 2. Antigüedad Clásica

Entonces el fin de la pre-historia se puede hacer coincidir con la llegada de Mutis a la Nueva Granada y la consiguiente fundación en el Colegio del Rosario de las Cátedras de Ciencias Físicas y Naturales, en 1762. Don José Celestino Mutis, médico y naturalista, fue quien primero se atrevió a enseñar la teoría de Copérnico y las leyes de Newton, lo cual provocó que se intentara acusarlo de herejía ante la Inquisición. Por fortuna siempre tuvo el respaldo del Virrey, quien cumplía una Real Cédula de Carlos III que ordenaba el estudio de la teoría heliocéntrica y de la Filosofía de Newton en los dominios españoles. La lucha, sin embargo, no estuvo exenta de alternativas: en 1794, tales enseñanzas fueron nuevamente prohibidas, pues se les atribuían las más revolucionarias intenciones y esta situación perduró hasta principios del Siglo XIX.

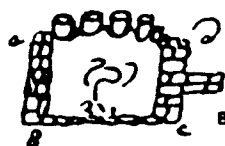
En 1801 vino al Nuevo Reino de Granada el Barón Alexander von Humboldt, famoso naturalis-

ta alemán, cuyo viaje a estas regiones equinocciales provocó gran expectativa entre los jóvenes amantes de la Ciencia. El propio barón en su Diario [1], observó cómo la introducción de las nuevas ideas produjo "en la juventud americana un estado de enervación espiritual que no se conoce en España".

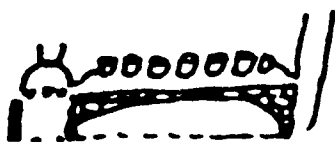
Humboldt, acompañado por Amadeo Bompland, hizo numerosas observaciones sobre plantas y animales de estas regiones; aquí nos interesa destacar que determinó las coordenadas geográficas, la altitud por medio del barómetro, la humedad, la declinación magnética y otros muchos datos de numerosos lugares. En Europa circulaban absurdas leyendas sobre estas colonias ecuatoriales. Por ejemplo, el cronista Lucas Fernández de Piedrahita le atribuía al Salto de Tequendama una altura de caída de media legua (algo así como 2.750 m) y Pedro Bouguer, acompañante de La Condamine, da el dato de 2.300 toesas (aproximadamente 4.400 m) dato que él conoció sólo de oídas. El Barón de Humboldt quiso verificar personalmente tales cifras, que harían de nuestra catarata la de mayor altura en el mundo entero; había dificultades para realizar la medición por métodos trigonométricos y barométricos por lo inaccesible del terreno en la base de la catarata y por otro lado, el empleo de una sonda pesada que se hiciera descender desde lo alto tenía el inconveniente de que las fuertes corrientes de aire no dejaban que la cuerda se mantuviera vertical. Entonces Humboldt acudió al expediente muy sencillo de arrojar una piedra al fondo del salto y medir con cuidado el tiempo de caída. Así obtuvo un resultado de 108 toesas cercano a 200 metros [2]. Caldas, después de su poética descripción del salto de Tequendama, menciona los resultados de otras mediciones practicadas usando diferentes métodos, por esa misma época, resultados más o menos concordantes con los del Barón [3]. Este ejemplo ilustra muy bien las dificultades enormes que debían enfrentar quienes trataban de hacer medidas en aquellos tiempos.

\* Universidad Nacional Departamento de Física

Humboldt visitó las Salinas de Zipaquirá y observó que se estaban explotando usando los mismos métodos primitivos de los indios. En su Diario [4] ilustró este hecho con dos esquemas, hechos por él mismo, para indicar la diferencia entre los métodos ineficientes usados para evaporar la salmuera (Fig. 1) y el sistema más racional (Fig. 2), que a manera de una caldera utiliza los gases calientes de modo más efectivo.



Bosquejo de mano de Humboldt



Bosquejo de mano de Humboldt

Por esa época, el sabio payanés Francisco José de Caldas se ocupaba de investigar la influencia de la altura de un lugar sobre el punto de ebullición del agua. Humboldt había practicado algunas mediciones de esta temperatura, pues estimaba que tal dato podría ser importante para el estudio de las propiedades del aire atmosférico en distantes localidades. Pero Caldas iba más lejos: había llegado al convencimiento de que la temperatura de ebullición del agua podría ser un dato tan útil para determinar la altura de un lugar, como lo era la lectura barométrica. Como lo manifestaba más tarde en un informe oficial [5]: "...El resultado fue que las montañas se pueden medir con el termómetro como se hace con el barómetro". En su Memoria, escrita en 1802, explicaba [6]: "...o hablando con propiedad, el barómetro no nos enseña otra cosa que la presión atmosférica: luego el calor del agua nos indica la presión atmosférica, del mismo modo que el barómetro; luego puede darnos las elevaciones de los lugares sin necesidad del barómetro y con tanta seguridad como él". El "calor del agua" de que habla Caldas (se refiere al agua hirviendo) no es otra cosa, en términos modernos, que la temperatura de ebullición. Este es pues el fundamento de la Hipsometría o medición de alturas por medio del agua destilada en ebullición.

Consultado el Barón de Humboldt sobre este método, manifestó a Caldas que Saussure ya lo había propuesto; pero poco después se aclaró que la propuesta de Saussure se relacionaba más bien con el descenso de la *temperatura atmosférica* con la altura, método muy impreciso como se comprende fácilmente (en realidad, el método preconizado por Caldas sí había sido expuesto con anterioridad por el Físico italiano Tiberio Cavallo [7], sin mencionar experimento alguno, pero esto no se sabía en América). El Barón también puso de presente

que el punto de ebullición del agua muestra a veces diferencias hasta de  $1^\circ$  para el mismo lugar, según sus personales experiencias; a esto contestó Caldas con razón que, tomando suficientes precauciones, los resultados deben ser reproducibles.

Francisco José de Caldas, nacido como se dijo en Popayán, hizo sus primeros estudios en el Seminario de esta ciudad; allí, las enseñanzas de Don José Félix de Restrepo, uno de los hombres más cultos de la Nueva Granada, despertaron su entusiasmo por las Ciencias Naturales. Por compromisos familiares estudió Jurisprudencia en Santafé pero regresado a Popayán, dedicó sus mayores esfuerzos a las Ciencias Naturales, la Astronomía en particular. Pero se vio severamente limitado por la carencia de libros y equipos: hay que tener en cuenta que en la Nueva Granada no existía industria de ninguna clase y las comunicaciones eran lentísimas. Así que Caldas, sin ser un teórico profundo, era en cambio un experimentador muy hábil y se construyó por sí mismo sus propios instrumentos. Don Lino de Pombo, en su célebre biografía de Caldas [8], nos da un completo relato de los esfuerzos del sabio payanés en este sentido. En una ocasión, al romperse su único termómetro, se vio obligado a fabricarse otro y con este motivo se empezó a interesar en las variaciones con la altura del punto de ebullición del agua, punto fijo superior de su termómetro y allí empezó justamente la serie de observaciones que condujeron a su método para medir la altura de las montañas. Con el establecimiento de la Expedición Botánica fue nombrado Director del Observatorio Astronómico y se ocupó también en problemas de Botánica. En lo que se refiere a la Física, el principal mérito de Caldas fue pues, haber descubierto y ensayado en medio de "las tinieblas de Popayán", como él decía, un método original y útil para medir las alturas de puntos geográficos.

Los nombres de Mutis, Humboldt y Caldas llenan pues la Antigüedad Clásica de la historia de nuestra Física. Pero hubo un científico frustrado en aras de la política: Don José María Cabal, quien tuvo en Francia ilustres profesores, entre quienes pueden citarse a Juan Bautista Biot (Físico célebre por sus trabajos en Electro-magnetismo y luz polarizada) y Claudio Augusto Bertholet, profesor de Gay-Lussac y autor de importantes descubrimientos sobre el proceso de la combustión [9].

### 3. Edad Media

En la época del fusilamiento de Caldas (1916) la nación estaba desangrada y arruinada; los años que siguieron fueron pues muy poco propicios para el desarrollo de la Ciencia.

Después de lograda la independencia, unos pocos hechos positivos dieron esperanzas de reanudación de la actividad científica: la fundación de colegios y universidades en las administraciones del general Santander; la publicación en 1825 de las Lecciones de Física de Don José Félix de Restrepo, (ya men-

cionado como maestro de Caldas), que si bien no reflejaban todos los adelantos de la Física en Europa, tuvieron el mérito de constituir el primer texto de Física escrito por un compatriota; un tercer hecho positivo fue la traída de notables profesores extranjeros de Ciencias.

Desgraciadamente en 1850, la filosofía liberal llevada al extremo condujo al absurdo de establecer libertad absoluta de enseñanza y la abolición de las universidades sostenidas por el Gobierno. En la ley respectiva se decía que "...el grado o título científico no será necesario para ejercer profesiones científicas, pero podrán obtenerlo las personas que lo quieran, del modo que se establece por la presente ley". [10]. La consecuencia de todo esto fue que la educación formal quedó casi complementamente en manos privadas (¿no estaremos yendo ahora hacia una situación parecida?). Este estado de cosas empezó a cambiar hacia 1867, cuando el Congreso autorizó al Presidente de la República para organizar una universidad. Efectivamente, el Presidente Santos Acosta creó por decreto de 1868 la Universidad Nacional de Estados Unidos de Colombia con sede en Bogotá. La nueva institución comprendía seis Escuelas: de Derecho, de Medicina, de Ciencias Naturales, de Ingeniería, de Artes y Oficios y de Literatura y Filosofía. También quedaban bajo su dependencia la Biblioteca Nacional, el Museo, el Laboratorio Químico y los hospitales de caridad y militar. Se le asignaron como locales el edificio del Colegio Mayor de San Bartolomé, el edificio de Las Aulas y los antiguos conventos de Santa Inés, el Carmen y la Candelaria [11]. Con el correr de los años, las seis escuelas se redujeron a tres: Medicina y Ciencias Naturales, Matemáticas e Ingeniería y Derecho y Ciencias Políticas. A la postre resultó que la Física vino a estudiarse preferentemente en la de Matemáticas e Ingeniería más bien que en la de Medicina y Ciencias Naturales.

En 1871 se organizó la Universidad del Estado Soerano de Antioquia, tomando como base el Colegio Académico, fundado por Santander en 1822.

Nuestras guerras civiles, tan mortíferas y devastadoras en la última parte del Siglo XIX, fueron obstáculos formidables para el desarrollo de las Ciencias, en términos de que al final de dicho siglo, la Guerra de los Mil Días había determinado la clausura de las universidades oficiales por la dispersión de sus profesores y alumnos. Con esta contienda civil, la última y más terrible, se cierra la Edad Media de la Física en Colombia, caracterizada, como vimos por sus grandes contrastes.

#### 4. Edad Moderna

En los primeros años del Siglo XX, terminada la era de las guerras civiles, la Ciencia empezó a progresar de nuevo, justamente en una época de grandes transformaciones en la historia de la Física.

Una labor urgente era la reapertura de las universidades oficiales. El doctor Julio Garavito Arme-

ro, Director del Observatorio Astronómico, puso especial empeño en que la Facultad de Matemáticas e Ingeniería de la Universidad Nacional reiniciara labores lo más pronto posible. Su influencia fue muy honda en los años que siguieron, de ahí que esta Edad Moderna se podría llamar la época de Garavito y sus discípulos.

Los intereses de Garavito en el campo de la Física estaban principalmente orientados hacia la Mecánica y la Óptica Clásicas y en menor grado hacia la Mecánica de Fluidos y la Termodinámica en sus relaciones con la Meteorología.

A principios del siglo XX, un problema de gran actualidad era el estudio de los movimientos de la luna. Garavito tuvo aportes importantes en la aplicación de la teoría de Hamilton-Jacobi a ese problema y abordó la monumental tarea de elaborar las tablas de la luna [12], pero como en aquella época no se disponía de calculadoras rápidas, no le alcanzó a Garavito la vida para terminarlas. Como se sabe, la contribución de Garavito al estudio de los movimientos de la luna tuvo reconocimiento internacional y se le dio su nombre a uno de los cráteres de nuestro satélite.

Otro problema que en los primeros años del Siglo XX ocupaba por igual a Físicos y Astrónomos era el de la propagación de la luz a través de medios diáfanos en movimiento. Ya aceptada la teoría ondulatoria de la luz, todavía se pensaba en un hipotético medio para las ondas, el éter, que se concebía como un sistema de referencia privilegiado, respecto al cual se podrían poner de manifiesto los movimientos de los cuerpos. Pero los célebres experimentos de Michelson y Morley no mostraron ningún movimiento de la tierra con relación al éter; esto se podía explicar suponiendo que la tierra arrastra totalmente al éter en su movimiento. Desgraciadamente esta explicación estaba en total desacuerdo con el fenómeno de la aberración astronómica, conocido de tiempos atrás, en virtud del cual la dirección aparente de la luz procedente de una estrella obedece a la ley de la composición de las velocidades de la luz y de la tierra; esto evidentemente no ocurriría si la tierra arrastrara consigo el medio en que se propagan las ondas. Para acabar de complicar las cosas, estaba el experimento de Fizeau, en el que se mide la velocidad de la luz en una corriente de agua, tanto cuando la luz tiene el sentido de la corriente como cuando tiene el contrario; la teoría ondulatoria clásica llevó a Fresnel a postular un arrastre *solo parcial* del éter por la corriente de agua.

Garavito se propuso desatar, por caminos rigurosos de la Mecánica Clásica, este galimatías de los arrastres de éter. La solución de Garavito [13] se entiende mejor si se plantea el dilema en los siguientes términos: en un sistema en reposo respecto al éter la dirección de propagación de la luz es perpendicular al frente de onda, pero esta perpendicularidad no se cumple en un rayo procedente de una estrella, siguiendo la explicación de la aberración según la teoría ondulatoria clásica; por el con-

trario, de haber arrastre total de éter, si existiría esta perpendicularidad para el último rayo. Ahora bien, Garavito supuso el arrastre total de éter, pero introdujo una solución radical para cortar todo este nudo gordiano; no aceptó la construcción de Huygens, lo que elimina la necesidad de que el rayo luminoso sea perpendicular al frente de onda en un sistema en reposo respecto al éter. Así se concilian las dos situaciones que eran incompatibles y se puede explicar la experiencia de Fizeau con el arrastre total (no parcial) de éter [14]. Pero queda sin explicar como se podría estudiar la difracción sin usar el principio de Huygens; y así con otros fenómenos de la óptica física.

Como se sabe, la solución comunmente aceptada hoy día es la Relatividad Restringida de Einstein: se prescinde del éter, pero hay que usar las transformaciones de Lorentz para la composición de velocidades. Garavito nunca aceptó las teorías modernas, pues decía: "Es injustificable la pretensión de los físicos modernos de conferir a sus teorías hipotéticas valor equivalente al de la Astronomía. Lo único verificable en Física es la comprobación de que sus fenómenos obedecen a las leyes de la Mecánica; pero es incauto aspirar al conocimiento íntimo y detallado de ellos". [15]. Dentro de ese orden de ideas se ocupó también de los experimentos de desviación de rayos catódicos por campos eléctricos y magnéticos donde se puso de manifiesto el aumento de la masa de los electrones con su velocidad; Garavito no aceptó esta interpretación y más bien, dejando constante las masas, hizo hipótesis sobre la fuerza [16]. También dedicó tiempo considerable a combatir el planteamiento comunmente aceptado sobre las Geometrías no euclidianas.

Por meritorios e ingeniosos que nos parezcan los esfuerzos de Garavito por salvar el venerable edificio de la Física Clásica, lo cierto es que la evidencia experimental en favor de la Teoría de la Relatividad es abrumadora.

Como decíamos atrás, gracias a la influencia de Garavito la Facultad de Matemáticas e Ingeniería tuvo una orientación científica muy severa, siempre dentro de la línea clásica.

El doctor Garavito dejó muy ilustres discípulos como Jorge Alvarez Lleras, Belisario Ruiz Wilches, Darío Rozo, Jorge Acosta Villaveces y Melitón Escobar Larrazábal; a la misma generación y a la misma escuela pertenecía Julio Carrizosa Valenzuela. Todos estaban interesados en problemas de Astronomía, Geodesia, Matemáticas y Física.

En 1933 se fundó la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Correspondiente de la Española, gracias en mucha parte a las gestiones del entonces Ministro de Colombia en España, doctor José Joaquín Casas. Tuvo inicialmente 15 Miembros de Número, de los cuales 5 eran de la generación de los sucesores de Garavito y forma-

ban el núcleo de la Sección de Física y Matemáticas de la Academia. Una de las labores más importantes de la institución ha sido la publicación de la respectiva Revista, donde, al lado de importantes colaboradores en Botánica, Zoología y Geología aparecieron numerosos artículos sobre Ciencias Físicas y Matemáticas; entre estos últimos debe mencionarse una reproducción muy completa de la obra de Julio Garavito, con comentarios de Jorge Alvarez Lleras, director por entonces del Observatorio Astronómico, quien compartía y defendía arduosamente la orientación clásica de Garavito. En cambio Darío Rozo [17] y Julio Carrizosa preconizaban y defendían las nuevas teorías. Notables fueron los artículos de Alvarez Lleras sobre Meteorología Tropical y sobre radiación solar en la Sabana de Bogotá [18].

La Revista de la Academia ha venido saliendo, a veces con irregularidad, debido a las dificultades financieras que frecuentemente aquejan a la institución. La Academia está empeñada en vincular, como Miembros Correspondientes a científicos jóvenes que han estado surgiendo de nuestras universidades y llenando, con la prontitud que permiten los trámites reglamentarios, las sillas vacantes de numerarios.

### 5. Edad Contemporánea

Esta se inicia con la fundación, el 28 de agosto de 1955, de la Sociedad Colombiana de Física. El doctor David Mehl, especialista en comunicaciones, fue el promotor inicial de esta idea, para lo cual se puso en contacto con profesores de Física de las Universidades Nacional, de los Andes y Javeriana. Ocupó la Presidencia en el primer período el Profesor Hernando Franco Sánchez, organizador e impulsador de los Laboratorios de Física de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional, los mejor dotados para la enseñanza de esta Ciencia en dicha Universidad. También hicieron parte de la primera Junta Directiva otras personas, conocidas por sus labores en la Física o en disciplinas afines: Vice-presidente, Jesús Emilio Ramírez S. J.; Secretario, Sven Zethelius; Tesorero, Alejandro Sandino; Bibliotecario, Guillermo Castillo; Vocales, Gustavo Maldonado, Darío Rozo, Carlo Federici y David Mehl. Han sido posteriores Presidentes algunos profesores veteranos, como los doctores J. E. Ramírez, Sven Zethelius, Juan Herkrath y Guillermo Castillo; posteriormente lo han sido Físicos de las nuevas generaciones: Pablo Stouvenel, Wilfrido Solano, Humberto Rodríguez, Pablo Orozco, Eddien Alvarez y Diego Buriticá. El actual es el doctor Eduardo Posada, presidente de la Sociedad Pro-Centro Internacional de Física, de la cual se hablará adelante.

Una labor importante de la Sociedad en sus primeros años fue la realización de conferencias de divulgación, muy concurridas por cierto, sobre temas de gran actualidad en aquellos años, como aplicaciones de la energía nuclear, satélites artificiales, viajes espaciales, los usos de los transistores, etc.

A partir de 1964, la Sociedad empezó a realizar los Congresos Nacionales de Física, los dos primeros en Bogotá (1964 y 1967) y los siguientes en otras ciudades colombianas, en cooperación con las universidades locales: Medellín (1970), Cali (1973) y de ahí en adelante cada dos años en Bucaramanga, Cartagena, de nuevo Medellín, Paipa y Pasto. Se consideró que una reunión sobre Enseñanza de la Física a Nivel Universitario, realizada en Cartagena en 1956, organizada por el Fondo Universitario Nacional, sería el Primer Congreso Nacional y de ahí en adelante los de la Sociedad. En los intermedios entre Congresos se realizaron algunos Seminarios sobre temas restringidos, como el de Enseñanza de la Física a Nivel Medio en Bogotá, el de Estado Sólido en Bucaramanga y otros. Además de los participantes nacionales, en estos Congresos y Seminarios se contó con conferenciantes extranjeros, como los profesores alemanes que actuaban por entonces en la Universidad Nacional o bien profesores traídos especialmente para este fin, contando con la ayuda del Centro Latinoamericano de Física (CLAF), la OEA, la Comisión para Intercambio Educativo etc. Para los gastos en moneda nacional la Sociedad ha contado con el generoso apoyo de Colciencias en todos sus eventos.

Una actividad de la Sociedad, que tuvo gran trascendencia en los años siguientes se refirió a las insistentes recomendaciones a las universidades para que establecieran Departamentos de Física y Carreras de Física.

El Departamento de Física de la Universidad Nacional, si bien no fue el primero establecido en Colombia, sí tuvo en cambio papel muy importante, verdaderamente precursor, en lo que se refiere a los estudios de Física Pura y a la investigación en esta rama de la Ciencia. Creado por Acuerdo de 2 de noviembre de 1959 (es decir hace 25 años); allí efectivamente se le atribuyeron al nuevo Departamento tres importantes finalidades.

1. Encargarse de la Enseñanza de la Física en las Carreras que la necesitaran;
2. Preparar profesores de Física;
3. Realizar investigaciones en el campo de la Física.

Este Departamento, inicialmente adscrito a la Facultad de Ingeniería, pasó a la Facultad de Ciencias, cuando ésta fue creada en 1965. Han sido sus Directores los Profesores Guillermo Castillo T., Juan Herkrath, Eduardo Silva, Jaime Rodríguez, Efraín Barbosa, Jairo Caro, Diógenes Campos y Julio González, quien ejerce actualmente la Dirección. Poco a poco se han ido dando cumplimiento a los tres objetivos iniciales, para lo cual se inició en 1962 la Carrera de Física y en 1971 se oficializaron los estudios de Magister. Para esto último contó con la ayuda de una Misión de cinco profesores alemanes y un técnico de Taller de Mecánica Fina que vinieron a Colombia en 1969.

El Convenio respectivo, firmado con las Universidades de Mainz y Kaiserslautern, estipulaba, además de la donación de equipo (como el Taller de Mecánica Fina), la presencia en Bogotá de profesores alemanes de planta hasta 1978 y de allí en adelante, Profesores Visitantes por períodos cortos; dentro del mismo Convenio, han obtenido su Doctorado en Alemania 12 profesores colombianos, que llevaban ya su título de Magister conseguido en Bogotá. Para el cabal cumplimiento del 3o. de los tres objetivos iniciales del Departamento (realizar trabajos de investigación), objetivo cuya realización ya está dando sus primeros frutos, solo faltaría un paso culminante: el establecimiento del Doctorado en Física en la Universidad Nacional, para lo cual existe la base de los graduados en Alemania y otros países de Europa y América (en total 55 con título de Magister y Doctor).

Después de la Universidad Nacional, se crearon Carreras de Física en las Universidades de Antioquia, Valle, Santander y de los Andes; actualmente hay programas de Magister en la Nacional de Bogotá, como ya se dijo y en las de Antioquia, Valle y Santander.

Otra actividad fundamental de la Sociedad Colombiana de Física, ha sido la publicación, a partir de 1965, de la Revista Colombiana de Física, empeño que en la primera época se llevó a cabo en colaboración con el Departamento de Física de la Universidad Nacional. Han sido grandes las dificultades para sacar regularmente dicha Revista; en los primeros años no se contaba con una fuente estable de financiación y, a causa de la pequeñez de los Departamentos de Física de las universidades, escaseaban los colaboradores. A partir de 1970 se ha contado con la ayuda económica de Colciencias, pero todavía hay obstáculos que vencer para que los números salgan oportunamente\*.

La Sociedad ha colaborado también en la realización de eventos científicos organizados por otras entidades, sean a nivel nacional o internacional. Entre estos últimos se pueden mencionar los Simposios Latinoamericanos de Física del Estado Sólido y de Resonancia Magnética, ambos celebrados en la Universidad Nacional de Bogotá, con la colaboración del Centro Latinoamericano de Física (CLAF) y varios cursos y seminarios promovidos por la Asociación Pro-Centro Internacional de Física (ACIF) como se indicará adelante. La Sociedad mantuvo constante comunicación con el CLAF, mientras esta entidad dio señales de vida. En 1960, el Presidente de la Sociedad Colombiana de Física, en ese entonces quien esto escribe, fue miembro del Comité Organizador del Primer Congreso Latinoamericano de Física reunido en Oaxtepec, México, el cual fue organizado por el CLAF conjuntamente con las Sociedades de Física que para esta época funcionaba en América Latina. Es de mencionar también que el Socio Juan Herkrath fue,

\* Por ejemplo la actual penuria fiscal.

durante varios años, miembro suplente del Consejo Directivo del CLAF.

En años recientes, otras entidades, independientemente de la Sociedad Colombiana de Física, han realizado también eventos científicos de importancia. La Escuela Latinoamericana de Física, que se celebra cada año en una ciudad de la América Latina tuvo su reunión en 1982 en Cali, siendo la Universidad de los Andes la entidad organizadora, con la direcciones del Doctor Alfonso Rueda. En 1985 la Escuela tendrá otra vez lugar en Cali, actuando la Universidad del Valle como entidad anfitriona.

En los últimos años se han realizado en diferentes ciudades de Colombia tres reuniones de la Escuela Colombiana de Física Teórica, cuyo iniciador fue el doctor William Ponce de la Universidad de Antioquia. Como su nombre lo indica, dichas reuniones se han ocupado de diversos problemas teóricos de la Física, especialmente de partículas elementales.

A principios de 1980 visitó a Colombia el Profesor Abdú Salam, Premio Nobel de Física, con la idea de fundar en Colombia un Centro Internacional de Física, con el apoyo del Centro Internacional de Física Teórica de Trieste del cual es Director el profesor Salam. La idea inicial era que el Centro en proyecto se dedicara principalmente a investigaciones en Física Teórica, análogas a las que se desarrollan en Trieste. Pero después de su venida, el Profesor Salam se dio cuenta que era mucho más útil un programa más amplio, que incluyen aspectos de la Física relacionados con las necesidades del país. Mientras el Centro aún no tenga su organiza-

ción definitiva, trabajará en Colombia la Asociación Pro-Centro Internacional de Física, presidida por el doctor Eduardo Posada y siendo Secretario el Doctor Galileo Violini. Esta Asociación ha organizado cursos sobre Geofísica, Astrofísica, Física Médica, Técnicas de Alto Vacío, Física del Laser, y temas varios relacionados con la enseñanza de la Física. Un logro importante de esta Asociación es la adopción del proyecto del Centro Internacional como Proyecto Especial de Colciencias, con la promesa de mayores fondos.

Después de este descarnado relato, surge inmediatamente la pregunta: ¿cuál es el porvenir de la Física en Colombia? Desde luego, esta ciencia será una ayuda cada vez mayor para la Medicina, la Ingeniería, la Agricultura, la Geología, etc., a medida que estas actividades usen técnicas más y más sofisticadas. Por otra parte, si bien es cierto que la industria en Colombia está sufriendo un notorio estancamiento, no es menos cierto que esta situación debe superarse en el futuro y ello necesariamente implica que los empresarios deben propiciar la investigación; ahora bien, la investigación aplicada debe apoyarse en una infraestructura de investigación pura en el país, si realmente ha de ser efectiva. La simple importación de tecnología es muy costosa a la larga y siempre nos condenará a estar "a la penúltima moda" en procesos industriales. Este argumento un poco pragmático no nos debe hacer olvidar que, para beneficio de las próximas generaciones, estamos en la obligación de mantener a nuestra juventud al corriente de los avances de la Ciencia, así las aplicaciones no las podamos siquiera sospechar.

Bogotá, diciembre de 1984.

## REFERENCIAS

- [ 1 ] ALEXANDER VON HUMBOLDT EN COLOMBIA. Extractos de sus Diarios preparados y presentados por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas Físicas y Naturales y la Academia de Ciencias de la República Democrática Alemana (1982) Pág. 46a.
- [ 2 ] HUMBOLDT. Op. cit., pág. 72a.
- [ 3 ] FRANCISCO JOSE DE CALDAS. Tequendama. Extracto de una de sus Memorias, incluidas en Obras Completas de Francisco José de Caldas, pág. 433, publicadas por la Universidad Nacional de Colombia en 1966, donde se reproducen trabajos compilados anteriormente por el General Joaquín Acosta y el historiador Eduardo Posada.
- [ 4 ] HUMBOLDT, op. cit., pág. 63a - 66a.
- [ 5 ] F. J. CALDAS. Informe dirigido al Secretario del Virreinato en Octubre de 1808; citado por D. Lino de Pombo en su Biografía del Sabio, biografía reproducida en el Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, publicado en 1958.
- [ 6 ] F. J. CALDAS. Ensayo de una Memoria sobre un nuevo método para medir la altura de las montañas por medio del termómetro y el agua hirviendo. Obras Completas de Caldas, pág. 153, citadas en la ref. [3]. Esta Memoria fue publicada en Francia, después de la muerte de Caldas, pero no tuvo casi difusión en Europa.
- [ 7 ] Dato mencionado por el Ing. Alfredo Bateman en su escrito Caldas y la Hipsometría, publicado en el Suplemento de la Revista de la Academia Colombiana de Ciencias mencionado en la Ref. [5].
- [ 8 ] LINO DE POMBO, Caldas, Bibliografía del Sabio, citada en la Ref. [5].
- [ 9 ] GUSTAVO PERRY ZUBIETA. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat. XIV, 11 (1973).
- [ 10 ] G. PERRY, op. cit., pág. 15.
- [ 11 ] G. PERRY, op. cit., pág. 16.
- [ 12 ] JULIO GARAVITO. Rev. Acad. Colomb. Cienc. Exact. Fís. Nat. VI, 205 y 560 (1945 y 1946).  
La obra de Garavito fue compilada por Jorge Alvarez Lleras en la citada revista.
- [ 13 ] J. GARAVITO. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fís. Nat. I, 59 y 145, (1936 y 1937).
- [ 14 ] J. GARAVITO, loc. cit, I, 134 (1937).
- [ 15 ] J. GARAVITO, loc. cit, I, 145 (1937).
- [ 16 ] J. GARAVITO, loc. cit, II, 13 (1938).
- [ 17 ] DARIO ROZO. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fís. Nat. II, 422 (1938). II, 584 (1939). III, 32 (1939).
- [ 18 ] JORGE ALVAREZ LLERAS. Rev. Acad. Col. Cienc. Exact. Fís. Nat. III, 207 (1939).

# NUEVOS DATOS SOBRE EL DESCUBRIMIENTO DEL PLATINO, NOTA PRELIMINAR

Por ARMANDO ESPINOSA BAQUERO\*

## INTRODUCCION

La Historia de la Ciencia acredita a don Antonio de Ulloa (1716-1795) como descubridor del platino en 1748, año en que publicó, con don Jorge Juan, la *Relación histórica de un viaje hecho de orden de S.M. a la América Meridional*. Esta obra fue el primer resultado de la Expedición Geodésica Franco-Española que de 1736 a 1743 recorrió el norte de Suramérica midiendo un arco de meridiano para determinar la forma de la Tierra. Don Antonio de Ulloa recogió muestras en la Costa Pacífica en las cuales identificó un nuevo metal y aunque los indígenas del Ecuador y de Colombia habían conocido y utilizado el platino (Bergsoe, 1937; Rivet, 1946; Scott y Warwick, 1980, en prensa) se reconoce a Ulloa como su descubridor por haber hecho la primera referencia formal en Europa. Sin embargo, documentos de las Casas de la Moneda de Santa Fe de Bogotá y de Popayán, encontrados en el Archivo Nacional de Bogotá y en el Archivo Departamental de Popayán, aportan nuevos datos y plantean serios interrogantes en relación con el descubrimiento del platino, pues comprueban que antes de la venida de Ulloa en la Nueva Granada no solamente se conocía este metal, sino que se separaba del oro y se dosificaba. Estas operaciones eran ya práctica corriente por lo menos diez años antes de la llegada de la expedición.

Por otra parte existen referencias según las cuales en la misma época se llegó a utilizar el platino en la Nueva Granada, lográndose confeccionar algunos objetos, hecho que sólo se logró en Europa al finalizar el siglo.

## LA EXPEDICION FRANCO-ESPAÑOLA Y DON ANTONIO DE ULLOA

La historia del platino en Europa empieza por

un problema de geodesia, el de la forma de la Tierra. Dos grandes escuelas se disputaban la cuestión, la inglesa de Newton y la francesa de Cassini. El asunto había desbordado los límites de la Ciencia para convertirse en problema filosófico (Voltaire había traducido a Newton y había formado un grupo de filósofos partidarios de su escuela), comercial (los navegantes exigían mapas más precisos) y hasta político (resurgían las viejas rivalidades entre Inglaterra y Francia). La solución propuesta por la Academia de Ciencias de París fue enviar dos expediciones, una al Polo y otra al Ecuador, para que al medir cada una un arco de meridiano se estableciera la verdad sobre la forma de la Tierra, achatada hacia los polos según Newton, alargada según Cassini. La expedición al Polo fue integrada por Maupertuis y Clairaut, la del Ecuador por La Condamine, Bouguer y Godín, con una contraparte española, don Jorge Juan y don Antonio de Ulloa.

La expedición al Ecuador realizó trabajos en muchas ramas de la Ciencia fuera de la geodesia, siendo los resultados numerosos y notables. Entre los principales están el descubrimiento de la quina, el caucho y el curare, de las leyes de la gravimetría, y el que nos interesa en este trabajo, el del platino.

En el libro VI, capítulo X, página 606 de la *Relación Histórica* aparece en Europa la primera referencia formal al platino, en estos términos: "En el partido del *Chocó*, habiendo muchas minas de *Lavadero*, como las que se acaban de explicar, se encuentran también algunos, donde por estar disfrazado, y envuelto el oro con otros cuerpos metálicos, jugos, y piedras, necesita para el beneficio del auxilio de *Azogue*, y tal vez se hallan minerales; donde la *platina* (piedra de tanta resistencia, que no es fácil romperla, ni desmenuzarla con la fuerza del golpe sobre el yunque de Acero) es causa de que se abandonen porque ni la calcinación la vence, ni hay árbitro para extraer el metal, que encierra, sino a espensas de mucho trabajo, y costo".

\* Ingeominas, A.A. 9724, Cali.

El primer asunto por aclarar es que, al contrario de lo que muchos autores afirman, Ulloa no estuvo en el Chocó. El itinerario señalado en la *Relación Histórica* lo prueba claramente. Sus muestras vienen del río Pinto, probablemente el que corre por la región de Santo Domingo de los Colorados, en la Costa Ecuatoriana. Ulloa cita al Chocó como región productora de platino, pues el capítulo consiste en una descripción de las riquezas minerales de la Provincia de Popayán, a la cual pertenecía el Chocó en aquella época.

Otro punto de interés es que varios autores ingleses aparecen inmerecidamente en algunas obras como descubridores del platino. Efectivamente, en 1750 se leyó en la Real Sociedad de Londres un trabajo de Brownringg presentado por William Watson con una descripción del platino. El metal había sido conseguido en Cartagena por el ensayador inglés establecido en Jamaica Charles Wood. Como la *Relación Histórica* es dos años anterior, se considera a Ulloa como el verdadero descubridor.

Antonio de Ulloa había nacido en 1716 en Sevilla. Formado como Guardia Marina, participó en varias operaciones militares de la Armada Española. Después de la expedición al Perú se consagró a diversas actividades científicas, las que alternó con cargos administrativos. Fue superintendente general de las minas de Huancavélica, en el Perú (1758), gobernador de Luisiana (1763) y la Florida (1766). En dos ocasiones fue Director General de la Armada; fue miembro de diversas Sociedades y Academias Científicas, entre ellas las de París y Londres. Murió en la Isla de León en 1795.

## DOCUMENTOS DEL ARCHIVO NACIONAL DE COLOMBIA

Los mencionados documentos, del año de 1726, relacionados con el platino son de dos categorías: comunicaciones diversas del Tesorero de la Casa de la Moneda de Santa Fe, y resultados de análisis practicados por el Ensayador. Nos limitaremos a transcribir un ejemplo de cada tipo.

En el folio 17 del tomo V del Volumen Minas del Tolima, Sección Colonia, se puede leer:

“Sr. Presidente Gobernador y Capitán General,

El Capitán don Joseph Salvador de Ricaurte, Tesorero de la Real Casa de Moneda de este Reino, digo que se me ha hecho saber lo propuesto por los señores que componen la Junta General de Tribunales en la que se ejecutó el día diez y nueve del presente mes de agosto con vista de los autos obrados sobre la introducción de la platina en los oros, y de los que se han seguido a pedimento de la ciudad de Popayán, y representado por don Felipe de Usuriaga Contador de la Real Hacienda de ella, con el recurso intentado por don Francisco Antonio Cizeros, don Joseph de los Santos, mercaderes de esta carrera, Francisco de Llanos fundidor de la ciudad de Mariquita y Juan de Valencia que lo es de la de Popayán; fueron servidos estos señores de resolver que los oros se desazoguen y fundan en las casas de Popayán y demás del distrito de esta Real Audiencia sobre que se me mandó se me haga saber para que dentro de segundo día represente lo que tuviere por conveniente; y sin perder de vista

lo proveído en los citados instrumentos en fuerza de lo pedido por vuestro fiscal y lo informado por los Oficiales Reales de esta ciudad; a lo que lo resuelto en la citada Junta General de Hacienda es muy conveniente y lo será siempre que se verifique el justo modo de proceder que se previene en su proveído para que los oros entren a la fundición precediendo la arreglada y debida separación del pernicioso metal de platina cuyo vicio está tan practicado como la notoriedad lo manifiesta y a VS le es tan constante por las providencias que sobre ella se han tomado antes de ahora;

pero si la fundición no se practica con esta pureza debe representar a VS los efectos perjudiciales que se pueden seguir a la Real Hacienda y causa común porque en el oro fundido muchas veces se hace imperceptible la introducción aún a la inspección y sutil arte del ensaye porque con este solo se encontrará fácilmente si la parte de platina es excesiva, pero si es corta será al más que fortuna mía y suma desgracia de su dueño el encontrarla, aunque en la unión de diferentes barras que padezcan este vicio del tiempo y cuando que entran para hacer labor es constante será reconocido que donde solo lo pueda padecer por tener ya sus dueños hecho abono del valor de sus oros en la inteligencia de su limpieza como ya lo he practicado en muchas ocasiones y en especial en la una que hecha enteramente la labor de doblones y reducido número a el enhierramiento ensayados los doblones se reconocieron faltos de ley y volví a hacer fundición de labor con el quebranto que padecí y el que resulta precisamente al común y en especial a quebrantar la buena fe que se debe a una Casa de Moneda que mando y es el asunto de mis representaciones, sin otro ánimo ni el de perjudicar al comercio cuya libertad debe ser correspondiente del contrapeso de sus intereses pues de lo contrario no se me sigue ni ha seguido ninguno pues es constante y aún desazogados y fundidos los oros aquí siempre sus dueños han usado de la libertad de conducirlos donde han querido, no teniéndoles conveniencia hacer doblones sin que en mí hayan encontrado la más leve resistencia, pues mi ánimo sólo se ha dirigido a evitar los daños manifiestos de tan nociva introducción de metal para no verse en la precisión de usar del método del apartado que es el único por donde se consigue la separación con el crecido número de costos que origina, como lo manifiesta la ejecución de este ministerio cuando se evidenció con los de barras que de cuenta de su majestad vinieron de las casas de Mariquita que consta de autos y en ellos expresados por el ensayador varios reparos en el cuaderno secto que es lo que sobre este asunto puedo representar a VS en cuya justa comprensión hallará lugar lo que fuere más de justicia.

VSI, pido y suplico provea y mande lo que por más arreglado tuviere”.

JOSE SALVADOR DE RICAURTE — SALVADOR DE SALAZAR

“Proveyólo el Señor Mariscal de Campo don Antonio Mario Maldonado, Presidente Gobernador y Capitán General en Santa Fe a veintiséis de agosto de mil setecientos veintiséis”.

FLOREZ

En resumen, el Tesorero de la Casa de la Moneda se dirige al Presidente Maldonado para dar su concepto sobre la decisión de la Junta General de Tribunales relacionada con la fundición del oro. Según esta Junta, corresponde a las Casas de Moneda de Popayán, Santa Fe y Mariquita la operación de purificar el oro, por amalgamación, y de fundirlo en barras. El tesorero de la Casa de Santa Fe opina

que estas operaciones deben ser precedidas por la separación del platino contenido generalmente en el oro. Aunque el documento es básicamente de carácter administrativo, da indirectamente algunas indicaciones sobre el método de separación del platino, el ensaye o apartado. Afirma que este es el único modo seguro de detectar el platino y de separarlo, aunque sólo se puede aplicar cuando el tenor es alto o cuando hay una cantidad de oro bastante grande. Por lo demás, el documento se extiende sobre las numerosas y graves desventajas de no hacer una correcta separación del platino, de lo cual da varios ejemplos. Finalmente, el texto da claramente a entender que el método de separación es de uso común y que se practica ciertamente desde muchos años atrás.

En cuanto a los resultados de análisis de platino, examinemos el siguiente documento, consignado en el Volumen V de las Minas del Tolima, Sección Colonia, folios 330-331,

“Cuenta formal que yo don Joseph Sánchez de la Torre y Armas Ensayador de esta Real Casa de Moneda, doy del oro que de cuenta de su majestad se me entregó por los señores Oficiales Reales de este Reino en seis barras mezcladas con platina, que tuvieron cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos para el beneficio del apartado, el cual se efectuó en la manera siguiente:

Primeramente se unieron en fundición estas seis barras y sus granos para apartar como se efectuó el oro limpio sin mezcla de platina, hasta en cantidad de tres mil castellanos y en las fundiciones y refundiciones que para ello se hicieron mermó cincuenta y ocho castellanos los cuales para mayor claridad de esta cuenta se reducen a marcos que son cincuenta y ocho a los cuales para el beneficio de el apartado como tan precisos se le agregaron a cada un marco de oro cuatro de plata como regla necesaria para su reducción a granalla que una y otra especie hicieron doscientos y noventa marcos, que habiendo pasado por el otro beneficio de apartado, salieron ciento y cuarenta y cuatro mil cuatrocientos y treinta y cuatro granos que hacen dos mil y seis castellanos y dos granos; esto es reducido por la ley de diez y ocho quilates, que es la misma que toda la cantidad de oro tenía en sí mediante la que por su ensayo descubrieron los expresados tres mil castellanos de oro limpio que se separaron en el primer beneficio, antes de entrar a otro apartado. Viniéndose en conocimiento por esta razón, que en otro beneficio mermaron sesenta y cuatro mil trescientos y sesenta y seis granos que reducidos por la misma ley hacen ochocientos y noventa y cuatro menos dos granos que se reconocen ser platina que otro oro tenía en sí y que a punto fijo incluye un quince por ciento el todo de los referidos cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos habiéndose hecho otro apartamiento, con el celo y vigilancia que pide la importancia del real servicio, a que con la mayor inspección asistió el señor Tesorero de la Real Hacienda don Pedro Manuel Feduche y según lo refe-

CARGO  
5M950:C<sup>s</sup>  
  
3M000:C<sup>s</sup>  
M058:C<sup>s</sup>  
2M900:C<sup>s</sup>

rido para su consecución tuvo de costo otro beneficio lo siguiente.

Los dichos doscientos y noventa marcos de granalla de oro y platina, según su aleación se debe entender que cada cinco marcos componen uno de oro mezclado con otra platina, y para mayor claridad y que se venga distintamente con conocimiento del efectivo costo se divide en esta forma.

Cada cinco marcos que se pusieran en su apartador gastaron cuatro libras y media de agua fuerte por continuarse muchas veces duplicados baños a causa de la rebeldía y resistencia que tiene en apartarse o consumirse otra platina aconteciendo de hacer nueva aleación en algunas granallas, cuando se agolpa la platina y no tiene en sí la superficie plata, para que el agua pueda hacer su efecto: y cada libra de agua costó en la ciudad de Cartagena ocho patacones de principal, a que se añade uno más de conducción que se hizo en hombros de cargueros todo el camino de tierra además del riesgo que hace mayor el interés y desembolso de otra plata del principal con que a este respecto, se debe entender, que cincuenta y ocho a razón de cuatro libras y media de agua cada uno, que valen cuarenta patacones y cuatro componen en el todo dos mil trescientos cuarenta y nueve patacones.

Por el costo que hay y se tuvo de apartadores y demás carbón, crisoles salitre, atincar, plata consumida, peones, azogado del oro que sale para separar la platina calcinada y algunos granos que no se disuelven en otra agua fuerte de que hizo con separación de cuenta se cargan a cada un marco veinte reales que a los cincuenta y ocho corresponden ciento y cuarenta y cinco para que una y otra partida suman y montan dos mil cuatrocientos y noventa y cuatro patacones conviniéndole por esta razón a cada un marco cuarenta y tres patacones de costo de otro beneficio, sin entrar en él el que se tuvo en las fundiciones y refundiciones de los expresados tres mil castellanos; en que el fundidor a razón de un medio por ciento exceptuándose así mismo mi asistencia y continuo trabajo en el de los ensayos que tengo ofrecido servir a su Majestad con ello.

Por manera que los otros cinco mil novecientos y cincuenta y ocho castellanos de oro rebajados los cincuenta y ocho de merma y ochocientos y noventa y cuatro de platina, que ambas partidas hacen novecientos y cincuenta y dos castellanos, quedan cinco mil y seis castellanos de ley diez y ocho quilates y de estos los tres mil castellanos del primer beneficio valen mil seiscientos y seis doblones once reales y veinte maravedises con más doce doblones ocho reales y veinte y tres maravedises por el aumento de la mitad del señoreaje en conformidad de la merced y título del tesorero de esta real casa de moneda. Y los dos mil y seis castellanos y dos granos del segundo beneficio, que habiendo salido de más subida ley se reducen a la misma de diez y ocho quilates valen mil y setenta y cuatro doblones cuatro reales y diez maravedises con más ocho doblones, seis reales y veinte maravedises y por el aumento de la mitad de señoreaje. Todas estas

Costos  
2M349 p. r.  
3M249 p. r.

M 145 p. r.  
2M494 p. r.

-5M598 = todo  
- M952 merma  
y platina  
#5M006 resto

partidas hacen dos mil setecientos doblones treinta y un reales y cinco maravedises que reducido a patacones son diez mil ochocientos y tres patacones siete reales y cinco maravedises según parece de esta cuenta que va cierta y verdadera salvo yerro de suma, o pluma; y así lo juro por Dios nuestro Señor y una señal de cruz.

En Santa Fe a quince de junio de mil setecientos y veinte y seis años.

JOSE SANCHEZ DE LA TORRE Y ARMAS

Por manera que el oro contenido en esta cuenta procedido del que se me entregó mezclado con platina según va expresado precedentemente tengo entregado en la forma siguiente.

Una barra con	2431	4	ley	18q =	Entregó
otra barra, con	568	4	ley	18q =	
	3000				

otra barra con 1719 4 ley 21q =

Así mismo entregó trescientos y veinte y cinco castellanos de platina calcinada y en granos residuo de la que consumió el agua fuerte en el beneficio de apartado.

M325: C5:

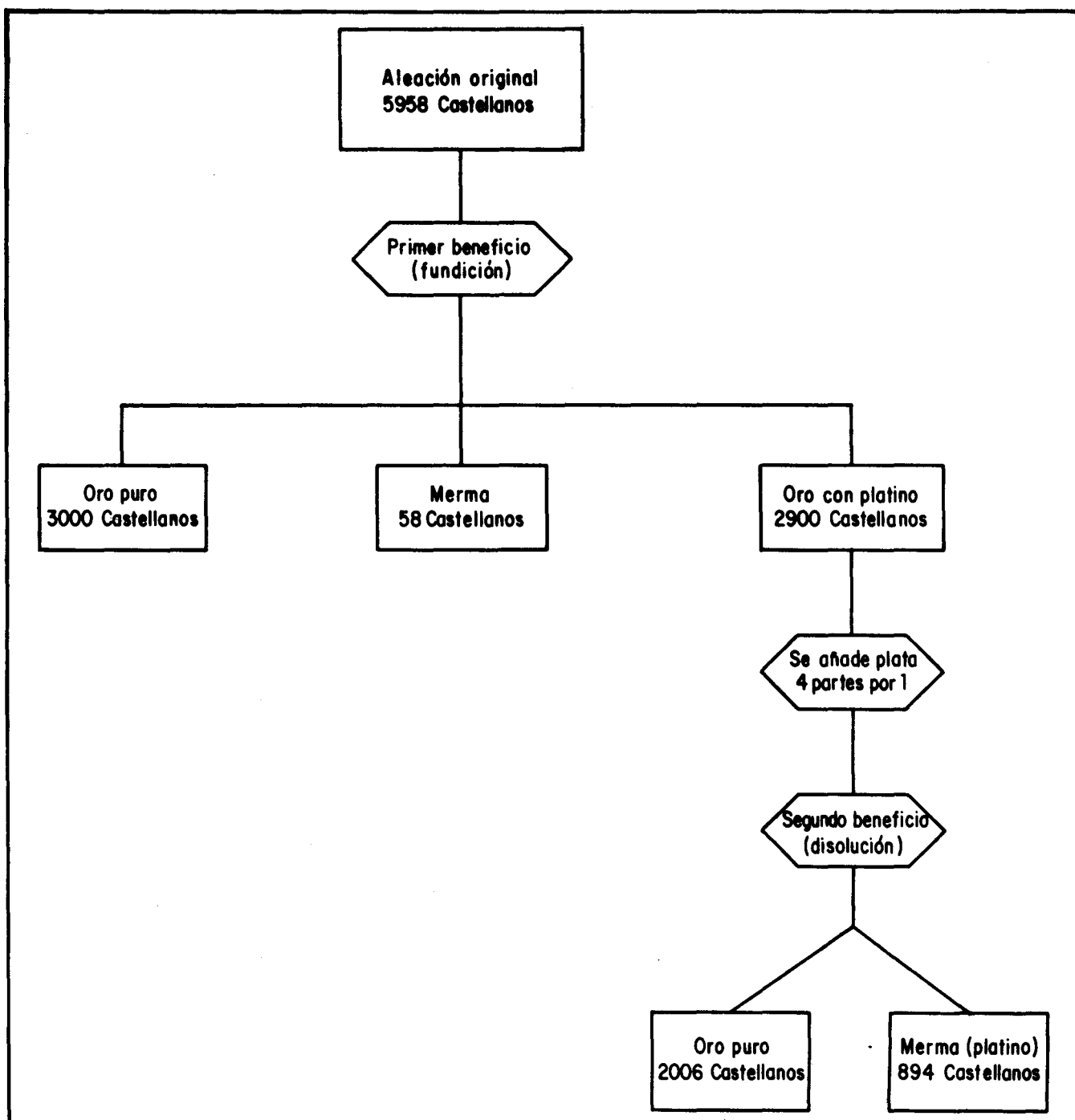
platina

10M803

pt7r5m

JOSE SANCHEZ DE LA TORRE Y ARMAS

Para el análisis del documento, podemos dividirlo en las siguientes partes: datos generales, (líneas 1-6), primer beneficio (7-12), segundo beneficio (12-49), análisis de costos del segundo beneficio (50-87), cálculo de valores de oro puro después del primer y segundo beneficio (89-111), balance de metal entregado después de los dos beneficios (117-127). Igualmente, podemos esquematizar la secuencia de operaciones en el siguiente diagrama de flujo.



El documento es un informe de tipo financiero, pues, aunque señala las diversas operaciones efectuadas, hace énfasis en el balance en términos de peso del metal y en términos monetarios. Es posible no obstante hacer algunas observaciones sobre el problema de la química y la metalurgia, principalmente a partir del análisis de costos del material empleado. El método utilizado después de una primera separación por fundición fue la disolución del oro y el platino en una solución ácida. El texto habla de agua fuerte en repetidas ocasiones, sin precisar su composición, pero expresa que disuelve el oro y el platino. Como el agua fuerte en el lenguaje corriente de la época es una mezcla de ácido nítrico y agua, y que esta mezcla no disuelve el oro ni el platino, debe tratarse de agua regia, mezcla de ácido nítrico y ácido clorídrico, la única capaz de disolver los dos metales. El punto preciso de la solución utilizada es de gran importancia dada la novedad del documento en cuanto a la separación del platino, como se verá más adelante. De todas maneras, el documento es de gran claridad en cuanto a que se hizo una separación del platino, y da un balance preciso en términos de peso de la aleación recibida y de las cantidades de oro y platino entregadas.

#### OTROS DOCUMENTOS DEL ARCHIVO NACIONAL DE BOGOTÁ Y DEL ARCHIVO DEPARTAMENTAL DE POPAYÁN

El hecho de que el platino era un metal ampliamente conocido, y de que se separaba corrientemente del oro en la Nueva Granada a principios del siglo XVIII es confirmado por un gran número de documentos de las tres Casas de Moneda que funcionaban en el Virreinato, Santa Fe, Popayán y Mariquita, y por algunas referencias bibliográficas. Una lista de tales documentos sería interminable y fastidiosa pero no sobra hacer referencia a los más importantes del año de 1726. En el Archivo Departamental del Cauca, en Popayán, encontramos copia de una Cédula Real (Col. c. 1-15f, sig 2707) confirmando lo decidido por la Junta Superior de Tribunales del 19 de agosto. El texto empieza así: "Don Felipe, por la gracia de Dios Rey de Castilla, de León, de Aragón... Señor de Biscaya y de Molina. Por cuanto habiéndose reconocido en mi corte y ciudad de Santa Fe el pernicioso abuso que había en mezclar los oros con el metal de la platina...". En el mismo archivo de Popayán se encuentran diversos documentos relacionados con el asunto; cite-mos como ejemplo las comunicaciones del Tesorero de la Casa de Moneda de Santa Fe a la Casa de Moneda de Popayán (sig. 3029) y otros (sig 3306). Igualmente en el Archivo Nacional de Bogotá hay varios documentos de 1726 que tratan de asuntos del platino; tal es el caso de los folios 15 y 16 del Volumen V Minas del Tolima, Sección Colonia, en los que se hace referencia a la separación del platino en las Casas de Moneda de Popayán y Mariquita.

También el uso del platino en la Nueva Granada a principios del siglo XVIII quedaría plenamente

confirmado al verificarse documentalmente la referencia que hace Bargalló (1955) sobre una afirmación de Fages Virgili (1909). Indica este autor que en 1730 el virrey Jorge Villalonga recibió en Santa Fe de Bogotá el regalo de una vaina para su espada y unas hebillas de platino. Según el Virrey el platino, proveniente de las minas del Chocó, es pesado y quebradizo.

#### CONCLUSIONES

Los documentos de las Casas de la Moneda de la Nueva Granada replantean ciertos aspectos del descubrimiento del platino. Es de esperarse que este problema surja cada vez más en el futuro, en la medida en que se vayan encontrando documentos más antiguos, lo cual lógicamente tendrá que ocurrir. El replanteamiento tiene dos facetas, la tecnológica y la científica, la primera relacionada con el descubrimiento de una técnica de separación del platino, la segunda con el descubrimiento del metal mismo.

No hay duda de que la separación del platino en una fecha tan temprana como 1726, o anteriormente, constituye un acontecimiento importante desde el punto de vista tecnológico. El problema comenzó a preocupar a los científicos europeos apenas llegó el platino al Viejo Mundo, principalmente en España, Francia e Inglaterra, y solamente será resuelto al finalizar el siglo gracias a los trabajos de Chabanneau, Fausto D'Elhuyar y Bowels principalmente.

En cuanto al descubrimiento del platino, cabe ahora preguntarse si el mérito sigue correspondiendo a Antonio de Ulloa. Es cierto que este último hizo la primera referencia para la ciencia europea en la *Relación Histórica*. Sin embargo el crédito se le ha reconocido en buena parte sobre la base de que no había anteriormente referencias escritas y mucho menos pruebas de separación del metal y resultados de análisis. Estamos en los principios del siglo XVIII y la noción de elemento químico no está clara y definitivamente establecida y no lo estará antes de los trabajos de Lavoisier, a finales del siglo. Es legítimo entonces preguntarse si el hecho de reconocer un elemento y de separarlo no es suficiente para reivindicar su descubrimiento. Queda por aclarar si los metalurgistas y mineros de la Nueva Granada en los siglos XVII y XVIII tuvieron un nivel de conceptualización suficiente en el campo de la química para comprender que el platino era un nuevo elemento, interrogante al que se puede dar respuesta afirmativa a la luz de los diversos y valiosos tratados de mineralogía y minería escritos en el Virreinato durante esa época. Puede tomarse como ejemplo el de Luis Sánchez de Aconcha (hallado por el historiador Guillermo Hernández de Alba en el Archivo de Mutis en Madrid), escrito en Santa Fe de Bogotá en 1616, en el que encontramos un cúmulo de conocimientos y conceptos muy al día para su época en cuanto a problemas relacionados con el tema.

Finalmente, alrededor del problema del descubrimiento del platino vislumbramos dos corrientes de opinión en el futuro. Una de ellas replantea el asunto en base a los documentos que se han encontrado y que se seguirán encontrando. La segunda sostendrá que el crédito de Ulloa es válido por haber este dado a conocer oficialmente el platino para la ciencia europea de la época. Todo dependerá del concepto de si la Historia de la Ciencia es la historia de las ideas científicas o la historia de la formalización de esas ideas.

#### AGRADECIMIENTOS

El autor desea manifestar sus agradecimientos a las siguientes personas: al Dr. Arturo Alcalde, del

Consejo Superior de Ciencia y Tecnología del Perú, por sus valiosas opiniones sobre el problema de la metalurgia del platino durante la Colonia; al profesor Angel Zapata, de la Universidad del Valle, Cali, por la lectura de los documentos y sus conceptos sobre la separación del platino; a los Drs. Guillermo Hernández de Alba y Ramiro Osorio por el tiempo que dedicaron a discutir el problema, y a la Sta. Maritza, Vela, del Archivo Nacional, por su colaboración en la búsqueda de documentos. También expresa su agradecimiento al Dr. Alfonso López Reina, Director General del Ingeominas por el estímulo que siempre ha dado a la investigación sobre la Historia de la Ciencia y la Tecnología.

#### BIBLIOGRAFIA

- BARGALLO, M., (1955). La minería y a metalurgia en la América Española durante la Epoca Colonial. Fondo Cultura Económica, México, 441 p.
- BERGSOE, P., (1937). The metallurgy and technology of gold and platinum among the pre-columbian indians. Ing. Skrift. No. 44, Copenhage.
- LAFUENTE, A., (1983). Una ciencia para el Estado: la Expedición Geodésica Hispano-Francesa al Virreinato del Perú (1734-1743). Revista de Indias, No. 172, p 549-629.
- OSORIO, R., (1982). Historia de la Química en Colombia. Publ. Geol. Esp. Ingeominas, No. 11, p 1-122, Bogotá.
- RIVET, P., (1946). La metallurgie en Amérique precolombienne. Trav. et Mem. Inst. Ethnol. París. Vol XXXIX.
- SCOTT, D., y WARWICK, B., (1980). Ancient Platinum Technology in South América. Its use by the indians in pre-hispanic times. Platinum Metals Review, Vol 24, p 147-157.
- SCOTT, D., y WARWICK, B., (en prensa). Pre-hispanic alloys: Their composition and utilisation in Ecuador and Colombia. En Tecnología Andina, UNAM, México.
- WEEKS, M., (1954). Descubrimientos y conquistas de la Química. Trad. A. Sauromá Nicolau. Marin y Cía. Edif. Barcelona.

# UN OLVIDADO BOTANICO DEL SIGLO XIX: JUAN MARIA CESPEDES

Por GUILLERMO HERNANDEZ DE ALBA \*

Señor Presidente

Señores académicos:

Mi primera palabra en este recinto consagrador es de acción de gracias por el alto honor recibido, que en adelante me permite alternar con tan selecto grupo de hombres de ciencia, mantenedores del prestigio nacional en tantas ramas del saber como cabe en una Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales la que ahora me convoca a su seno. Larga andadura traigo por los caminos de la historia, que me ha permitido consagrar buena parte de mi tarea al estudio de la cultura nacional y por consiguiente a la apreciación de las variadas provincias del saber que constituyen el instituto académico.

A la par con la sabiduría corren la bondad, la generosidad y la modestia, claras virtudes que distinguen a cuantos, damas y caballeros, integran la Corporación. Pertenecer a ella dignifica en alto grado e invita a los neófitos a continuar acendrando el culto por la sabiduría hasta emparejar, si les fuere posible, con los maestros que constituyen el cuerpo deliberante de la Academia. Reciban todos las expresiones de mi infinita gratitud.

\* \* \*

Quiero invitarles a recordar conmigo la vida ejemplar de un hombre sabio, que como don José Celestino Mutis, Eloy Valenzuela, Enrique Pérez Arbeláez y Lorenzo Uribe entre los ya fallecidos, viste el traje talar de los sacerdotes de Cristo.

Un retrato caricatura, fruto del buen humor de don José Manuel Groot, recuerda al botánico abrigado por pesado manteo, cubierto con monumental sombrero de teja, atiborrados los bolsi-

llos de flores y hierbas, a la manera del patriarca supérstite de la Expedición Botánica que lo acompaña en la aguada, el ya caduco Francisco Javier Matís. Al fondo discípulos de uno y otro, ven volar el sombrero de copa habilitado como recipiente de tesoros naturales, mientras otro se precipita de la agresta montaña teatro de sus aventuras y descubrimientos. Bajo de cuerpo, "chaparrito" como dicen los mejicanos, simula un canto rodado de basalto a la manera de ciertas estatuas agustinianas estudiadas por él con el amable compañero del retrato. Bronco el semblante, ruda la estampa, hecha para las intemperies, las hambrunas y las aventuras del herbolario; cabe en él tanta bondad, tanta consagración al estudio de la naturaleza, que lo convertiría en profesor eminente, en colaborador de institutos extranjeros de alta alcurnia científica, hasta hacer heredero de sus obras siempre inéditas a un apasionado de la ciencia, peregrino y preclaro personaje de la historia nacional, el Gran General Tomás Cipriano de Mosquera. De tal manera el talante de Juan María Luis Ceferino Céspedes Vivas, que viene al mundo en la Villa de Tuluá el 25 de agosto de 1776. El patrimonio de don Carlos y de doña Josefa Vivas no es en manera alguna privilegiado, ni menos propicio el ambiente cultural de una modesta villa caucana, que al menos numera un maestro para aprender a leer, escribir y contar: todo lo demás consiste en las lecciones apasionadas del *Espectáculo de la Naturaleza*, que señala tantos caminos a la juventud criolla nacida en los años cruciales del siglo XVIII de la ilustración, que engendra sabios y próceres máximos y mínimos que inscriben sus nombres en las mejores páginas de la patria naciente. Don José Joaquín Ortiz que conoce y admira al tulueño, lo evoca "vadeando arroyos estrepitosos, ora subiendo a alturas considerables, corriendo por campos adornados profusamente con los dones del trópico. ¡Quién sabe si a ese género de vida errante y contemplativo de sus primeros años; a esas largas

\* Disertación presentada durante su posesión como Académico correspondiente.

horas silenciosas, pasadas en los bosques, no debió más tarde la decisión constante al estudio de las bellezas de la naturaleza! ¡Tal vez, sentado al borde de un torrente, en la cresta escarpada de un monte, se reveló al joven el sacerdocio de la ciencia que había de obtener casi sin rivales de su patria, sin superiores en el resto de la América meridional!”.

En aquel entonces, cuando el curso de la filosofía se inicia a los diez años y se corona la carrera profesional a los dieciocho, con la maestría o el doctorado consagradores, sorprende encontrarse al finalizar el siglo XVIII con un estudiante tardío que a los 24 de edad cursa como capista en el Colegio Mayor del Rosario las facultades mayores, en las que se gradúa a título casi gratuito por su extremada pobreza, como consta en el libro de Propinas de la Universidad Tomística, caso excepcional que agrega nuevo lauro al consagrado estudiante que todo lo supera. (Libro de Propinas: Bachiller en Derecho Civil en 1803 y doctor en Teología, el 13 de julio de 1806).

Durante estos años académicos, estamos seguros de su encuentro con el sabio Mutis, en los años en que el Maestro promueve la renovación de los estudios médicos en el Claustro secular de Fray Cristóbal de Torres. Allí debe alternar con el padre Miguel de Isla, decano meritísimo, con Jorge Tadeo Lozano, a quien puede escuchar en la cátedra de matemáticas, sentir de cerca en su propia persona la generosidad benefactora de Caycedo y Flórez, la sabiduría jurídica de Camilo Torres y de Ignacio Herrera, el desbordado amor por las ciencias naturales de Joaquín Camacho, José Manuel Restrepo y Frutos Joaquín Gutiérrez de Caviedes; puede haber concurrido a las sesiones memorables de la Tertulia Eutropélica, presidida por el bibliotecario Manuel del Socorro Rodríguez; contemplar maravillado el templo de Flora, erigido por el Maestro de todos y elevarse las torres milagrosas del Observatorio Astronómico construido para el esperado Francisco José de Caldas, viajero de itinerarios increíbles. Son los mismos años del genial viajero universal, Barón de Humboldt, con quien se cruza en su camino pero sin encontrarlo, ni en Santafé ni en Popayán. El momento cultural es verdaderamente estelar. Impresionado con él jamás lo olvidaría y ni ahora por razones de su pobreza familiar, que no de espíritu, tiene que regresar al Sur, a Popayán, donde encuentra otro polo del deslumbramiento, abierto por el sabio José Félix de Restrepo, el Maestro de Torres, de Caldas, de Arboleda y los Arroyo corresponsales apasionados de Caldas y de Pombo.

En 1803 graduado de bachiller en Derecho Civil regresa a Popayán e inscribe Juan María Céspedes su nombre entre los teólogos moralistas del Colegio Seminario de Popayán que indica su decidida vocación por la carrera eclesiástica, que coronará en la edad proveya con la silla capitular de canónigo penitenciario de la Catedral de Bogotá. De nuevo en Santafé de Bogotá recibe el doctorado en Teolo-

gía el 13 de julio de 1806. Larga andadura le espera: velar por sus hermanos Trinidad, Juana y María Francisca, su cuñado Ignacio Fernández y su sobrino Nicolás Céspedes llamado a prolongar el apellido paterno, todos esperan y confían en la generosidad del cura, que entrega su vida a coleccionar almas para Dios, mientras reúne apasionado especies botánicas que considera inéditas.

La hora de la patria le sorprende en el curato de Caloto, que desempeña por catorce años; se decide su vocación de naturalista impulsado por el *Sistema Natural* del patriarca sueco. Intuitivo de la ciencia, su formación humanística le proporciona emotivo solaz intelectual; Horacio y Virgilio conmueven su alma cuando delante de sí se abre el maravilloso panorama del trópico abrumador, expresado en la grandeza telúrica de las enhiestas cordilleras que le atraen de manera irresistible y le invitan a rastrear valles y precipicios en busca de tesoros ignorados, tantos de los cuales serán bendecida panacea para los humanos, como sustento de su vida o como medicina para sus dolencias. Se acendra el médico naturalista y el profesor de agricultura que años más tarde alcanza el estímulo de los sabios y la gratitud nacional.

Dotado de cualidades oratorias poco comunes, será el vocero de la patria naciente. Realiza, por encargo del Gobierno, diversas giras para acordar el nuevo sistema de la libertad. Va a los campos de batalla como capellán de las tropas de Nariño y de José María Cabal, el químico frustrado, y en los hospitales de sangre se supera. Invadido el Cauca grande por las tropas del caudillo español Juan Sámano, emigra al Estado de Antioquia, donde tiene la suerte de encontrarse, al menos fugazmente, con el brigadier de ingenieros, director de la Escuela Militar de Cadetes, Francisco José de Caldas. Otra vez se cruza con la sabiduría para apenas vislumbrarla.

“Todo fue saber Céspedes que Caldas se hallaba en Antioquia y acercársele en momentos, como es de suponerse, de angustia y urgencia, pretendiendo que el sabio le enseñase la vegetación de aquel lugar, recorriéndolo con él. Manifestó Caldas, refiere don José Joaquín Ortiz en su *Noticia Biográfica* publicada en 1848 con ocasión de la muerte del canónigo naturalista, la imposibilidad y la proximidad de su regreso a Bogotá; pero Céspedes salió y a pocas horas trajo al naturalista una colección completa de plantas. En vísperas del viaje, en altas horas de la noche, el Laboissier Granadino pasó revista delante del amante fanático de Flora a la vegetación antioqueña. Al otro día partió y nunca más volvieron a encontrarse aquellos dos hombres sobre el campo de la vida.”

Este es el destino del empecinado recolector de plantas. Hallarse cerca, muy cerca, quienes indirectamente son sus maestros, pero jamás poder alternar con ellos. De aquí su mérito de intuitivo de la ciencia, pero cultor sin fatigas de la naturaleza neogranadina de la que recibe lecciones magníficas, jamás desperdiciadas ni menos despreciadas.

La suerte política de la Nueva Granada en 1816, le obliga a emigrar de su ameno y florido Valle, de su curato de Caloto; atraviesa la cordillera occidental y en la oriental encuentra el refugio que cree inalcanzable para las tropas españolas. Las aguas del río Suaza fecundan el hermoso valle; espeso bosque les ofrece amable abrigo; humilde choza levantada por sus manos es refugio del improvisado anacoreta.

“Algún tiempo hacía que estaba en aquel escondrijo, entretenido en herborizar. Su traje, refiere don José Manuel Groot, era de un rústico, para que, si llegaba a ser visto no hiciesen alto en él. Al disfraz del vestido ayudaba el físico, que era sumamente vulgar. A poca distancia de la habitación del doctor Céspedes fijaron la suya el doctor Isidoro Carrizosa y otros patriotas compañeros suyos que habían ido a refugiarse al monte, guiados por la misma persona que había ocultado al doctor Céspedes. Uno de estos individuos fue atacado de un grave accidente y creyéndolo de riesgo, el hombre que los asistía dijo a Carrizosa que si quería le traería un sacerdote; pero habiéndole dicho que lo trajese, a poco vino el hombre con el doctor Céspedes. Al verlo creyeron que fuera una chanza, porque no era de mejor catadura que el conductor; pero al hablarse conocieron quién era. Instado para que se quedase con ellos, no quiso, porque decía que allí no estaban muy seguros. Sin embargo, venía algunos días a visitarnos y aun se detenía a comer. Allí habían armado un toldo, bajo del cual estaban en uno de estos días comiendo con el doctor Céspedes, cuando de repente oyen ruido de armas y caballos; miran y se encuentran rodeados de soldados. Ya se puede considerar cómo quedarían todos ellos. En el acto la orden fue seguir presos. El doctor Céspedes pidió por favor al oficial que le permitiera ir con un soldado a su rancho a traer su ropa y el breviario. El oficial lo mandó con dos soldados; pero el doctor Céspedes era ya práctico de la montaña y como los soldados no lo eran, no sabían a dónde se dirigía, hasta que llegados al borde de una peña tajada, el doctor Céspedes se descolgó por el precipicio sin que ninguno de los dos se atreviera a seguirlo, contentándose con hacerle dos tiros en balde.

“Cayó el doctor Céspedes sobre la copa de unos árboles, hiriéndose una pierna con un garrancho. Los soldados volvieron a dar parte al oficial de que el hombre se había botado por una peña y que no pudiendo seguirle lo habían matado de un balazo, lo que consternó en extremo a los otros presos.

“Hallóse el doctor Céspedes en lugares desconocidos, donde no había pisado planta humana; los tigres y otros animales temibles eran los habitantes de esos desiertos. El clérigo, por fortuna, era hombre de fuerte constitución, acostumbrado en sus excursiones botánicas a los soles, a los aguaceros y a trepar riscos. Anduvo más de cuatro meses perdido, manteniéndose con frutas silvestres y raíces, valiéndose en esta ocasión mucho los cono-

cimientos botánicos, para saber de cuáles podría alimentarse o no. Varias veces tuvo que pasar la noche sobre los árboles, temiendo a los tigres y para poder dormir sin riesgo de caer, tenía que amarrarse con bejucos. Pero no estaba exento de las avispas, hormigas y otros bichos, ni de que las serpientes le pasaran algunas veces por encima, aunque sin hacerle daño, por estar curado con *guaco*. Así anduvo sufriendo por mucho tiempo y con su pierna herida, hasta que fue a salir a los Llanos de San Juan y de San Martín, por donde anduvo sin darse a conocer, trabajando de jornalero en las estancias, hasta que se publicó el indulto, al cual se acogió.

“Haciéndonos relación de estos trabajos el mismo doctor Céspedes, decía que cuando más en peligro se veía en la soledad de las montañas oyendo bramar los tigres, se consolaba con pensar que había escapado de manos de los soldados de Morillo; que fuera de este riesgo, los demás le parecían nada.”

Al abrigo de su choza de ermitaño, le sorprende el clarín de Boyacá. Doblado en experiencia, en conocimiento acaso rústico de la botánica, reaparece al servicio de su patria, ansioso de comunicar a Colombia las experiencias y descubrimientos alcanzados durante los largos años de su eremítica vida.

Es preciso en la nueva patria retomar el ritmo cultural interrumpido por diez años consagrados a la conquista de la autonomía y de la libertad. Cegadas las principales cabezas de la rebelión, las mismas que recogen tanta ciencia de la cátedra infame de la Expedición Botánica, sobrevive su memoria gloriosa, mientras el Nuevo Reino ha sido privado del fruto material de sus mejores empresas culturales. Se comenzaría de nuevo como si nada hubiera existido; latente permanece la vocación por las ciencias tan notorio en la juventud americana. El Congreso es el primero en recomenzar como si en verdad partiésemos de cero. Así lo establece el artículo de la Ley que dispone el estudio de la naturaleza neogranadina. Al momento de redactarla no hay uno solo de los legisladores, flor y nata de los sobrevivientes de la reconquista, que consagre siquiera una mención a la generación maravillosa fruto del magisterio sin par de José Celestino Mutis. El mundo, cómo es de cierto, comienza siempre con las generaciones nuevas.

Felizmente, como ejemplo y como memoria del pasado, sobreviven Francisco Antonio Zea, en altísima misión diplomática en Europa, y en su humilde casa del barrio de Las Nieves de Bogotá, el más insigne pintor de plantas del mundo, Francisco Javier Matís. A las puertas de Matís toca el botánico novísimo, el clérigo Céspedes, que permanece algo más de una década en la capital, donde está llamado a alternar con los sabios que Zea contrata en París. Organizado el Museo Nacional previsto por el Congreso y fundado por el Vicepresidente Santander, es la sede de una escuela de Minas y Museo de Ciencias Naturales. El elenco de profesores lo constituye el peruano Mariano Ri-

vero, director de la Escuela de Minas; Juan Bautista Boussingault, profesor de Química general y analítica y de Metalurgia; el doctor Roulin, de Matemáticas elementales, de Geometría descriptiva, de Mecánica y Dibujo; y el modesto cura Céspedes como primer catedrático de Botánica y Agricultura. Esta designación consagra su sabiduría; en él descansa el crédito de la inteligencia de los criollos, es el único granadino, entre el selecto grupo de sabios, integrado, además, por Bourdon, colector de objetos de Historia Natural y de Goudet, encargado de la Flora.

Los deberes de Céspedes los puntualiza el Decreto orgánico:

“Artículo 20. El catedrático de Botánica coleccionará al mismo tiempo todas las plantas necesarias y más precisas para formar un rico herbario, hará sus descripciones acompañadas de diseños; saldrá a recorrer los bosques y provincias, siempre que lo disponga el Gobierno por conducto del Secretario del Interior: dará lecciones de Botánica en el período que asigne el reglamento orgánico del Museo y cuidará de la formación y conservación de un Jardín Botánico que ha de establecerse en el tiempo y lugar que designará el Gobierno.” ...

La lección inaugural de Céspedes, cuyo manuscrito original tengo la fortuna de poseer, constituye un excelente testimonio de su metodología, de su conocimiento de los mejores tratadistas de las materias de su especialidad, doblado con las más entusiastas manifestaciones de su amor a la naturaleza americana y particularmente la que mejor conoce, la de su patria sobre cuyo estudio y enseñanza cifraría su mejor éxito como catedrático.

De una decidida vocación por la botánica, muy adecuada a su condición sacerdotal, la propia naturaleza le hace maestro, especialmente en aquellos años de aventura increíble que tiene que sufrir durante la reconquista española.

Le corresponde como profesor renovar entre nosotros el amor por nuestras riquezas naturales infundido por Mutis en cuanto puede llegar su influjo lejano o inmediato. Habrá que comenzar de nuevo con la clasificación de nuestra Flora inagotable y desde luego hacer lo mismo con las demás expresiones de la historia natural. Que puede hacerlo, sabe demostrarlo en largos años del ejercicio docente. No es por fortuna efímero su paso por el Museo de Ciencias Naturales, si bien los resultados no son los que se desean por las vicisitudes políticas del momento. Todavía en 1827 la *Gaceta de Colombia* registra el 25 de noviembre, al hacer la crónica de los resultados de los exámenes escolares y universitarios en el año académico:

“Día 9. Los concursantes de Historia Natural, teniendo a su frente al doctor Juan M. Céspedes, discurren sobre los métodos botánicos, la glosología de algunas plantas, su sinonimia, fructificación y propagación en general y en particular de las que se encuentran en los alrededores de la capi-

tal. Fue consagrado al supremo Gobierno de la nación colombiana y se dedicaron dos nuevas plantas a los señores Presidente y Vicepresidente de la República con los nombres de *Boliviana* y *Santanderia*.”

No he podido saber cuáles géneros botánicos, *Boliviana* y *Santanderia*, son los escogidos para perpetuar en el mundo de la Botánica la gloria y la memoria de los dos grandes de la Patria y de América. Si ellos no figuran en el catálogo universal, invito a los botánicos contemporáneos a enmendar tan notable falta. Nombres tan preclaros bien merecen el rendido homenaje de la ciencia. ¿Cuál la familia de las *Mosqueriaceas*, la de la palma de leche y miel, dedicada al arzobispo Mosquera, de quien fuera secretario?

El 7 de julio de 1829, dos años más tarde, “los cursantes de Agricultura bajo su preceptor, doctor Juan María Céspedes, dedicaron a su excelencia el Libertador-Presidente, Simón Bolívar, y al ilustre General Washington, el acto en que probaron la importancia de la agricultura y la necesidad de conocer y aplicar las reglas de los abonos y engrases para acelerar sus progresos”. Como granja experimental, teatro de las excursiones botánicas, tiene su hacienda El Arrachachal, llamado por el maestro “el Imperio de Flora”. “Allí obsequiaba a los alumnos de su clase con pobre filosófica mesa; pero les descubría todos los tesoros de la naturaleza e iniciándolos en sus recónditos secretos, les daba al mismo tiempo lecciones de inocencia y probidad, con el ejemplo de su conducta irreprochable.”

En 1825 interrumpe el ejercicio académico para cumplir una importante comisión científica que debe desempeñar con el inolvidable Francisco Javier Matís; explorar los monumentos indígenas de San Agustín en las cercanías de Timaná. Por segunda vez los neogranadinos volvemos los ojos asombrados a nuestro valle de los Reyes. Viajeros como Fray Andrés de Santa Gertrudis en el siglo XVIII, han detenido su ruta en aquel maravilloso santuario de la cultura lítica, la más insigne estación arqueológica nacional, pero el resultado de su encuentro permanecería inédito en las páginas memorables de sus “Maravillas de la Naturaleza”; el sabio Caldas acendra en su visita el sentimiento nacional que anima sus empresas. Se trata ahora de hacer un minucioso inventario del tesoro que sería trasuntado en láminas y de un estudio profundo de la naturaleza ambiente, tan propicio a su grandeza. Matís dibujará, medirá y clasificará los monolitos, mientras Céspedes escribe el tratado de la naturaleza agustiniana. De su resultado quedan rastros en papeles burocráticos, pero como ocurre, lo dice quien lo sabía, el literato don José Joaquín Ortiz: “El Gobierno remitió a Francia los dibujos hechos por el señor Matís, sin reservar copias, según entiendo. De ellas he visto una en poder del mismo señor”. Y así como tradicionalmente ha ocurrido con las más importantes misiones científicas del país, la indiferencia, la dispersión y por fin, el olvido.

La residencia de Céspedes en la capital es propicia para que su nombre llegue hasta los cerrados cenáculos europeos y norteamericanos y que éstos le inviten, por propia iniciativa, a formar en las filas de los calificados cultores de la ciencia universal. El 19 de septiembre de 1825 desde Nueva York le escribe, dándole el título de "Trés honoré Confrer" el doctor Pascalis, presidente de la rama norteamericana de la Sociedad Linneana, quien concluye llamándolo a inscribirse como miembro correspondiente de la Sociedad en París y por consiguiente de su filial norteamericana. En carta que le trae el doctor Eduard Wells, le felicita por el éxito de la revolución en su patria "que contribuiría no sólo a la felicidad de nuestro dilatado país, sino porque extenderá los dominios de la ciencia para distribuir al mundo los frutos y productos a todos los amigos de la naturaleza y particularmente de la Botánica". Aceptada su bien recibida candidatura, un año después en carta de 5 de julio de 1826, recibe el honroso diploma que le estimula y alienta. No faltan las cartas que desde Maracaibo le remite el doctor Wales, discípulo de Pascalis e intermediario para el seguro intercambio de muestras y publicaciones. Venciendo los lentos itinerarios del paquete francés por fin llega a París la expresión de gratitud del padre Céspedes, en carta de 3 de diciembre de 1828.

Dos sabios venezolanos, los doctores médicos José Vargas y José Joaquín González, fundadores de la Sociedad Médica de Caracas, se apresuran, apenas constituida la Sociedad, a incorporar entre sus miembros al ya célebre doctor Céspedes, pero lo hacen precedido el nombramiento con hermosa carta consagrada:

"Muy estimado señor nuestro: —le escriben el 26 de marzo de 1827— Aunque no tenemos el honor de conocer a usted personalmente o de trato, sin embargo la opinión bien extensa y merecida que usted goza en el cultivo de algunas de las ciencias físicas nos ha hecho considerarle como una preciosa adquisición para Sociedad Médica de esta ciudad que acaba de ser planteada. El informe que el señor Rafael Revenga hizo a uno de nosotros de su bondad característica y que no desdefiaría el título de Socio Corresponsal, nos decidió a presentarlo; y la satisfacción universal de esta corporación al admitirlo no dudamos sea a usted grata. Ella está todavía en la cuna y para medrar necesita del lustre, influencia y benéfica cooperación por lo menos de los literatos de Colombia.

"Sírvese usted pues aceptar este nombramiento, cuyo diploma le será expedido y enviaremos a su tiempo. Ahora le remitimos el reglamento de la Sociedad y el de la Facultad Médica por ser las dos instituciones correlativas.

"Tenemos el honor de ofrecernos a usted con sentimientos de la mayor consideración, sus más afectos servidores,

*José Vargas. José Joaquín González."*

Obligaciones de su estado eclesiástico le llevan a los curatos de Sátiva, Itoco, Charalá. Este último nombramiento determina en 1830 el retiro de su cátedra universitaria, cuando en 1833 le sorprende nuevo nombramiento de profesor de Botánica en competencia con Matís, su amigo, compañero y casi hermano en el amor a Flora. La Dirección General de Estudios opta por la candidatura del primero, pero quiere asegurarse de que Céspedes podrá ejercerla. La Curia eclesiástica coadyuva el interés oficial por rescatar a su viejo y autorizado profesor, en quien encuentra títulos suficientes para elevarse a la dignidad catedralicia de miembro del Capítulo Metropolitano, que lo retendrá por el resto de sus días en la capital y en el ejercicio magistral de la Universidad. El 30 de abril de 1833 es expedido el título. Le llega precedido de singular honor su nombramiento como miembro fundador de la Academia de la Nueva Granada, que le otorga el Presidente Santander el 6 de enero, quien fía el futuro del renovado progreso cultural en este instituto, integrado por veintiún académicos, entre los cuales José Manuel Restrepo, Castillo y Rada, el obispo Estévez, Estanislao Vergara, Francisco Soto, Benedicto Domínguez, Joaquín García, Rufino Cuervo, José María Triana, Vicente Azuero, Diego Fernando Gómez y Joaquín Acosta.

De aquella época data seguramente la siguiente lección inédita, peregrina y muy didáctica introducción al mundo maravilloso de la biología-botánica, cuyo funcionamiento asimila a la organización de la sociedad de su tiempo. Esta pieza digna de conocerse se ha salvado inédita gracias a la curiosidad y al saber de don Fidel Pombo, quien el siglo pasado la cedió a don Cecilio Cárdenas Mosquera, otro noble estudioso de los anales científicos del país, de cuyo archivo forma parte.

## CUADRO DE LA VEGETACION

"EL IMPERIO DE FLORA se compone de los rangos diferentes que prueban las provincias numerosas de la naturaleza: allá se elevan los príncipes y jefes de la nación, esos árboles majestuosos, esas palmeras de las Indias ceñidas de las brillantes diademas de flores y frutos sombreados de penachos de hojas, presentan un alimento delicioso al hombre y a las más nobles criaturas de la tierra. Esos orgullosos vegetales que levantan sus verdes cabezas a las nubes, sostienen el esfuerzo de las tempestades, preparan abrigo a los cuadrúpedos, asilo a los amores de las aves cantoras que nos arribaban con sus trinos, semillas de provisión, sombras frescas y una humedad saludable a los humildes protegidos que crecen a sus pies. Estos grandes ejercen aún su generosa protección alimentando con lujo a parásitos que se unen a ellos: a su rededor se colocan los guerreros, esos arbustos espinosos, áridos y sañudos, que parecen erizarse contra los ataques de los animales y defender sus frutos de las injurias de sus dientes, por mil agujones acerados. Más lejos ostentan su hermosura las esbeltas liliáceas, las brillantes orquideas, las bro-

melias, los lirios, los grupos encantadores de ninfas y de las princesas de este vasto imperio de la primavera.

“Las corolas esmaltadas de los más ricos matices recuerdan esas pomposas fiestas de las cortes de los reyes, en que se despliegan la magnificencia de las artes y el lujo de los más soberbios atavios. Mas allí se desarrollan esas plantas florecientes, esa nobleza, o alta sociedad, cuya variedad adorna el estado, cuyos empleos diversos, suaves perfumes, sabores exquisitos de néctar y ambrosía, se parecen a los talentos nacidos de la industriosa actividad de las naciones.

“Las gramíneas pueden compararse a la plebe rústica, laboriosos labradores que fecundan el terreno, se multiplican prodigiosamente, subsisten de poco, constituyen la fuerza y la energía de los estados a quienes alimentan, aunque por lo común se ven hollados y oprimidos: tributarios diariamente de los animales herbívoros, ellos recogen para el hombre rey de la naturaleza, de los fiemos más viles y aun del fango, esos preciosos alimentos, esos dones de Ceres de que vivimos.

“Otros colonos, los helechos, los esfagnos se establecen en tierras nuevas como para romperlas y preparar el terreno a una rica cultura: éstos son vegetales débiles, ocultos en la sombra y que llevan su posteridad sobre la espalda; ellos están siempre acompañados o precedidos de un gran número de sirvientes laboriosos, los mohos, imbricados, cubiertos de una cofia, viven de poco y habitan lugares tan recónditos, que con dificultad los descubre el diligente observador; elaboran también la tierra vegetal y protegen las tiernas plantas de los estragos del invierno.

“Hay también líquenes, populacho desnudo expuesto a todas las injurias del cielo, seres oscuros y desapasibles: como pobres buscan su alimento aun sobre los restos de las otras criaturas. Los hongos, en fin, especies de nómadas nocturnas que repelen la sociedad viviendo de la destrucción y de la muerte; producción fétida y desagradable, que devora los cadáveres mismos; pero ellos ayudan también a purificar la tierra de los despojos de los vegetales, a fin de que el teatro de la vida brille con una belleza perfecta y siempre nueva. Este teatro majestuoso se nos presenta con todo su ornato en la fecundación.

“Para la reproducción de los seres, es principalmente que la naturaleza reúne todos los esfuerzos de su poder, todas las maravillas de su industria y toda la pompa de su magnificencia en el día de las nupcias y de los goces. Jamás la planta despliega más energía vital como en esta coyuntura; lo mismo que los animales a quienes abraza el amor con sus ardores. Vense mover los órganos machos con una irritación desconocida, entrar en orgasmo y turgescencia, exhalando un vivo calor: ejemplo el berberis, cuyos estambres, cáliz y corola son excitados con furor a la aproximación del pistilo: vemos en el *Arum Cordifolium* y en el *Italicum*, que su aura fecundante se agita y enardece hasta tal grado, que

hace subir notablemente el mercurio del termómetro.”

Quien así ama la naturaleza y siente el orgasmo de la creación acumula abundante material científico que para 1844 tiene reducido a tres volúmenes con el humilde título de “Tratado Elemental, de Botánica”, que contiene según la convocatoria del autor, “la organografía, la fisiología, la litografía de muchos vegetales interesantes y de varios descubiertos en la Nueva Granada; la taxonomía, la exposición de las 184 familias naturales, admitidas por Mr. Aquiles Richard en sus *Nuevos Elementos de Botánica*, edición 6a. de 1838; aplicación de las plantas a la medicina, veterinaria, agricultura, economía doméstica y artes industriales, con una copiosa sinonimia vulgar de los vegetales útiles a la mayor parte de los pueblos del mundo; la geografía de las plantas, con un bosquejo de las fósiles, un compendio de la historia de la Botánica y finalmente de la glosología o sea diccionario de esta ciencia, por JUAN MARIA CESPEDES, exprofesor de Botánica de la Universidad Central de Bogotá y miembro corresponsal de varias sociedades sabias.

\* \* \*

“CONDICIONES DE LA SUSCRIPCION. Esta obra se compondrá de tres volúmenes en octavo mayor de 400 a 500 páginas cada uno, carácter de letra el mismo del presente prospecto, en media pasta. El precio de cada volumen es de tres pesos para los señores suscriptores y de cuatro para los no suscriptores: se suscribe en todas las administraciones principales de correos de la Nueva Granada y se dará principio a la publicación de la obra cuando la suscripción cubra los gastos necesarios; y al efecto se invita a todos los amigos de las luces del antiguo y nuevo continente a la cooperación de esta empresa.

*Juan María Céspedes.*”

Por su parte el arzobispo Mosquera, de cuyo arzobispado es Secretario desde el mes de abril de 1839 a julio de 1842, escribe a su hermano Manuel María el 24 de enero de 1840:

“He enviado al doctor Céspedes de visitador a San Martín, para que confirme a esa gente y traiga noticias de las yerbas de sus bosques. No vendrá hasta abril”, conforme a la cita del eminente historiador monseñor José Restrepo Posada.

“Bogotá, 5 de enero de 1844.

Explorador empedernido el Gobierno de 1837 pone sus ojos en el apacible profesor para inducirlo a nueva aventura. Se trata de explorar el Magdalena Medio, entre el Opón y el Lebrija y realizar una nueva cruzada de conquista sobre los nativos opones que han permanecido en sus reductos montañosos dejando correr su vida primitiva pero impidiendo con ello el progreso de tan feraz región. Allá va el recio y bondadoso misionero que en vano expone su vida ante lo imposible, es que las

aguas de agosto y septiembre desbordadas le cierran todos los caminos y ponen en peligro su vida que, por fin, logra salvar.

Mas los años se sucederían hasta cuando la muerte sorprende al viejo canónigo penitenciario, sin haber podido cobrar el solemne préstamo oficial. Piensa entonces en que en la Presidencia está un inquieto hombre de estudio, geógrafo e historiador, amigo suyo de muchos años, el General Tomás Cipriano de Mosquera y al otorgar poder para extender su testamento en acto de esperanza dicta, el 11 de marzo de 1848, a su fidelísima María Francisca y a don Agustín Rodríguez, sus testamentarios, la siguiente cláusula: "... Item: Declara: que les manifestó ser su voluntad que se entregasen sus manuscritos sobre botánica al excelentísimo señor General Tomás Cipriano de Mosquera, actual Presidente de la República para que por los medios que estime más convenientes y según ofreció al finado, los ordene y prepare para que puedan publicarse sus trabajos; contando con los auxilios pecuniarios que le había decretado el Congreso por vía de empréstito, para lo cual sus albaceas solicitarán del Poder Ejecutivo que se pidiera al Congreso que se mandaran hacer los gastos de la impresión con dicho empréstito, de cuya cantidad se indemnizará el tesoro con la misma venta de sus obras; pero que si hubiere utilidades, fuesen éstas para su hermana y heredera la señora María Francisca Céspedes." ...

Las veleidades de mi General no le permiten salvar para las ciencias naturales colombianas tan valiosa herencia. No olvida, es cierto, el payanés ilustre el nombre de su amigo y en sus tratados de geografía, como la "Memoria sobre la Geografía Física y Política de la Nueva Granada", dedicada a la Sociedad Geográfica de Nueva York, al ocuparse en la página 30 de la *Vegetación*, escribe:

"Al describir las diferentes provincias, daremos una corta idea de la vegetación granadina, sintiendo no tener hoy algunos apuntamientos de botánica que me legó a su muerte el distinguido botánico, doctor Juan María Céspedes, para que los coordinara y publicara; pero, si tengo tiempo, haré este trabajo, que servirá de base a los que deben emprender algunos jóvenes granadinos que se ocupan en esta importante ciencia." ... En su *Compendio de Geografía general, política, física y especial de los Estados Unidos de Colombia*, publicado en Londres en 1866, son de Céspedes, si bien no lo dice, los "Catálogos de plantas, raíces, granos y frutos alimenticios más comunes, 'así como los de plantas para diversos usos en artes y en medicina, maderas de construcción y ebanistería."

Las consecuencias del peregrinar del canónigo en busca de la quebrada de la Corcovada en la provincia de Vélez en pos del 'dorado' y de recolectar nuevas plantas, minan lentamente su fortaleza de condición hercúlea. Van pasando los años entre el coro catedralicio, la secretaría del despacho arzobispal y el diálogo con sus buenos amigos, que lo son cuantos lo conocen. En busca de descanso

marcha al pueblo de Guasca, donde lo hospedan los Ospina Rodríguez, pero es para dar testimonio de su decadencia final. Dos días después de su llegada, el 21 de enero de 1848, termina la carrera magistral, de quien podemos decir lo que Caldas escribió de Mutis: "¡Fue un verdadero sacerdote de Dios y de la naturaleza!" "Qui vitam, virtutum, scientiae-que laboribus exercitatem meliore vita commitant", como brevemente inscribieron en su tumba del panteón de la Catedral de Bogotá.

El prudente historiador de Colombia, don José Manuel Restrepo, escribe en su "Diario Político y Militar":

"1848. Enero. El 21 del corriente ha fallecido el canónigo penitenciario de la Catedral de Bogotá, doctor don Juan María Céspedes, a los 72 años de edad. Era un eclesiástico de gran virtud que había hecho servicios distinguidos a la Iglesia como su ministro y al Estado como patriota de la independencia. Fue botánico por afición y el único de los granadinos. Hacía tiempo que trabajaba en esa ciencia, en la que había hecho algunos descubrimientos, pero nada tenía escrito ni arreglado definitivamente sus apuntamientos, sin embargo de que el Congreso había dispuesto que le dieran 2.000 pesos para publicarlos en Europa. La desgracia de un golpe que sufriera en el costado en un viaje botánico, le redujo a la cama por largo tiempo y nada le dejó hacer hasta conducirlo al sepulcro. Legó sus manuscritos al Presidente Mosquera, quien piensa mandarlos ordenar a fin de publicarlos."

Corresponde al eminente escritor Florentino Vezga, haber sacado del olvido en la segunda mitad del siglo pasado, los justos méritos del notable sacerdote. En las eruditas páginas con que concluye su luminoso estudio sobre la "Expedición Botánica", en el aparte final: "La Botánica desde 1816 hasta 1859", consagra breve pero excelente página a la piadosa memoria del olvidado botánico del siglo XIX, cuya vida he propuesto en esta Memoria. Felizmente en su fecundo Valle del Cauca, en su hermosa capital una célebre institución, el Instituto Vallecaucano de Investigaciones Científicas, INCIVA, tiene como órgano de divulgación la respetable revista "Cespedesia", encargada de rememorar al preclaro hijo de la floreciente ciudad de Tuluá<sup>1</sup>.

1. El distinguido Profesor botánico doctor Santiago Díaz Piedrahita, oída mi conferencia se sirvió ilustrarla con las siguientes noticias de suma importancia:

"El nombre *Santanderia* es un sinónimo del género *Talauma* Jussieu Gen. 281. 1789. El género *Santanderia* Céspedes fue publicado hacia 1840 en Bogotá al parecer en una hoja suelta. Con base en la descripción de Céspedes, Triana en 1862 en el segundo volumen del *Prodromus Florae Novo Granatensis* (2:24) validó la especie en el género *Talauma* dedicando este taxon a Céspedes como un homenaje por haber descubierto en los bosques que circundan la población de La Palma en Cundinamarca, la que hoy lleva el nombre de *Talauma cespedesii* Triana. En 1980 fue redescubierta la especie que hasta esa fecha sólo se conocía por la descripción en los alrededores de Yacopi.

"Sobre *Bolivaria* no conozco datos concretos e ignoro a qué corresponde la familia *Mosqueriaceae*. Como último dato informo a usted que el género *Cespedesia*, de la familia de las ochneaceae fue propuesto por Goudot como epónimo en honor del botánico tuluano."

## BIBLIOGRAFIA

### MANUSCRITOS:

- Archivo del Colegio Mayor de Nuestra Señora del Rosario. Libro de Exámenes.
- Biblioteca Nacional. Libro de Propinas de la Universidad Tomística. Fondo Anselmo Pineda, cartas al Padre Céspedes.
- Archivo Nacional: Sala de la Colonia, Instrucción Pública, volúmenes 4 y 124. Nombramientos eclesiásticos; Curas y Obispos y Notaría 1a., protocolo de 1847 del escribano Joaquín Zapata y Porras, folio 138.
- Academia Colombiana de Historia: Manuscritos, Archivo del doctor Joaquín Mosquera, J. M. Céspedes "Cuadro de la Naturaleza", inédito.
- Céspedes, J. M.: "Discurso inaugural de la cátedra de Botánica". Manuscrito de propiedad de Guillermo Hernández de Alba.
- Biblioteca Luis-Angel Arango: Manuscrito de Céspedes, copia de "Anales de Historia Nacional, mes de octubre de 1806. Extracto de la carta del Barón de Humboldt al señor Barón de Forell, Ministro Plenipotenciario de Sajonia en la Corte de Madrid, fecha en Caracas a tres de febrero de 1800".

### IMPRESOS

- Gazeta de Colombia, 1822, 1827 y 1829.
- Gaceta de la Nueva Granada, 1844, números 661 y 689.
- Aguilera, Miguel: El canónigo y botánico Céspedes. Boletín de Historia y Antigüedades, volumen XXXIV, pág. 348 y siguientes.
- Groot, José Manuel: Historia Eclesiástica y Civil de la Nueva Granada, Tomo III, págs. 414 y 445, Segunda edición, Bogotá, Casa Editorial de M. Rivas, 1891.
- Hernández de Alba, Guillermo: Documentos para la Historia de la Educación en Colombia, volúmenes IV y V, 1768-1800, Editorial Kelly, Bogotá, 1982, 1983.
- Mosquera, T.C.: Compendio de Geografía General, Política, Física y Especial de los Estados Unidos de Colombia, Londres, 1866, Cuadros II y G, páginas 320 a 327.
- Ortiz, José Joaquín: Noticia biográfica del doctor Juan María Céspedes. Gaceta Oficial, Bogotá, 1848. Esta noticia constituye la más completa biografía del naturalista. Fue escrita con ocasión de su muerte.
- Restrepo Posada, José: Historia de la Arquidiócesis de Bogotá, Tomo IV, Cabildo Eclesiástico, páginas 217 a 219.

# TOPONIMIAS INDIGENAS DE LA GEOGRAFIA ECUATORIANA

Por MISAEL ACOSTA-SOLIS\*

## INTRODUCCION

Como Naturalista y Geobotánico, ha excursionado todo el territorio nacional y coleccionado abundante material de la naturaleza ecuatoriana para futuros estudios sistemáticos y taxonómicos y aprovechando de estos viajes, he anotado cientos de nombres propios de cada área recorrida, es decir, los topónimos indígenas de la geografía ecuatoriana, nombres que realmente son expresivos y deben ser conservados.

Los nombres de los lugares, montañas, ríos, lagos, etc., unos traen su origen del antiguo idioma de los Quitus y de muchos se ignora su etimología; otros parecen puestos en tiempo de los Schyris e Incas; de éstos, unos se han conservado puros como *Allpa-chaca*, *Cachibamba*, *Chuquipata*, etc., otros han sufrido la alteración o supresión de letras como de *Cajas-bamba*, *Cajabamba*; de *Chimbu-razu*, *Chimborazo*, etc.; otros se han traducido o puesto la mitad en español y la otra en quichua como *Verde-cocha*, *Limpio-pungu*, *Frances-urcu*; etc., y otros finalmente, están traducidos íntegramente como *Rioblanco*, en vez de *Yuru-yacu*, *Laguna Grande*, en vez de *Jatun cocha*, *Monte Negro* en vez de *Yanahurco*, etc., pero que los indios no han adoptado y los nombran en su propia lengua. Desgraciadamente, gente política e ignorante cree que porque los nombres indígenas no suenan "elegantes", deben ser cambiados por nombres de "Santos" castellanos, de patriotas, de personas que han hecho algo por el pueblo, cacerío, etc. al elevarse a parroquia y cantón; así ha ocurrido con los nombres de *Tusa* en San Gabriel (Prov. del Carchi), *Puntal* por Bolívar (Carchi), *Calpaquí* por Espejo (Carchi), *Tio-pamba* por Quiroa (Prov. Imbabura), *Anchi jusi* por

*Corazón* (Cerro de la Prov. Pichincha), *Collanes* por *Altar* (Prov. Chimborazo), etc., etc.,... lo que no se explica. Los nombres indígenas, sean éstos toponímicos, hidronímicos, fitonímicos, zoonímicos, etc., deben ser conservados hasta por recuerdo. Los nombres de los filántropos, patriotas y personas distinguidas, deben reservarse para las escuelas, colegios, calles, avenidas o para lugares nuevos que no tengan ningún nombre aborigen, aunque esto es raro, porque todo lugar, área o espacio de nuestro territorio ha tenido nombres autóctonos y propios.

Sin presumir de estudio de filología, la etnografía, ni la paleontología y menos en el conocimiento de las lenguas antediluvianas, creo que los idiomas maya, quichua, quiché, aymarú, guaraní, haitiano y algunos dialectos, tienen su afinidad y que han sido la base principal de cuantos se hablan por sus aborígenes en nuestro continente americano y, en lo tocante a los nombres de muchos pueblos existentes en el antiguo reino de Quito, nombre éste que se pronuncia QUITU y que se traduce por provincia y comarca, mi criterio es de que, la mejor y quizá la única fuente útil y de valor para la toponimia ecuatoriana es el *ingashimi*, idioma impropriamente llamado *quichua*, de etimología oscura e intraducible.

El *ingashimi* o lengua del Inga es el idioma del antiguo imperio peruano, hablado actualmente por las razas indias en la mayor parte del Perú, en las comarcas serraniegas del Ecuador y en muchos pueblos de Bolivia con algunas variaciones propias de cada localidad, como sucede con los regionalismos del idioma castellano o español.

Nuestros aborígenes nominaban a las personas por sus cualidades físicas o morales, formando algo así como un apodo que, luego, se tornaba en patronímicos a los pueblos o comarcas, por determinadas características de los mismos y siempre usando dos palabras completas de su idioma propio, las

\* Geobotánico Forestal y Conservacionista. Instituto Ecuatoriano de Ciencias Naturales. Quito, Ecuador.

que expresaban con precisión la idea predominante en cada caso. Así vemos llamar *Llatan-cunga* (cuello desnudo), a la ciudad principal de la provincia de Cotopaxi; *Rumi-ñahui* (cara de piedra), apodo del guerrero intrépido de Atahualpa; *Mati-uma* (calabazo en la cabeza) usado por muchos indios; *Quilla-singas* (adorno en la nariz en forma de media luna), distintivo de los indios de la región del Carchi; *Huanca-huillcas* (adoradores al dios de los navegantes) en todo el litoral ecuatoriano, etc.

Muchos nombres de origen quichua que tienen nuestros montes, ríos, pueblos y comarcas, no pueden traducirse fácilmente, porque, en la actualidad, están deformados por el uso y la inevitable influencia del idioma español. No han podido eximirse de la acción corrosiva y destructora del tiempo que cercena, desgasta y modifica, si no barre y suprime totalmente las palabras del idioma primigenio, como vemos, en ejemplo reciente, llamar CHIRIACO a un barrio situado al sur de la ciudad de Quito, conocido hasta hace poco con el nombre quichua de *chiri-yacu* (agua fría) con el que se distinguía de las demás por aquella particularidad.

Con el objeto de presentar más fácil el análisis y estudio de dichos nombres, los agrupo en cuadros diversos, atendiendo a su terminación común, siempre que se trate de voces correspondientes a la lengua de los Incas; los demás, esto es, los del aymará, sólo están analizando unos pocos; lo mismo que los del cayapa-colorado. Del aymará he formado un pequeño vocabulario, tomado de distintas obras; pero es muy deficiente; del cayapa-colorado sólo tengo algunas voces tomadas de los estudios de los señores Jijón Caamaño y Von Buchwald. De los nombres cañaris, solamente he incluido los terminados en AN, por las razones expuestas en el lugar respectivo.

Parece que una buena mayoría de los nombres quichuas fueron formados durante la dominación de los Incas; otros, posteriormente; pero estos últimos, casi todos son híbridos de español y quichua.

La nomenclatura morfológica de dichos nombres es muy sencilla: son yuxtaposiciones de dos o más palabras que forman un nombre nuevo, el cual expresa la idea que representa, con precisión, análogamente a los tecnicismos compuestos por raíces griegas. Generalmente la voz que sirve de prefijo o primer elemento de la palabra, hace oficio de adjetivo calificativo, o sirve de complemento determinativo del segundo elemento; así, al unir las raíces quichuas: *yana*, negro y *huaicu* quebrada, cañada, tendremos el nombre *yana-huaico*, que significa: *quebrada negra*; yuxtaponiendo las voces *yúrac*, blanco; y *yacu*, agua, río: *yúrac-yacu*, río blanco; uniendo la raíz *taruga*, venado y *urko*, cerro, monte: *taruga-urucu*, *cerro de los venados*.

Los dialectos ecuatorianos difieren bastante del quichua del Cuzco; y aún entre los de las provincias ecuatorianas hay algunas diferencias fónico-semánticas; así en la región central del Ecuador se pronuncia *ashpa* (tierra) y en las azuayas *allpa*. En el Ecuador se dice *mihki* (dulce) y en aymará y qui-

chua *cuzqueño*, *mihki*. Estas alteraciones fonéticas son semejantes a las de algunas provincias peruanas, especialmente de Junín y de Ancas; por lo que se puede afirmar que el quichua de estas provincias es muy semejante a los dialectos ecuatorianos. Todas las voces que comienzan con *gua* o *hua*, escribimos con *g* en el Ecuador; en el Perú, con *h*.

De los nombres híbridos, de español y quichua, sólo menciono los más importantes para este vocabulario.

En el curso de mi estudio, haré el comentario o explicación histórica o léxica, que exija alguna palabra de dudosa etimología. No se olvide que el quichua carece de los fonemas castellanos: *b*, *d*, *f*, *x*, *g*, *j*, *l*, y *rr*, según lo advierte el Inca Garcilaso de la Vega, en el *proemio* o *advertencia* de su obra. Además, en nuestros dialectos, las vocales *o*, *e*, se han hecho *u*, *i*; ejemplo: *kollke* en aymará y quichua del Cuzco, es *kullki* o *kushki* (plata), en el Ecuador. Así mismo el fonema *s* en sílaba inversa del Cuzco, se hace *sh* en el Ecuador, y también en sílaba directa; ejem.; *iskay*, *ishkay*; *simi*, *shimi*, etc. Cambio de *ll* en *sh*; *allpah*, *ashpa*, etc.

No sé si todas estas alteraciones fonéticas de la lengua incaica fueron anteriores a la Conquista, o las introdujeron los españoles. Este es asunto que más bien corresponde a la historia de la glotología incaica, antes que al estudio de la morfología de nuestros nombres toponímicos.

Hay que observar también la falta de uniformidad en la representación gráfica de estos nombres quichuas, o de otras lenguas indígenas, en los primeros cronistas e historiadores españoles. Véase como escribieron hasta el nombre de *Atahualpa*; el más infortunado de los Incas: *Ataliba*, dice Cavello Balboa; Jerez escribe *Tomipunxa* y *Tomepomba* por *Tumipamba*, hoy *Tomebamba*; *Guito* en vez de Quito, y así por el estilo. Muchas dificultades ocasiona este absoluto descuido de los escritores antiguos, pues, muchas palabras indígenas: aymarées, quichuas, cañaris, etc., etc., están completamente desfiguradas, o han desaparecido en los dialectos ecuatorianos.

Para conocer el origen del primer elemento morfológico de algunos nombres, he tenido que acudir al vocabulario del Inca Garcilaso de la Vega, reproducido en la obra del doctor Cordero Palacios, aunque, también allí faltan muchos términos que forman nuestros nombres toponímicos; por ejemplo: *Cuncunyacu* se conoce que es palabra quichua por su terminación en *yacu*, agua, río; pero no existe la voz *kunkun* en ninguno de los vocabularios que he consultado, ni la he oído nunca; y como éste hay algunos otros.

Las diferencias glóticas de nuestros nombres toponímicos son numerosas y variadas, según lo han demostrado eruditos investigadores como Rivet y Beauchat, Max Uhle, Jijón Caamaño y otros. En pueblos heteroétnicos, es muy natural que coexistieran elementos heteroglóticos.

Según la clasificación de Jijón Caamaño, en su valioso estudio, *Contribución al conocimiento de las lenguas indígenas que se hablaron en el Ecuador*, etc., publicado en el No. 6 del *Boletín de la Sociedad Ecuatoriana de Estudios Históricos Americanos*, los nombres geográficos del Ecuador, proceden de las siguientes lenguas: *Cayapa-colorado*, cuyos nombres se encuentran en los sistemas fluviales de las provincias del Guayas y Esmeraldas; pero, también los hay en las de Imbabura y Pichincha; el *tacunga o pansaleo*, que se habló según Max Uhle, en las provincias de Pichincha, León, Tungurahua y Bolívar; la lengua *puruhá*, en el Reino de este nombre, hoy provincia del Chimborazo; el *cañari*, en las provincias de Cañar y Azuay; el *mochica o yunga*, cuyos nombres están distribuidos en varias provincias; el *jíbaro* en la región oriental; las lenguas *bolona y barona*, cuyos nombres predominan en la provincia de Loja; el *esmeraldeño*, en la provincia de Esmeraldas; el *manabita* en la de Manabí; el *aymará* que ha dejado profundas huellas en la provincia de Bolívar; y el *quichua* cuyos nombres se encuentran en todas las provincias de la región interandina, por centenares, desde el Carchi hasta la de Loja, pero prevalecen en las provincias de Pichincha, León, Tungurahua, Chimborazo, Bolívar, Loja, Cañar y Azuay, aunque en estas dos últimas están en mayoría los nombres cañaris, de los cuales señala más de ochocientos, el Dr. Cordero Palacios en su Diccionario. Actualmente, con excepción del *cayapa-colorado*, el *quichua*, el *aymará* y el *jíbaro*, todas las demás lenguas están muertas y perdidas; han desaparecido sin dejar más huellas que los pocos nombres geográficos.

En el libro *Voces tucumanas derivadas del quichua*, de Manuel Lizondo Borda, hay muchas voces quichuas que tienen allá la misma acepción que en el Ecuador; el dialecto quichua de la República Argentina es más parecido al nuestro, que a los dialectos peruanos, especialmente al del Cuzco. La estructura de algunos nombres argentinos difiere de los ecuatorianos; pues, aquí están contruidos de acuerdo con la sintaxis de la lengua de los Incas; mientras que allá se antepone, siempre, el nombre al adjetivo, como en Castellano; por ejemplo: *Puca-cocha* es construcción quechua, como la que tiene aquí; en Argentina es *Cocha-Puca*, aquí, *Chiri-yacu* (Agua fría); en Argentina *Yaco-chiri*. Difieren en la morfología, pero no en su valor ideológico. En ambos casos el valor semántico es el mismo.

Como ya tenemos explicado, los topónimos pueden ser *preincaicos*, *quichuas* y *mixtos*, algo parecido a lo que sucedió en la península Ibérica en la formación del Castellano. El quichua autóctono se formó también en el norte ecuatoriano, sobre todo los topónimos, con los aportes primitivos de la provincia actual de Imbabura, y así como el Latín tuvo influencia decisiva y preponderante para el idioma de Castilla, así también puede decirse numerosos topónimos correspondientes tanto a nombres geográficos como a gentilicios imbabureños; pero para llegar a determinar la preponderancia de la una o de la otra lengua, será necesario hacer un estudio

amplio de todos o gran parte de los nombres topográficos, aunque en este breve trabajo no es posible extender en la materia. Varios de los topónimos que ahora conocemos son compuestos de quichua y español o viceversa; otros pueden ser genuinamente quichuas o pueden aparecer también compuestos de preincaico y quichua o viceversa; de preincaico y español, y otros ser genuinamente preincaicos. Veamos algunos ejemplos de topónimos de la actual provincia de Imbabura:

IMBABURA o Imababuro, es el sector geográfico o dominio de antiguo cacique *Imba*, cuyo nombre según Paz y Miño, procede de la lengua kara o cara, en la que la terminación *buo* tiene el significado de "monte", loma o altura; entonces su traducción con la terminación *a* puesta por los españoles de la Conquista, sería "Monte" o "Altura de los Imbas".

ATUNTAQUI, la tierra del cantón del mismo nombre y que está en la hoya de Ibarra, Prov, de Imbabura, tiene varios significados o traducciones; de acuerdo con la lengua quichua, Atuntaqui se compone de 2 palabras: *hatum* que significa grande, y *taqui*, tambur; es decir "tambur grande". Sancho Paz Ponce de León se remonta a una época más antigua, y dice que TUNTAQUI proviene de la lengua Cara o Cara, indicando que significa "Tierra de muchos humos", traduciendo el *tun* como mucho, y el *ta* como humo, y *qui* como tierra, pueblo o sitio. Pero en esta palabra compuesta debemos advertir que ha sufrido algunas variaciones, según los cronistas españoles; el nombre primitivo parece ser *Tuntaqui* o *Tuntaki*, luego *Atuntaqui*, *Hatuntaque* o *Jatuntaqui*, para quedar actualmente como ATUNTAQUI.

Sobre el mismo topónimo, el historiador Jacinto Jijón Caamaño, estudiando el idioma de los Colorados, le asigna la traducción de "Tierra rica en verdad", pero el otro historiador ecuatoriano, González Suárez le traduce el idioma Caribe, como "Grano grande"; el estudioso al alemán que residió en Ecuador hasta su muerte, en cambio, dice que se puede traducir de acuerdo a la lengua Páez, así: *Atun* o *Hatum*, como cama y *taqui* como lugar de posada. Este solo topónimo ha sido objeto de varias interpretaciones.

ALOBUELA, topónimo compuesto de *Alo* que puede ser nombre propio o el de una tribu indígena desaparecida, o también puede ser un adjetivo; la palabra *buela* está traducida como planicie o llanura y cultivo; por consiguiente, *Alobuela* significaría "Valle pequeño cultivado".

AMBI, proviene probablemente de KAN-BI, que en lengua Kara significa "Regia agua". Parece que el castellano de la Conquista suprimió la K por ley del menor esfuerzo y pronunciando solamente AMBI.

ANAFO, palabra de origen preincaico, pero su terminación AFO no es característica de la lengua Kara; sin embargo algún interpretador lo traduce como "huerta" o "cuadra" cultivada; pero no conviene.

**CHALTURA**, la parroquia del cantón Antonio Ante de la provincia de Imbabura, está en el plano más bajo hacia el río Ambi, y según el fonema *ro o ra*, parece referirse a la altura.

**NATABUELA**, es una palabra que puede descomponerse en *Na-ta-buela*; para *na* no encontramos significado; en cambio sí para *ta* y *buela*; *ta* en vocabulario Kara-español significa "alto" o "puesto encima" o hacia arriba, y el vocablo *buela* se refiere a planicies, llanuras o cultivos; por tanto se podría explicar que **NATABUELA** significaría llanura alta y cultivada, y que externamente así se presenta.

**PATABARAN**, palabra que proviene del quichua y del kara: *Pata*, significa extremo, pie; *barán de baro*, entrante, pie de ladera, es decir, "ladera situada al pie", y si así coincide con la realidad topográfica.

**PUCARA**, palabra de origen quichua que significa "loma o terreno alto", y en este aspecto existen muchos *pucaras* en la Región Interandina del Ecuador, hasta el sur de Colombia.

**YANAYACU**, palabra compuesta del quichua, **YANA**, negro, y **YACU**, agua; con esta palabra se conocen muchos sectores húmedos, acuosos o fluviales del Ecuador, sur de Colombia, Perú, Bolivia, y otros lugares geográficos de los países occidentales de Suramérica, de los territorios dominados antes por los cuzqueños y quitus.

Y así como explicamos ligeramente el significado o la interpretación de algunos topónimos imbabureños, existen otros muchos difíciles de encontrar el verdadero significado, y dejamos para que el especialista o aficionado a la interpretación de las lenguas indígenas lo interprete o traduzca posteriormente, entre los muchos topónimos, los siguientes: **AGUALONGO**, **CEROTAL**, **COBUENDO**, **CUABUNGO**, **CHUHUARYACU**, **OTORONGO**, **QUINCHIQUIHUAYCU**, **QUITOBURO**, **ONTAÑON**, **PERUGAL**, **SACADAL**, **PILASCACHO**, **SANGOLAN**, etcétera.

Al sur del Ecuador, la provincia de Loja que limita con el Perú, al arribo de los españoles, el espacio geográfico estuvo ocupado por las tribus de **PALTAS** y **ZARZAS**, de cuyos idiomas o dialectos apenas se conservan algunos topónimos y antropónimos, los que debemos conservar como recuerdo de las lenguas desaparecidas.

En la provincia de Loja existen numerosos nombres geográficos con la terminación de **UMA**, desinencia que no existe en el resto del Ecuador, y así tenemos: **ANGANUMA**, **AMANUMA**, **CAJANUMA**, **CARANUMA**, **CUINUMA**, **CULANUMA**, **CONDUANUMA**, **CHIMINUMA**, **CHIPUNUMA**, **GUAGRAUMA**, **GUAYLLANUMA**, **GUAYQUICHUMA**, **GUAYRUNUMA**, **GUATUNUMA**, **HIPONUMA**, **LUSINUMA**, **MULLUNUMA**, **MACAYNUMA**, **PAZTANUMA**, **TUMBUNUMA**, **TUNJUNUMA**, **TORONUMA**, **PURUNUMA**, **RUNUMA**, **PLILLINUMA**, **SAGUAYNUMA**, **SHILINUMA**,

**SURISHUMA**, **SURUNUMA**, **TUMIANUMA**, **YARANUMA**, etc. Seguramente, varios de estos topónimos son palabras híbridas, combinadas unas con el quichua, otras con el español.

Otra desinencia típica o propia de la provincia lojana es **ACA**, como se observa en **AGUACA** o **AHUACA**, **AYABACA**, **CANCHINAMACA**, **CANGUINAMACA**, **COLAISACA**, **CHINGUILAMACA**, **GANAMACA**, **LANZACA**, **NUMBALACA**, **PISHINAMACA**, etc.

En Loja es en la única provincia que se encuentran topónimos con la designación aguda **MA**, como en el topónimo Panamá, tales como **CONGONAMA**, **GONZANAMA**, **GUACHANAMA**, etc., nombres que deben ser conservados en la geografía e historia de los topónimos ecuatorianos.

### *Conservemos Nuestra TOPONIMIA INDIGENA*

El estudio geográfico e histórico de las toponimias en el Ecuador necesita ser completado por los estudiosos; pero completados o no, los nombres toponímicos indígenas o aborígenes, deben ser conservados con leyes del Estado y Ordenanzas de los Consejos Provinciales y Municipios. Nuestros topónimos recuerdan a más del quichua, a varias otras lenguas y pueblos que existieron en el actual territorio ecuatoriano, lenguas muy anteriores al quichua cuzqueño.

El estudio o interpretación de los topónimos de la geografía ecuatoriana abarcará el conocimiento de las culturas extinguidas de los Coayquer, Colorados y Cayapas; Pastos y Páeces; de los Caras Quitus y Panzaleos; de los Caranquis e Imbayas; de los Chimbus, Hambatos; Cañaris, Paltas y Zarzas, de los Huancavilcas, y en la Región Oriental u Amazónica: los Shuaras, Alamas, Cofanes, Huaoranís o Aucas, etc, etc. Y claro está, con la conquista y aunque poca duración de los cuzqueños, la cultura incaica cambió en muchos aspectos las costumbres y los nombres de varios sitios.

La razón fundamental para escribir **QUICHUA** y no **KECHUA** o Quechua, es que este idioma carece de las letras vocales *e* y *o*; en quichua existen solamente las vocales *a*, *i*, y *u*, de acuerdo al Diccionario Quichua-Español y Español-Quichua del Dr. Luis Cordero; y en lo que se ha dicho o se dice que el quichua fue impuesto a los Quitus por los Incas, no es verdad, porque el idioma de nuestros pueblos andino-equinocciales de entonces, fué el mismo que el de los sureños del Cuzco, como fácilmente se puede demostrar analizando la etimología de los nombres toponímicos, fitonímicos y zoonímicos de nuestro país, nombres que fueron así conocidos desde antes de la conquista de los incas (véase las listas), y por otra parte, la dominación de los sureños, no fue sino de medio siglo, tiempo que apenas sirvió para consolidar la conquista incaica. Y, por esta misma razón, es muy dudosa la calificación de "incásicas" a las muchas muestras encontradas en los antiguos "entierros" o ruinas de los varios sectores de la Región Interandina del Ecuador.

## Toponimias ecuatorianas

### 1. NOMBRES TERMINADOS EN *BAMBA* o *PAMBA*

Las terminaciones *bamba* o *pamba* proceden de la raíz quichua *pamba*, que significa: llanura, planicie, meseta, plaza, según los casos.

**ATUC-PAMBA.** De *átuc* o *hátuc*, lobo; y *pampa*. Planicie o llanura de los lobos. Nombre de un sitio o lugarejo en la provincia de Pichincha, a la altura de 4.066 mts. sobre el nivel del mar.

**AYA-PAMBA.** De *aya*, muerto; y *pamba*. Llanura de los muertos. Población en la provincia de El Oro. Ayabamba, caserío en la de Azuay; y población en la de Loja.

"*Ayabamba*, población o aldea en el Perú" (P. Sanmartí, —*Los pueblos del Perú*, pág. 128.— Lima, 1905).

**BALSA-PAMBA.** De *balsa*, un árbol bombáceo del Ecuador; y *pamba*. Población de la provincia de Bolívar.

**CACHI-PAMBA.** De *kachi*, sal; y *pampa*. Los españoles llamaban *Salinas* a los lugares que los indios denominan *cachipampa*. Un lugarejo en la provincia de Pichincha y otro en la de Azuay. *Cachipamba*, aldea cercana al Cuzco, y otra cerca de Santa, en el Perú.

**CAJA-BAMBA.** De *Kcasa* o *kaxa*, en el quichua del Cuzco, significa: helado, heladizo, excesivamente frío. *Caja*, en el Ecuador, tiene el valor ideológico convencional de: altura de montaña, de nudo o de cordillera. De modo que *Caja-bamba* significa: planicie o llanura alta y heladiza.

*Cajabamba* es una población importante de la provincia del Chimborazo, a una altura de 3.205 mts. sobre el nivel del mar.

Los nombres geográficos del Perú, de la misma glotogenia que el nuestro, tales como: *Cajas*, *Caja-bamba*, *Cajamarca*, *Cajatambo*, etc., etc., proceden, según etimólogos eruditos, de la raíz *kcasa* o *casa*.

Nada de extraño es que esta voz la hayan escrito más tarde *kaxa*, y después, *caja*, puesto que en los siglos XV y XVI la lengua española estaba en pleno período de confusiones fonéticas, y por consiguiente, ortográficas; en aquellos tiempos, cada cual escribía a su capricho. Todas las voces que se escribían con *x*, como *mexilla*, *loxa*, *caxa*, etc., se escribieron, después, cuando se fijó su ortografía, con *j*; ej.: *mejilla*, *Loja*, *caja*.

Sarmiento de Gamboa cuenta con el Inca Huaina Cápac edificó en *Quinchi caxa* (Quinchicaja). Así mismo, en otro lugar emplea *x* por *j* al hablar de *Cojitambo*, escribe Coxitambo. Innumerables son los ejemplos que podríamos citar.

Y si se atiende al valor ideológico de las palabras *kcasa* o *kaja* se observará que no hay contradicción ninguna; puesto que toda *altura de nudo o de cordillera* en el Ecuador, es, *excesivamente fría, heladiza*, según el significado que tiene en el Perú.

También en esa nación hay la población de *Cajabamba*. "*Cajabamba*, Provincia del departamento de Cajamarca. Distrito y capital de provincia. "*Kasakpampa*. Llano heladizo". (P. Sanmartí. —*Los pueblos del Perú*. 135).

El Inca Garcilaso de la Vega, al hablar sobre la voz *kcasa*, escribe: "*Cassa*" dañoso: el hielo. Del pueblo Pías, pasó adelante (Túpac-Yupanqui) con su ejército, y en un abra o puerto de sierra nevada, que dá por nombre *Chirmac-cassa*, que quiere decir *Puerto Dañoso*, por ser de mucho daño a la gente que por él pasa, se helaron trescientos soldados escogidos del Inca, que iban adelante del ejército, descubriendo la tierra, que repentinamente les cogió un gran golpe de nieve, que cayó y los ahogó y heló a todos ellos, sin escapar alguno..." (VIII - IP')

El Dr. Cordero Palacios, refiriéndose a esta misma palabra *cassa*, dice en su interesante libro *El Quechua y el Cañari*, lo siguiente: "El indio azuayo, y aún todos los azuayos, seamos o no indios, llamamos *Caja* o *Cajas* a estos pasos peligrosos de la cordillera. La palabra quechua *cassa*", convertida en *caja* o *cajas*, si ya *caja* o *cajas* no son voces cañaris, tiene para nosotros, la significación de altura peligrosa por su excesivo frío. (ibid. ibid. 26)

**CAÑARI-BAMBA.** De *cañari*, nombre de aquel pueblo aguerrido que habitó en las provincias azuayas; y *pamba*. Nombre de un sitio en el cual hay restos de cañaris, cercano al pueblo de *Chahuarou*, en la provincia de Azuay.

**CAJA-PAMBA.** De *kapa*, alegre, gracioso; sólo, único; o *cápac*, magnífico; y *pamba*. Nombre de un sitio o planicie en el monte Rumifahui, provincia de Pichincha. *Capapamba*, aldea del Perú (Sanmartí).

**CASI-PAMBA.** De *kasi*, tranquilo, quieto; y *pampa*. Un caserío cercano de la ciudad de Guaranda; y según Villavicencio, nombre del valle donde se encuentra la ciudad de Loja, entre los ríos Malacatos y Zamora. (M. Villavicencio. *Geografía del Ecuador*. 443). Pero, creo que esto es un error; pues aquel valle, según el mismo autor, se denomina *Cushipamba*.

**CASHA-PAMBA.** De *kasha*, espino, zarza; y *pampa*. Un lugarejo de la provincia del Tungurahua; otro en la provincia de Bolívar.

**COCHA-BAMBA.** De *kocha*, laguna; y *pampa*. Un caserío en la provincia de Pichincha; otro en la provincia de Bolívar. También en Bolivia hay la ciudad de *Cochabamba*, de 30.000 habitantes. En el Perú es nombre de un distrito; de un pueblo y de una aldea (Sanmartí).

**CUNCUN-BAMBA.** De *¿cuncun?...*; y *pampa*. No procederá este nombre de la raíz *kúnuc*, *¿caliente?* En este caso el nombre *Cuncunbamba* o *Cunucbamba* significaría *Llanura cálida*. Es un lugarejo en la provincia del Chimborazo.

**CUNCHI-BAMBA.** Según Villavicencio, viene de *kuchi*, cerdo; y *pampa*, llanura. Nombre de una hacienda en la provincia de Tungurahua. En el Perú, según Sanmartí, hay la aldea de *CUNCHIHUASI* en la provincia de Moyobamba.

**CURI-PAMBA.** Del aymará y quichua *kori*, oro; y *pampa*. Nombre de un sitio en las minas de Zaruma, provincia de El Oro.

**CURIQUINGUI-PAMBA**, es palabra compuesta de Kuriquinke o *curiquingui*, ave rapaz de los Andes, y de *pampa*, llano o llanura; llanura de los curiquegues; este topónimo es común en el Ecuador Central.

**CUSU-BAMBA.** De *kussu*, gusano de las patatas; y *pampa*. Población en la provincia de León.

**CUSHI-PAMBA.** De *Kusi* o *kushi*, alegre, festivo, delicioso; y *pampa*. Es el nombre del valle al cual trasladaron los españoles la fundación de la ciudad de Loja. A esta misma llanura, el señor Villavicencio la denomina *Casipamba*, en otro lugar de su libro; pero el verdadero nombre es *Cusipamba*.

*Cusibamba*. Aldea del Perú, según Sanmartí.

El P. Fr. R. de Lizarraga, citado por Lizondo Borda, escribe: "El valle donde la ciudad de Loja se fundó, llamado en la lengua del Inga *Cusipamba*, que es tanto como decir: valle de placer, y así lo es realmente". (Manuel Lizondo Borda. — *Voces tucumanas derivadas del Quichua*. 114— Librería Editorial *La Facultad*. Buenos Aires 1927).

**CHACA-PAMBA.** De *chaka*, puente, y *pampa*. Nombre de una hacienda en la provincia de Bolívar.

**CHALLGUA-PAMBA.** De *chalhua*, pescado; y *pampa*. Nombre de un sitio en la misma provincia.

**CHAGUAR-PAMPA.** De *chaguar*, cabuya, agave; y *pampa*. Un lugarejo en la provincia de Bolívar. *Chaguarbamba*, un pueblo en la provincia de Loja.

**CHAQUI-BAMBA.** De *chaqui*, pie, y *bamba*, llanura.

**CHICHU-PAMBA.** De *chichu*, preñada; y *pampa*. Una hacienda en Bolívar.

**CHILLCA-PAMBA.** De *chillka* una planta; y *pampa*. Sitio de la misma provincia.

**CHONTA-PAMBA.** De *chonta*, nombre de una palma; y *pampa*. Una hacienda en la provincia de Tungurahua.

**CHUQUIRI-BAMBA.** De *chuki*, lanza, danzante; ra...; y *pampa*. Una población al N.O. de la ciudad de Loja. En el Perú hay muchas poblaciones que comienzan con la raíz aymará-quichua *chuki*

**GUACHANA-PAMBA.** De *Guacha* parte, y *pamba* llanura, o sea parte de llanura. Con este topónimo se menciona a varias pequeñas llanuras.

**GUALLA-BAMBA.** De *huailla*, verde, fresco, pradera; y *pampa*. Nombre de una población y de un río en la provincia de Pichincha; y de una hacienda en la del Chimborazo. En el Perú, según Sanmartí, hay aldeas y pueblos con los nombres de *Huailabamba* y *Huailapampa* en varios departamentos.

**GUAGRA-PAMBA.** De *huac-ra*, res, buey; y *pampa*. Montes en la provincia de Pichincha. *Huacra*, en el Perú es cuerno. En el Perú (Sanmartí), hay los

pueblos de *Huacracocha*, *Huacrachuco*, *Huacramarca*, *Huacraorco*, etc., etc.

**GUANTUG-PAMBA.** Palabra compuesta como muchas de las aquí mencionadas: de *Guantug*, arbolito de la Reg. Internadina y perteneciente al género *Datura* de la Familia Solanáceas, de flores rojas y amarillas, y *pampa*, llano o plano.

**HATUN-PAMBA.** De *hatun* o *jatun*, grande; y *pampa*. Es un monte de 3.603 metros de altura, cercano al Chimborazo.

**HUANCA-BAMBA.** De *huanca*, palanca, *pedrón*; y *pampa*. Nombre de una cordillera y de un río en la provincia de Loja. En el Perú hay poblaciones con el nombre de *Huancabamba* y *Huancapampa*. (Sanmartí, *ibid.* 203).

**HUAYA-BAMBA.** Seguramente es corrupción de *Guayllabamba*. Es el nombre de un lugarejo y de un río afluente del Catamayo, en la provincia de Loja. "*Huayabamba*. Pueblo de Chachapoyas y Huallaga; aldea de Pomabamba". (Sanmartí. *ibid.* 212).

**INCA-PAMBA.** De *inca*, título de los reyes peruanos; y *pampa*. Nombre de un sitio con ruinas incaicas en la provincia de Chimborazo.

**ICHU-PAMBA.** De *ishu* o *ichu*, paja de los páramos, en el quichua del Cuzco, y *pampa*. Una hacienda en la misma provincia. En Junín (Perú) la paja se llama *ussa*; y *ucsha* en el dialecto ecuatoriano. *Ichupampa*, pajonal. Población del Perú.

**LIRI-BAMBA.** El nombre prehistórico de *Liribamba* era el de la hoy ciudad de Riobamba, capital de la provincia del Chimborazo. No he hallado en ningún vocabulario la raíz *liri*, primer elemento de este nombre. Creo que no es quichua.

**LULUN-PAMBA.** De *lulun*, huevo y *pampa*. Un lugarejo de la provincia de Pichincha.

**LLULLUN-PAMBA.** De *llullu*, tierno; y *pampa*. San Antonio de *Llullun-pampa*, es un pueblo de la provincia de Pichincha.

**MARCO-PAMBA.** De *marku*, artemisa; y *pampa*. Un sitio de la ciudad de Guaranda, capital de la provincia de Bolívar.

**MAUCA-PAMBA.** De *mauka*, cosa vieja; y *pampa*. Nombre de un sitio en la cordillera oriental. En el Perú, *Maucallacta*, pueblo de Jauja. (Sanmartí. *ibid.* 238).

**PACCHA-PAMBA.** De *paccha*, cascada, chorrera, y *pampa*. Un lugarejo en la provincia de Cañar.

**PACO-BAMBA.** De *pako*, ganado menor, alpaca; y *pampa*. Cerro de 3.500 metros de altura al lado occidental del Chimborazo. "*Pacobamba de pako pampa*. Llanura donde hay alpacas. Aldea y pueblo peruanos". (Sanmartí. *ibid.* 252).

**PACAY-BAMBA.** De *pakay*, huaba; y *pampa*. Un caserío en Azuay; otro en Loja. "*Pacaipamba*, capital del distrito Cumbicus en Ayavaca..." (Sanmartí. *ibid.* 251).

**PALTA-BAMBA.** De *palta* (quichua y aymará), piedra laja, sobornal, aguacate, según los casos; y *pampa*. Nombre de un caserío de la provincia de Bolívar. Según el geógrafo Villavicencio, *Paltabamba*, se llama también un sitio en una pequeña cordillera del Pichincha, con ruinas incaicas. En el Perú (Sanmartí), hay *Paltaibamba*, una aldea.

**PAUCAR-BAMBA.** De *paucar*, florido; y ésta de *pankara* (aymará), flor. Según el Acta de la Fundación de Cuenca, por Don Gil Ramírez Dávalos, el 12 de Abril de 1551, así se llamaba la planicie o llanura en la cual quedó fundada esta noble ciudad.

*Paucar-bamba*, dice el erudito lingüista cuencano P.M. Guzmán, quiere decir *Hermosa llanura de flores*. Creo que la raíz *páucar* es una corrupción del aymará *pankara* (flor); pues, en el quichua del Cuzco es *ttika*; y en las provincias de Junín y Ancas, como en nuestro dialecto, la flor es *sisá* o *huaita*. "*Páucarbamba*. Distrito en Tayacaja, (Perú). *Páucar pampa*, llano florido, ameno". (Sanmartí. *ibid.* 262).

Cuentan los historiadores que esta llanura se llamó *Guapdondélic* en la lengua de los Cañaris, habitantes primitivos de esta región. La palabra *guapdon délic*, según los doctores González Suárez y Cordero Palacios, se compone de las tres raíces cañaris siguientes: *guap*, cielo; *don*, grande; *délic* o *déleg*, planicie, llanura; esto es: *Llano grande del cielo*, o *gran llano celeste*. Así el nombre quichua-aymará como el cañari, esto es: *Paucar-bamba* o *Guapdondélic*, expresan muy bien la idea de la belleza de este valle, o planicie sobre la cual se levanta airosa y gallarda la muy noble ciudad de Cuenca.

**PIRCA-PAMPA.** De *perka*, pared, muro; y *pampa*. Pequeña población cercana a la ciudad de Guaranda, prov. de Bolívar. La voz *perka* es aymará y quichua del Cuzco.

**PISCO-BAMBA.** De *pisko* o *pishko*, pájaro; y *pampa*. Nombre de un valle y de un río en la provincia de Loja. "Piscopampa. Aldea de Condesuyos (Perú) Campo de pájaros". (Sanmartí. *ibid.* 267).

**RIO-BAMBA.** No estoy de acuerdo con el ilustre geógrafo Villavicencio en la etimología de *Riobamba*, la bella capital de la provincia del Chimborazo. El citado autor escribe: *Riobamba: Ric-bamba*, plano de viaje. Para dar esta traducción ha cambiado la raíz base *río* por *ric*, quichua.

Yo creo que esta voz es híbrida del español *río*, y del quichua *pampa*, planicie, llanura. Pues hay un río que corre por la planicie primitiva (hoy *Sicalpa*) donde estuvo la ciudad de *Riobamba*, hasta que fue destruida por el terremoto del año 1797.

En cuanto a la llanura o planicie donde actualmente existe la ciudad, le conviene, más bien el nombre de *Tiu-bamba*, ya que la raíz *tiu*, en nuestro dialecto, es *arena*. *Tiu-bamba*: llanura de arena, o arenal. Desgraciadamente, no tengo documentos antiguos para estudiar y resolver este problema glotológico.

**RUMI-PAMBA.** De *rumi*; piedra; y *pampa*. Nombre de unas quintas al N. de la ciudad de Quito; de una hacienda en la prov. de León; y de un sitio en la de Bolívar. "*Rumipampa*. Campo de piedras. Aldea de Jaén". (Sanmartí. *ibid.* 285).

**SI-BAMBE.** Estoy seguro de que este nombre se compone de la partícula *si* o *shi*, que en nuestro quichua significa *duda*, dicen que; y *bambe*, de *pampa*. Uniendo los dos elementos formales de la palabra, tendríamos: *shi-bambe*, o *sibamba*. *Sibambe*, que en español significaría: *dicen que es plano*, en sentido dubitativo. Jijón Caamaño incluye también esta voz entre las de origen quichua.

**SIGSI-PAMPA.** De *sigsig*, gramínea más delgada que el carrizo; y *pampa*. Un sitio en la ciudad de Guaranda; otro en la del Chimborazo. *Sigsibamba*, nombre de unos cerros en la provincia de Azuay. "*Sicsibamba*", pueblo de Pomabamba, Perú. (Sanmartí).

**SOCA-BAMBA.** De *soka*, barrizal, bache (quichua cuzqueño); y *Pampa*. Un sitio en la provincia de Pichincha.

**SUMAC-PAMPA.** De *súmac*, grande, magnífico, hermoso; y *pampa*. Un lugarejo de la provincia de Azuay. Erróneamente se creía hasta hace poco tiempo, que la ciudad incaica de *Tumipampa* (Tomebamba) había estado en este valle de *Súmac-pampa*.

**SURO-BAMBA.** De *suro*, bambú del género *chusquea*, común en la ceja andina de las dos cordilleras del Ecuador y *bamba*, llano o plano. *Surobamba*: sitio al bajar de Cochapamba o Balsapamba, Prov. de Bolívar.

**TAMBO-PAMPA.** De *Tambu* o *tambo*, albergue o posada, y *pampa*, llanura; "Tambo de la explanada".

**TARUGA-PAMPA.** De *taruka* o *taruga*, venado; y *pampa*. Nombre de unos montes o cerros en la provincia de Azuay. El aymará tiene la voz *taruja*, venado.

"*Taruca-pampa*. Poblado en Argentina. Campo o llanura del venado". Lizondo Borda. — *Voces tucumanas derivadas del quichua*. (Pág. 338).

**TAURI-PAMPA.** De *tauri*, altramuz, chocho; y *pampa*. Nombre de una quebrada, o mejor, una hondonada en las faldas del Cotopaxi. En aymará y quichua cuzqueño, es *tarhui* el nombre del altramuz. "*Tauribamba*. Aldea en Tayacaja, Perú. Campo de Altramuz". (Sanmartí. *ibid.* 308).

**TIO-BAMBA.** De *tiu*, arena y *bamba*, pampa o llano arenoso.

**TOME-BAMBA.** De *tumi*, cuchillo; y *pampa*. Nombre incaico de aquella ciudad poderosa que fundaron los Incas en el valle donde hoy está Cuenca. En aquel tiempo se llamó esta ciudad la segunda Cuzco del Imperio. También hay el río *Tomebamba*.

También en el Perú hay el distrito de *Tomepampa*.

Es conveniente observar que el señor Sanmartí trae otra etimología para el prefijo *tome*. "*Tome-*

*pampa*. dist. La unión. *Tumi pampa*. Llano donde fueron cercados por el enemigo. *Tumay*. Cercar, rodear, sitiar". (Ibid. 312). Pero en el nombre Tomilla, escribe: "Tomilla". Aldea. Arequipa. "Tumilla, cuchillo mío". Esto quiere decir que *tumi* significa también, cuchillo.

TUNQUI-BAMBA. Tal vez, de *tonkay*, que en el quichua peruano significa: tostar en tiesto; y *pampa*. Un valle en la de Tungurahua. "Tunga, Aldea. Ica. Tonkay, tostar en tiesto". (Sanmartí. ibid. 315).

TURU-BAMBA. De *туру*, lodo, barro, fango; y *pampa*. Una llanura al S. de la ciudad de Quito; y un sitio en la de Azuay.

URPI-PAMBA. De *Urpi*, tórtola o paloma, y *pampa*, llano; llanura o llano de las tórtolas. Este calificativo se dan a los diferentes lugares con sementeras y tórtola.

UTCU-BAMBA. De *utku*, algodón; y *pampa*. Un sitio en la región oriental; un río en la misma región. Pueblo, y aldea en el Perú, según Sanmartí.

VILCA-BAMBA. De "huillka, sagrado, maravilloso". Garcilaso de la Vega; y *pampa*. Nombre de una población (hoy, Victoria) en la provincia de Loja. Uilka, en aymará significa jefe. Con el nombre de *Huillcabamba*, hay dos aldeas en el Perú. Para Sanmartí, la raíz *huillka* significa nieto, en unos casos; y nombre de un árbol en otros. También hay en el Perú el nombre de Vilcabamba, de un distrito, de un pueblo y de una aldea. (Cfr. Sanmartí. Los pueblos del Perú. 323).

## 2. NOMBRES TERMINADOS EN CAGUA

(madeja, mirar, admirar)

También en la lengua aymará, que tantas palabras dio al quichua, hay la voz *kahua*, con el significado de grieta, surco, rendija.

BAMBA-CAGUA. De *pampa*, planicie; llanura; y *kahua*. Nombre de una hacienda en la provincia de Chimborazo; y de un sitio, en la misma zona fronteriza, en la de Bolívar.

CACHI-CAGUA. De *kachi*, sal; y *kahua*. Un lugar o sitio en la provincia del Guayas.

CHI-CAGUA. Muchos dicen *Cuchi-cagua*, pero oficialmente, en la Geografía del Dr. Wolf, consta con el nombre de *Chicagua*. En este caso, la palabra sería híbrida del colorado *chi*, nuestro; y *kahua*. Es un monte al S. O. de la provincia de Bolívar.

CHIQUI-CAGUA. De *chiki*, desgraciado, peligroso; y *kahua*. Una quebrada en el Chimborazo; y una hacienda en la provincia del Tungurahua.

TARI-CAGUA. De *tari*, hallazgo; y *kahua*. Un sitio y un río en la provincia de Bolívar.

Creo que en todos estos nombres, la raíz aymará *kaua* o *kahua* es más adecuada y propia.

## 3. NOMBRES TERMINADOS EN CAMA

(oficio, empleo, ciudadano, hasta)

GUAITA-CAMA. De *huaita*, una flor; y *kama*. Un pueblo en la provincia de Cotopaxi y una ha-

cienda notable por su industria de quesos y mantequilla en la misma provincia.

HATUN-CAMA. De *hatun* o *jatun*, grande, y *kama*. Río afluente del Toachi en la provincia de Cotopaxi.

PUNSU-CAMA. De *punsu*, paja, basura, estopa; y *kama*. Monte en la de Bolívar.

SUSUN-CAMA. De *susu*, polilla; o susun, apollarse; y *kama*. Río en la provincia de Esmeraldas.

## 4. NOMBRES TERMINADOS EN CAJAS

(heladizo, excesivamente frío; altura de nudo o de cordillera)

Como se ha visto antes, esta voz se deriva del quichua cuzquerño *ckasa* o *kasa*, que más tarde se transformó en *caja*, con lo cual, además de la acepción primitiva (helado, heladizo, muy frío), tomó la que tiene en el Ecuador.

CAJAS. De *ckasa* o *kaxa*. Nombre de un nudo (*Mojanda-Cajas*), en la provincia de Imbabura; y de unos cerros en la de Azuay, de 4.135 metros de altura.

HUAIIRA-CAJA. De *huaira*, viento; y *ckasa*. Monte o cerro en la provincia de Cañar. El sitio por donde cruza el camino, en este *Huairacaja*, está a la altura de 3.306 metros sobre el nivel del mar.

QUICHI-CAJAS. De *kichi*?...; y *caja* o *ckasa*. Sarmiento de Gamboa cuenta que el Inca Huainacápac edificó una fortaleza inexpugnable en *Quichicaxa*.

El Dr. Arriaga, notable historiógrafo cuencano, cree que este *Quichicaja* está en la región de *Hatun-Cañar*, provincia de Cañar. Seguramente, la voz *kichi* debe ser palabra quichua deformada por los historiadores españoles. En nuestro dialecto sólo existe *quichiqui*, con el significado de estrecho, apretado; y *kichui*, el que quita. El *quich* del Cuzco tiene el verbo *kichay*, que significa abrir. Estoy convencido que la raíz primitiva fue la voz *kicha*, abierto. O sea, *Quichi-cajas*, abra heladiza.

QUINCHU-CAJAS. De *kinchu*, seno, regaño; y *ckasa*. Nombre de un hatu en el monte Pambamarca, provincia de Pichincha.

SANAN-CAJAS. En ningún vocabulario quichua ni aymará, he llado la voz *sanán*, cuya etimología y valor semántico ignoro. En el Perú, según Sanmartí, hay la aldea de *Sana*, nombre que anota este autor, pero sin la etimología ni el significado correspondiente. Nudo entre Tungurahua y Chimborazo.

En jibaró hay la voz *sanna* que significa rocío. En el mismo Perú hay el nombre *suní*, largo; y en aymará esta voz significa: *puna*, páramo. Nada difícil es que, también esta voz (*Sanancajas*) sea una deformación de *Suní-cajas*. Los historiadores españoles eran muy poco escrupulosos en la escritura de los nombres americanos.

El mismo Sanmartí trae, también, los nombres *Sanagorán* y *Sanahuán*.

**TIO-CAJAS.** De *tiu*, arena; y *ckasa*. Nombre de otro nudo famoso en nuestra prehistoria. No es superfluo advertir que en el quichua argentino, la voz *tiu* significa *arena*, como en nuestro dialecto quichua. “*Tiopunco*, nombre del pueblo. Lugarejo del 2o. Distrito del Departamento de Taffí, en los Valles Calchaquíes, al noroeste de Quilmes”. (L. Borda. *Voces tucumanas derivadas* del quichua, 343). La altura de este nudo de *Tiocajas*, en el camino de Guamote a Tixán, es de 3.485 metros sobre el nivel del mar.

## 5. NOMBRES TERMINADOS EN COCHA (lago, laguna)

**ALLCU-COCHA:** *Allcu*, perro y *cocha*. Laguna del perro. En diferentes lugares de la Región Interandina.

**ANGAS-COCHA.** De *ankas*, azul; y *cocha*, lago, laguna. Laguna de la provincia de Imbabura.

**ASNAC-COCHA.** De *asnai*, hediondo, fétido; y *cocha*. Una quebrada en la región oriental.

**CAJAS-COCHA.** De *ckasa* o *kaxa*, heladizo, excesivamente frío, y *cocha*. Laguna de páramo principalmente en los nudos interandinos desde la Provincia de Chimborazo al Carchi.

**CARI-COCHA.** De *kari*, varón, macho; y *cocha*. Laguna de Imbabura.

**CASPI-COCHA.** De *caspi*, palo, madera, espino seco, delgado; y *cocha*. Laguna bordeada de árboles. Con este nombre, en varias localidades de la Región Andina.

**CATA-COCHA.** De *kata*, ladera; y *cocha*. Cantón y población de la provincia de Loja.

**COCHAS.** De *cocha*. Población de la provincia del Azuay, al pie del Guagualshuma.

**COLTA-COCHA.** De *kulta*, pato; y *cocha*. Hacienda en la provincia de Pichincha.

**CONDOR-COCHA.** De *kúntur*, cóndor; y *cocha*. Cerro de 3.681 metros en la provincia de Pichincha.

**CUI-COCHA.** De *koy* o *kuy*, cobaya, cuy, conejillo de Indias; y *cocha*. Laguna de la Prov. de Imbabura.

**CURI-COCHA.** De *kori* o *kuri*, oro; y *cocha*. Laguna en la misma provincia.

**CALLGUA-COCHA.** De *chalhua*, pescado; y *cocha*. Laguna en el Oriente.

**CHARAPA-COCHA.** De *charapa*, tortuga; y *cocha*. Laguna habitada por tortugas. Nombre frecuente en la Cuenca del Río Santiago, Prov. Esmeraldas.

**CHILLA-COCHA.** De *chilla* (voz araucana), raposa, zorro y *cocha*. Montes entre el Oro y Loja.

**CHONTA-COCHA.** De *chonta*, palmera; y *cocha*. Laguna rodeada de palmeras. Nombre toponímico frecuente en la Región Oriental del Ecuador.

**DANTA-COCHA.** De *danta*, tapir (mamífero más grande de América); y *cocha*. Laguna frecuentada por dantas.

**HATUN-COCHA.** De *hatun* o *jatun*, grande; y *cocha*. Laguna en el oriente.

**HUARMI-COCHA.** De *huarmi*, mujer, hembra; y *cocha*. Laguna en Imbabura.

**MAPA-COCHA.** De *mapa*, sucio obscuro; y *cocha*. Laguna de agua sucia. Nombre toponímico de la Región Oriental.

**MICAY-COCHA.** *Mica cocha*. De *mika* o *mikay*...; y *cocha*. Laguna al pie del Antisana, en la provincia del Pichincha. Los indios y gente rural, y el vulgo de las ciudades interandinas, usan la voz *Mica*, como apócope familiar de Micaela. En el Perú (Sanmartí) hay la aldea de *Micaipata*.

**PAÑA-COCHA.** El prefijo *pañá* no se encuentra en los diccionarios de la lengua Inga, pero *cochá* es laguna, depósito de agua. Una palabra parecida, *Pañaguado*, se usa para decir de un hipócrita o falso.

**PUCA-COCHA.** De *puka*, rojo, colorado; y *cocha*. Laguna del Oriente.

**PUCARA-COCHA.** De *pucará*, fortaleza, cerca; y *cocha*. Fortaleza de la laguna o cerca de la laguna. Nombre toponímico de la Región Andina.

“COCHA-PUCA. Arroyo. República Argentina”. (Lizondo Borda. *Voces tucumanas*...98).

**PUMA-COCHA.** De *puma*, león; y *cocha*. Laguna en la región oriental.

**PUNGU-COCHA.** De *pungu*, puerta, entrada, y *cocha*. Entrada o lugar de entrada a la laguna. Nombre toponímico frecuente en los páramos y en la Región Oriental.

**PURI-COCHA.** De *puri*, la acción de caminar; y *cocha*. Una pequeña laguna en la provincia de Bolívar.

**SUPAY-COCHA.** De *supay*, diablo; y *cocha*. Laguna en la Región Oriental.

**UCHUG-COCHA.**

**UMA-COCHA.** De *uma*, cabeza, y *cocha*. Laguna en forma de cabeza. Nombre toponímico de la región Oriental.

**VERDE-COCHA.** Nombre compuesto de español y quichua para indicar laguna de color verdoso.

**YAGUAR-COCHA.** De *yaguar*, sangre; y *cocha*. Laguna en la provincia de Imbabura. Nombre célebre, donde según cuenta la tradición, fueron degollados más de treinta mil caranquis, por las tropas del Inca Huainacápac. También hay un río y una laguna, con el nombre de *Yaguarcocha* en la provincia del Chimborazo.

**YANA-COCHA.** De *yana*, negro; y *cocha*. Una laguna en la provincia de Imbabura; otra en la de El Oro; y un caserío o lugarejo en la de Loja.

**YURAC-COCHA.** De *yúrac*, blanco; y *cocha*. Laguna del Oriente.

## 6. NOMBRES TERMINADOS EN *CORRAL*

Superfluo me parece advertir que todos los nombres acabados en *corral* son híbridos, por tener su base quichua.

**CACHI-CORRAL.** De *kachi*, sal; y *corral*. Un río en la provincia de Cañar.

**CUCHI-CORRAL.** De *kuchi* o *kochi*, cerdo, puerco; y *corral*. Nombre de una hondonada en la provincia del Chimborazo.

**CUNUC-CORRAL.** De *kúnuc*; caliente y *corral*. Hacienda en Bolívar.

**LLAMA-CORRAL.** De *llama*, rumiante americano, llamado también *llama*, *llamingo*, *runa llama*, en el Ecuador; y *corral*. Un sitio en la de Chimborazo.

**PICHI-CORRAL.** De *pichani* o *pichana*, barrer; y *corral*. Un altura de 3.800 metros en el Chimborazo.

**QUINUA-CORRAL.** De *kinua*, planta de grano comestible que los indios cultivan en los páramos de los Andes; y *corral*. Hacienda en la provincia de Bolívar.

**TARUGA-CORRAL.** De *taruga*, venado; y *corral*. Un monte de 4.200 metros en la provincia del Chimborazo. El aymará tiene *taruja*, venado. La palabra *corral* en quichua, es *kancha*.

**URCU-CORRAL.** De cerro y *corral*. Un lugar al descenso de Chillanes, Provincia de Bolívar.

## 7. NOMBRES TERMINADOS EN *CUCHO* o *KUCHO* (rincón, ángulo, esquina)

**CAPA-CUCHO.** De *kapa*, sólo, único, según Garcilaso de la Vega; y alegre, gracioso, según Sanmartí; y *kuchu*. Quebrada u hondonada en el monte Rumifiahui, provincia de Pichincha.

**CUTU-CUCHO.** De *kutu*, corto, recortado; y *kuchu*. Quebrada en el monte Iliniza, provincia de Cotopaxi.

**CHUYO-CUCHO.** De *chuyo*, limpio, claro; y *kuchu*. Quebrada en la provincia del Chimborazo.

**GUANGAR-CUCHO.** De *huanka*, palanca; y *kuchu*. Un sitio en la de Cañar.

**MUYUN-CUCHO.** De *muyu*, semilla, fruto; esfera, círculo; y *kuchu*. Es uno de los nombres de la hacienda de Baños, al S. Del Cotopaxi, a 3.579 metros de altura en la provincia de Cotopaxi.

**RUMI-CUCHO.** De *rumi*, piedra, roca, y *cucho*, rincón. Con este nombre hay varios lugares de la Sierra ecuatoriana.

**SINCHI-QUIGUA.** De *sinchi*, duro, resistente, y *quigua*, yerba; es una gramínea (*Sporobolus poiireti*), de sistema radicular muy tenaz.

**SURU-CUCHO.** De *suru*, una caña delgada; junco; y *kuchu*. Nombre de un sitio y de un río afluente del *Matadero*, en la provincia del Azuay.

**YANA-SACHA-CUCHO.** De *yana*, negro; *sacha*, selva; y *kuchu*. Rincón de la selva negra. Es un anfiteatro de rocas al pie de los declives exteriores del monte Rumifiahui. La voz *sacha*, es en el quichua cuzqueño: árbol; y árbol en nuestro quichua es *yura*. La palabra *sacha* en el dialecto ecuatoriano significa *selva*, unas veces; y *falso*, *pseudo*, otras.

## 8. NOMBRES TERMINADOS EN *CUNGA* (cuello, garganta, pescuezo)

**CASCA-CUNGA.** De *kaskana*, unirse, pegarse, juntarse; y *kunka* o *kunga*. Así se llama la parte más alta del nudo de *Mojanda-Cajas* en la provincia de Imbabura. Tiene 3.874 metros sobre el nivel del mar.

**SIGSI-CUNGA.** De *sigsig*, una gramínea; y *kunka*. Cordillera en la misma provincia.

## 9. NOMBRES TERMINADOS EN *CHACA* (puente)

**ALLCU-CHACA.** De *allku* o *ashku*, perro; y *chaka*. Un sitio en la Región Oriental.

**ALLPA-CHACA.** De *allpa* o *ashpa*, tierra, arcilla; y *chaka*. Una hacienda en la provincia de Bolívar; un caserío en la de Chimborazo; y un monte en la de Azuay.

**CHACA.** De *chaka*, puente. Un lugarejo en la provincia de Cotopaxi.

**HUASCA-CHACA.** De *huaska*, sogá, cuerda; y *chaka*. Un sitio en la confluencia de los ríos Minas y Jubones, en la provincia de Azuay, sitio en el cual existen cimientos de las ruinas de un puente de indios.

*Huasca-chaca* significa *puente de cuerdas*.

**INGA-CHACA.** De *Inca*, título de los antiguos reyes peruanos; y *chaka*. Una quebrada en la provincia de Pichincha; y un sitio en la de Azuay.

**PUMA-CHACA.** De *puma*, león; y *chaka*. Un pueblo y un río en la provincia del Chimborazo. "*Pumachaca*. Aldea. Huari. Puente de los leones". (Sanmartí ibd. 273).

**RUMI-CHACA.** De *rumi*, piedra; y *chaca*. *Puente de piedra*. Es un puente natural sobre el río Carchi en la provincia de su nombre, y en otros lugares.

**YANA-CHACA.** De *yana*, negro; y *chaka*. Un sitio en la Región Oriental.

## 10. NOMBRES TERMINADOS EN *CHUPA*, (cola, rabo)

**CHUSPI-CHUPA.** De *chuspi*, un mosquito; y *chupa*. Río de la provincia de Pichincha, el cual, más abajo, se llama *Río negro*.

**TAURI-CHUPA.** De *tauri*, altramuz, *chocho*; y *chupa*. Nombre de un sitio en la misma provincia.

**CABALLO-CHUPA,** palabra híbrida. Cola de caballo.

## 11. NOMBRES TERMINADOS EN GUAICU (quebrada, cañada)

AMI-GUAICO. De *ami*, tocayo; y *huaiku*. Hondonada en el monte Quilindaña, provincia de Cotopaxi.

CACHI-GUAICO. De *cachi*, sal; y *huaiku*. Nombre de unas fuentes de aguas sulfurosas en la Hacienda del Chimborazo, provincia del mismo nombre.

CASA-HUAYCU. De *Kassa*, frío, helado, y *huai-cu*, quebrada.

COCHA-GUAICO. De *kocha*, laguna; y *huaiku*. Laguna al sur de Azuay.

COTO-GUAICO. Creo que este nombre procede del aymará *ckota*, laguna; o de *koto*, montón y *huaiku*. Nombre de un sitio en la provincia del Azuay.

CHAQUISHCA-GUAYCU. De *Chaquishca*, seco, árido, y *Guaycu*.

CHITA-GUAICO. De *chito*, cabra, chivo, y *huaiku*. Un caserío en la de Pichincha; y un sitio en Bolívar.

GUAILLA-GUAICO. De *huailla*, verde, fresco, pradera; y *huaiku*. Nombre de un caserío en la provincia de Azuay.

GUAICO. De *huaiku*. Nombre de un sitio en el cual se venera a la Virgen de este nombre, que tiene una capilla construida en la época colonial, sobre la quebrada denominada Guaico, en la provincia de Bolívar.

HUAI-GUAICO. De *huasi*, casa; y *huaiku*. Pueblo en la provincia del Azuay.

INTI-GUAICO. De *inti*, sol; y *huaicu*. Quebrada del sol. Así se llama a la quebrada del río de Gulán, en la cual hay una roca donde está la imagen del sol (dios de los Incas) tallada a pico. Se cree que ese trabajo lo hicieron durante la dominación incaica en nuestra Patria. *Intiguaico* está en la provincia del Cañar.

LEO-GUAICO. Voz híbrida del cañari *leo*, culebra; y del quichua *huaiku*. Nombre de un río de Nabón, provincia de Azuay.

MILLI-GUAICO. Creo que la voz *millie* es corrupción de *mizhi* o *mishi*, que significa gato, o procede de *millan*, perverso, malvado. *Milliguaico* es el nombre de una quebrada en el volcán Cotopaxi. Esta montaña tiene 5.943 metros de altura.

PUCA-GUAICO. De *puka*, rojo, colorado; y *huaiku*. Quebrada en Cotopaxi.

PUCU-GUAICO. De *puku*, escudilla, plato de barro; y *huaiku*. Un lugarejo y un río en la provincia de Cañar.

PUNGU-GUAICO. De *punku*, puerta, entrada; y *huaiku*. Nombre de un arroyo en la provincia de Azuay. *Guayco-pongo* es el nombre de un sitio en la provincia de Tungurahua.

PUSU-GUAICO. De *pussu*, gris, plumizo, y *huaiku*. Sitio o quebrada en la provincia del Tungurahua.

PUICAY-GUAYCO. Este nombre toponímico parece híbrido de cañari, *puicay*, por la terminación *kay*, que en este idioma significa río; y del quicha *huaiku*. Una quebrada de la provincia de Azuay.

RUMI-GUAICO. De *rumi*, piedra; y *huaiku*. Quebrada en la provincia de Imbabura.

TAMBAN-GUAICO. De *tambán*, nombre de una palmera que produce cera, y crece espontáneamente en la provincia de Bolívar; y *huaiku*. *Tambanguaico* es un sitio cercano de Chillanes, población de la citada provincia.

TORUNO-GUAICO. De *turuna*, enlodarse; y *huaiku*. Quebrada en el monte Quilindaña, provincia de Cotopaxi.

YANA-GUAICO. De *yana*, negro; y *guayku*. Río afluente de *Norçay* en la provincia del Azuay.

YUNGUILLA-GUAICO. De *yunca* o *yunga*, lugar cálido, ardiente; y *huaiku*. Nombre de dos lugares cercanos de la ciudad de Cuenca, provincia del Azuay.

YURAC-GUAICO. De *yúrac*, blanco; y *huaiku*. Una hondonada en el monte Quilindaña, provincia de Cotopaxi.

## 12. NOMBRES TERMINADOS EN HUASI (casa, habitación)

GUAGRA-HUASI. De *guagra*, res, buey, cuerno; y *huasi*, casa; un lugar, provincia del Tungurahua, pueblo en la de Azuay.

GUAICO-HUASI. De *huaiku*, quebrada; y *huasi*. Sitio en Tungurahua.

PATA-HUASI. De *patta*, ribera, borde, altillo, grada, etc., y *huasi*. Un cerro y un lugarejo en la provincia de Azuay.

TUTA-HUASO. De *tuta*, noche; y *huaso*, corrupción de *huasi*. Entiendo que *Tuta-huasi*, quiere decir: *Casa para la noche*. Nombre de un sitio y de un río en la provincia de Bolívar.

UCSHA-HUASI. De *ucsha*, paja, pajonal y *huasi*, casa, hogar; significaría pajonal de la casa o cerca de la casa.

YANA-HUASI. De *yana*, negro, y *huasi*. Un sitio en la provincia de Cotopaxi.

## 13. NOMBRES TERMINADOS EN LEO (en Páece, posada)

Con el terminal *leo* existen varios topónimos o lugares en la hoya de Ambato-Latacunga, pero que necesitan ser explicados más detenidamente; aquí solamente menciono los más conocidos;

CHIBU-LEO, lugar agrícola paramal de la Prov. de Tungurahua.

MUNDUG-LEO, lugar agrícola al noroccidente de Ambato a 2650 m.s.m.

PANTZA-LEO, lugar antiguo sobre el río Cutu-chi, cerca de Salcedo, Prov. de Cotopaxi y a la altitud de 2600 m.s.m.

PELI-LEO, población y sector cantonal de la prov. de Tungurahua; la población está sobre los 2600 m.s.m.

TISA-LEO, parroquia situada al pié del Cari-guayrazo, Cordillera Occidental, Prov. de Tungurahua. La población está sobre los 3100 m.s.m.

#### 14. NOMBRES TERMINADOS EN *LLACTA* (pueblo, tierra, patria)

CACHI-LLACTA. De *kachi*, sal; y *llacta*. Caserío en la provincia de Pichincha.

MAUCA-LLACTA. De *mauka*, cosa vieja; y *llacta*. Sitio en el Oriente.

MUSU-LLACTA, de *musuc* o *mushug*, nuevo, y *llacta*; pueblo nuevo. Con esta designación se conocen algunos lugares del altiplano ecuatoriano.

CACHI-LOMA. De *Cachi* o *Kachi*, sal y loma, colina; algunos lugares de la Región Interandina que en sus elevaciones tiene tierra salada.

PAPA-LLACTA. De *papa*, patata; y *llacta*. Pueblo y río en la provincia de Pichincha. El pueblo está a la altura de 3.505 metros sobre el nivel del mar.

POMA-LLACTA. De *puma*, león; y *llacta*. *Tierra de los Leones*. Río y pueblo de la provincia de Chimborazo. En el Perú hay más de dos docenas de pueblos y aldeas que tienen nombre compuesto con la base *poma* o *puma*: Ejem.: *Pomacocha*, *Pomacucho*, *Pomabamba*, etc., etc.

#### 15. NOMBRES TERMINADOS EN *LOMA*, (colina, loma)

ATUC-LOMA. De *átuc* o *hátuc*, lobo; y *loma*. Un cerro en la de Azuay.

CANSHAG-LOMA. De *Canshag* o cancha, patio, pista y loma (español); lugar amplio o plazoleta en una loma; lugares diferentes en la Sierra.

COCHA-LOMA. De *kocha*, laguna; y *loma*. Un cerro de 3.495 metros en la provincia de Imbabura.

CUCHI-LOMA. De *kuchi*, cerdo, puerco; y *loma*. Un cerro o monte de Loja.

CURIQUINGUI-LOMA. De *korekenke*, ave de los Andes; y *loma*. Una altura de 3.707 metros en las faldas del Chimborazo.

CUTUC-LOMA. De *kutu* o *kítuc*, corto, recortado; y *loma*. Un sitio en Pichincha.

GUAGRA-LOMA. De *huac-ra*, res, buey, cuerno; y *loma*. Un monte al Este del *Sincholagua*, provincia de Pichincha.

GUAIRA-LOMA. De *huaira*, aire, viento; y *loma*. Nombre de un picacho en la provincia de Im-

babura; y de un cerro, entre las provincias de Bolívar y Chimborazo.

GUANTUC-LOMA. De *guántuc*, especie de floripondio, de flores amarillo rojizas (*Datura sanguínea*); y *loma*. Un cerro al S.E. de la provincia de Bolívar; sitio en la de Azuay.

LLUSCA-LOMA. LLUSPI-LOMA. De *llushpi*, resbalo, resbaloso, y loma; loma o declive resbaloso; con este topónimo se designa a varios sectores resbalosos del camino de la Sierra a la Costa, o al Oriente.

PAILA-COCHA-LOMA. Voz híbrida de *paila* y las raíces quichuas; *Kocha*, laguna; y *loma*. Una altura de 4.500 metros al S. del *Carihuairazo*.

PUCA-LOMA. De *puka*, rojo, colorado; y *loma*. Un cerro en la provincia de Pichincha; otro en la del Chimborazo; y otra en la de Cañar.

PUCHI-LOMA. De *puchu*, sobra, resto, fin; y *loma*. Un monte en Loja.

QUINUA-LOMA. De *kunua* o *kinoa*, planta de grano comestible, parecido al mijo, que se cultiva en los Andes; y *loma*. Un cerro en Azuay, sitio en Chimborazo.

TAMBO-LOMA. De *tampu*, albergue, posada; y *loma*. Una hacienda al S. de la provincia de Bolívar.

TIU-LOMA o TILOMA, de *tiu*, arena, arenoso, y loma; loma o colina arenosa; con este topónimo se designa a varios lugares elevados y arenosos de la Región Interandina del Ecuador.

TUCU-LOMA. De *tuku*, ventana, alacena, nicho; y *loma*. Un cerro y sitio en la provincia del Azuay.

SIGSI-LOMA. De *sigsig*, una gramínea; y *loma*. Cerro en la provincia de Bolívar.

YANTA-LOMA. De *yanta* o *yammtta*, leña; y *loma*. Un cerro entre los montes Cotopaxi y Quilindaña. El Cotopaxi tiene 5.943 metros de altura; y 4.919 metros el Quilindaña.

#### 16. NOMBRES TERMINADOS EN *MACHAY* (cueva, gruta, caverna)

ANGAS-MACHAY. De *ankas*; azul; y *machay*. *Cueva o gruta azul*. O también, de *anka*, halcón; y *machay*; esto es: *cueva o gruta del halcón*. Nombre de uno de los picos del Chimborazo.

CHIRI-MACHAY. De *chiri*, frío, y *machay*. Río que corre por las faldas del Cotopaxi.

MACHAY. Nombre de una hacienda, y de un río, en la provincia del Tungurahua; y de un lugarejo en la de Azuay.

#### 17. NOMBRES TERMINADOS EN *MARCA*

Me parece conveniente decir algo acerca de esta voz aymará, tan generalizada en el quichua, y que entra en la composición de algunos nombres topográficos de Suramérica.

A propósito de la voz *marka*, el Inca Garcilaso de la Vega escribe lo que va a leerse: "Marca, fortaleza, pueblo". Cita algunos nombres compuestos con esta raíz: *Caja-marca*, *Cúntur-marca*, *Chalcumarca*, *Papa-marca*, *Sura-márca*. Sobre el nombre *Puca-marca* discurre en esta forma: "Pucamarca llámase aquel barrio del Cuzco, y quiere decir *barrio colorado*". Seguramente por extensión dieron los Incas la acepción de *barrio* a la palabra *marca*, que, en aymará significa: región, comarca, ciudad, fortaleza, población, etc. Esta voz ha sido tomada por el quichua cuzqueño, y luego generalizada en todas las regiones donde se hablaba la lengua incaica.

No creo inútil citar lo que escribe el célebre glotólogo Ciro Bayo, en su libro *Vocabulario Criollo-español Sudamericano*: "Marca. Voz aymará: comarca, región. De ahí se derivan porción de nombres de pueblos, *tambos*, y haciendas: *Cata-marca*; *Calamarca*, país pedregoso; *Machaca-marca*, país nuevo; *Anco-marca*, *Cachi-marca*, *Caja-marca*, etc." (Obra citada 136).

Según *Religiosos franciscanos*, autores de *Vocabulario políglota incaico*, la voz *marca* es genuinamente aymará, lengua de la cual tomó como lo dije antes, el quichua del Cuzco, y se extendió, después, a todos sus dialectos.

En el Ecuador tenemos pocos nombres terminados en *marca*. Los que he podido reunir, son los siguientes:

ANGA-MARCA. De *anka* o *anga*, halcón; y *marka*, lugar, pueblo, región, etc., nombre de una población, de un río y de una cordillera, en la provincia de Cotopaxi.

Según el Dr. Jesús Arriaga (Apuntes de Arqueología cañar), también hay un sitio, con el nombre de *Angamarca* en la provincia de Cañar. *Angasmamarca*, pueblo del Perú.

CHUQUI-MARCA. De *chuki*, lanza, danzante, mensajero; y *marka*. Parece que antiguamente se llamó así a un barrio de Cariamanga, importante cantón de la provincia de Loja; barrio en el cual habitaba la noble familia de los *Chuqui-marcas*, régulos o curacas de la provincia de Loja. Ambos elementos de este nombre son genuinamente aymarás.

PAMBA-MARCA. De *pampa*, planicie, llanura, plaza, etc., y *marka*, lugar, etc., nombre de un monte en la provincia de Pichincha. El *Pambamarca* mide 4.093 metros de altura. "Pambamarca, distrito. Cacchis y La Unión. Aimarás y Lucanas". (Sanmartí. *ibid.* 256).

PATA-MARCA. De *patta*, grada, poyo, andén, meseta, lugar alto, ribera, etc., y *marka*. *Patamarca*, según el doctor Cordero Placios, es el nombre de un lugar o sitio en la provincia de Azuay. La voz *patta*, poyo, es aymará.

SHUNGU-MARCA. De *shungu* o *shunku*, corazón; y *marka*. Nombre de un lugarejo cercano a Socarte, anexo de Cañar. Se dice que en *Shungu-*

*marca* existe un monumento incaico mejor conservado que el *Ingapirca*.

En el Perú hay como un centenar de nombres acabados en *marca*, y casi todos, híbridos del quichua cuzqueño y aymará. Lo curioso es que algunos son bígrafos; pero isólogos perfectos: Ej.: *Cajamarca* y *Casamarca*, que en ambos casos significa pueblo heladizo, muy frío. Caja es forma evolucionada de *casa*, *caxa*. La voz aymará, *marca* vale, semánticamente, lo mismo que la palabra quichua *suyu*.

#### 18. NOMBRES TERMINADOS EN PACCHA, (cascada, chorrera)

ASNAC-PACCHA. De *asnac* o *asnai*, hediondo, fétido. Una quebrada en la hacienda de *Quisaya*.

PACCHA. Nombre de un pueblo en la provincia de Azuay; y de una parroquia del Cantón Zarama, provincia de El Oro.

CURI-PACCHA. De *Curi* o *kuri*, oro, dorado, y *pacha*, chorrera, cascada; chorrera dorada de los cerros, durante la puesta del sol.

#### 19. NOMBRES TERMINADOS EN PATA (meseta, grada, borde, lugar alto, orilla, peldaño)

También *patta*, es voz aymará generalizada en la lengua incaica.

CACHI-PATA. De *kaschi*, sal; y *patta*. Un sitio en la provincia de Chimborazo.

CANELA-PATA. Híbrida de *canela*; y *patta*. Sitio en la de Azuay.

CASHA-PATA. De *kasha*, espino; y *patta*. "Nombre de una llanura que se extiende entre los ríos *Tomebamba* y *Yanuncay*". (Arriaga-Obra citada).

COCA-PATA. De *coca*, la planta del género *Erythroxylon*, productora de las hojas de coca, y *pata*, pié de montaña o de cerro; algunos lugares conocidos de Bolivia y también del Ecuador.

COCHA-PATA. De *kocha*, laguna; y *patta*. Pueblo en la provincia de Azuay. "Cochapata, a Caravaya. Aldea. Cotabambas y Chumbivilcas. *Kocha pata*. Cumbre de la laguna". (San Martín, *Ibid.* 150).

CHUQUI-PATA. De *chuki*, lanza, danzante; y *patta*. Pueblo en Cañar. "Choquipata. Pueblo. Caravaya. Lugar o altura donde hay oro". (Sanmartí *ibid.* 182).

CHAGUAR-PATA. De *chahuar*, cabuya, agave; y *patta*. Un sitio en Bolívar.

CHAGUA-PATA. De *huacha*, huérfana, abandonada; y *patta*. Pueblo del Azuay.

GUAMAN-PATA. De *huamán*, gavilán, halcón; y *patta*. Un caserío en la provincia de Bolívar, limítrofe con la del Chimborazo.

TRIBUL-PATA. De *tribul*, corrupción de trébol; y *patta*. Un caserío en la provincia del Chimborazo.

UCHU-PATA. De *uchi* o *uchu*, ají; y *patta*. Así se llama un sitio en los suburbios de Cuenca, según el Dr. Jesús Arriaga.

ZARA-PATA. De *sara*, maíz, y *patta*. Nombre de un sitio en la provincia de Bolívar.

Me parece que la forma o escritura correcta es *Sarapatta*, de acuerdo con su etimología, análogamente a *Saurarco* y *Sarayacu*.

## 20. NOMBRES TERMINADOS EN PIRCA

(pared, muro, cerco)

Esta voz aymará y quichua del Cuzco, tiene el mismo significado en ambas lenguas, en las cuales se pronuncia *perka*.

CACHI-PIRCA. De *kachi*, sal; y *perka*. Un caserío a 2.549 metros de altura en la provincia de Loja.

INGA-PIRCA. De *inka*; y *perka*. Nombre de aquel palacio o fortaleza construida por los Incas, descritos por Humboldt y otros sabios. También se llama *Ingapirca* el lugar donde está situado dicho palacio, en la provincia de Cañar. Al frente de esta fortaleza está el INGA-CHUNGANA, o sea, el *Juego del Inca*.

## 21. NOMBRES TERMINADOS EN POGIO

(manantial, fuente)

CURI-POGIO. De *kori* o *kuri*, oro; y *pucyo*, manantial. Nombre de una quebrada en la Región Oriental.

CHUQUI-POGIO. De *chuki*, perico, lanza, mensajero, danzante, etc., y *pucyo*. Una hacienda en las faldas orientales del Chimborazo, a una altura de 3.604 metros. "*Choquepuguio*, aldea. Andahuailas. *Choquepukyo*. Manantial preciado". (P. Sanmartí. *ibid.* 181).

Así la voz *choke*, como *chuki*, son de origen aymará que han pasado a la lengua de los Incas.

POGIO. Caserío en la provincia de Azuay.

PUQUIO. Lugarejo al N. de Jaén, provincia de Loja; un río en la provincia de Cañar. También se dice *puquio* en el dialecto quichua de Ancash, Perú. Los campesinos mestizos del Ecuador pronuncian *poguio*. "*Puguio*. Distrito y capital de la provincia de Lucanas. - p. Huamalés. - a. Cajamarca. *Pucyu*, manantial". (Sanmartí. *ibid.* 274).

TAMBUC-POGYU. De *tambuc* o *tambu*, posada, alojamiento de campo, y *pogyu* o *pogyo*, fuente, pozo, surtidor.

## 22. NOMBRES TERMINADOS EN PUNGO o PONGO (puerta o entrada)

AYA-PUNGO. De *aya*, muerto; y *punko*, *ponko* o *pungu*. Montes al O. de la provincia del Chimborazo. *Aya-pungo*. Montes en la provincia de Azuay.

CALCIT-PUNGO. De *kálcit*... y *punku*. Nombre de un páramo o altura en la provincia de Chimborazo.

CARA-PUNGO. De *kara*, cuero, piel, pellejo; y *punku*. Un caserío al N. de la ciudad de Quito. "*Carapunco*, Lugarejo en Argentina". (Lizondo Borda. *ibid.* 87).

GUAMA-PUNGO. De *huama*, guadúa, bambú; y *punku*. Un río afluente del Rircay en la provincia de Azuay.

GUAICO-PUNGO. De *huaiku*, quebrada; y *punku*. Un sitio en la de Tungurahua.

GUAIRA-PUNGO. De *huaira*, viento; y *punko*. Un monte o cerro en la provincia de Pichincha; otro en la de Bolívar; laguna en la de Azuay y monte en la de Cañar.

ISHPAY-PUNGO. De *ishpana* o *ihspay*, orinar; y *punku*. Nombre de un lugarejo en la región alta de la provincia de El Oro.

LIMPIO-PUNGO. Voz híbrida del español limpio; y del quichua *punku*. Un monte al N. del Cotopaxi.

MULLI-PUNGO. De *mulli*, molle; y *punku*. Cordillera al N. del Cotopaxi, y Cerros, y río en la provincia de Azuay. "*Molle-punco*. Sitio en Argentina". (L. Borda. 237).

NAGSAN-PUNGO. De *nacsan*...; y *punku*. Un cerro en Chimborazo.

PIÑAN-PUNGO. De *piñán*, un arbusto de los páramos; y *punku*. Nombre de un sitio en la provincia de Bolívar, y de un río en la misma.

PUNGO. De *punko*, puerta, entrada. Nombre de una hacienda situada en la famosa cuesta del camino colonial que iba de Guaranda a las ciudades norteñas.

En el quichua cuzqueño hay la voz *pponko* y significa atolladero. Creo que el nombre de nuestro *Pongo* se deriva de esta raíz quichua.

POMA-PUNGO. De *puma*, león; y *punku*. "Un sitio en la ciudad de Cuenca, a orillas del Tomebamba". (Jesús Arriaga. *Apuntes de Arqueología Cañar*).

PUCHI-PUNGO. De *puchu*, sobra, resto, residuo; y *punku*. Nombre de una cascada en el monte Sincholagua, provincia de Pichincha.

QUILLU-PUNGO. De *kellu* o *killu*, amarillo; y *punku*. Nombre de un sitio cercano de la ciudad de Guaranda.

RUMI-PUNGO. De *rumi*, piedra; y *punku*. Nombre de un sitio en el Quilindaña; y otro en el Chimborazo. *Rumipunco*. Pueblo en Argentina, según Lizondo Borda (obra citada, 303).

SUPAY-PUNGO. De *supay*, diablo; y *punku*. Nombre de una hacienda en la provincia del Guayas.

UCHI-RUMI-PUNGO. Nombre compuesto de tres raíces quichuas; *uchi*, pequeño; *rumi*, piedra; y *punku*. *Pequeña puerta de piedra*. Nombre de otra quebrada en el monte Quilindaña.

YUNGA-PUNGU. De *yunga*, tierra abrigada, y *pungu*, entrada, puerta; entrada a tierra caliente o abrigada.

23. NOMBRES TERMINADOS EN QUIRU o QUIRO (diente, dentadura)

ALLCU-QUIRU. De *Allcu*, perro, y *quiru*, diente; diente de perro; algunos cerros de la cordillera parecen en conjunto una dentadura, que los antiguos llamaban allcu-quiru, como por ejemplo al Cerro de Puntas al Oriente de la hoya de Quito.

PLATUQUIRU, es el nombre de un árbol de montaña, principalmente de la Cordillera Oriental, cuya madera es muy apreciada en mueblería.

YANA-QUIRO o Yanaquero, de *yana*, negro, oscuro, y *quiru*, diente o dentadura; dientes o dentadura negra, como la de los indios jíbaros de la Amazonía, pintados con los frutos de *Genipa caruto* o "huito".

24. NOMBRES TERMINADOS EN RAZU o RAZO (nieve)

CARI-HUAI-RAZO. De *kari*, varón, macho; de *huaira*, viento; y *razu* o *razo*. Nombre de la montaña vecina al Chimborazo. Mide 5.106 metros de altura.

CONDO-RAZO. Generalmente, se le da el nombre de *Condorazo*, corrupción de *Condorazo*, palabra que se descompone así: *kúntur*, cóndor y *razu*, nieve. *Nieve del cóndor*. Este es el nombre de unos montes o cerros en la provincia de Chimborazo. La prolongación de dichos montes se llama *Cordillera de Huamboya*.

CHIMBO-RAZO. De *chimpu* o *chimbo*, nombre antiguo de la región habitada por los Chimbus, la cual forma hoy la provincia de Bolívar; y *razu* o *razo*, nieve. "*Chimborazo, cerro nevado del Chimbo*". (P. Juan de Paz Maldonado. Citado por el Dr. Juan Félix Proaño en su estudio. *La Virgen del Chimborazo*).

Según Cieza de León, los indios puruháes lo llamaban *Urculazo*, corrupción de *Urcu-razu*, o sea, *monte o cerro de nieve*. Esta montaña gigante mide 6.310 metros sobre el nivel del mar.

25. NOMBRES TERMINADOS EN RUMI (piedra, roca)

Es conveniente advertir que en el aymará, la piedra se llama: *ckala*, y que *kala*, en colorado, significa *plata*.

GUARUNU-RUMI. De *huarumu*, un árbol de la zona tropical; y *rumi*. Así se llama un sitio o lugarejo en la provincia del Tungurahua.

GALLO-RUMI. Voz híbrida del español gallo; y del quichua *rumi*. Un sitio en el camino de Guaranda o Riobamba.

PALCA-RUMI. De *palka* o *palka*, ángulo, horqueta, bifurcación, cruce de dos caminos, etc.; y *rumi*. Un monte o cerro en la provincia de Cañara.

En el quichua antiguo es muy corriente la voz *palka*, con las acepciones arriba anotadas.

PUCA-RUMI. De *puka*, rojo, colorado; y *rumi*. Una meseta en la provincia del Tungurahua.

TUSHPA-RUMI. De *tushpa* o *tullpa*, piedra de fogón; y *rumi*. Quebrada en las faldas del Chimborazo.

YANA-RUMI. De *yana*, negro; y *rumi*. Un cerro en la provincia de Cotopaxi. Un peñasco en el monte Igualata en la de Tungurahua.

26. NOMBRES TERMINADOS EN TAMBO (albergue, posada)

CAJA-TAMBO. De *kaxa* o *ckasa*, helado, heladizo, muy frío; y *tampu*. Nombre de un cerro de 2.803 metros, y de un caserío en la de Loja. "*Caja-tambo*. Provincia del departamento de Ancahs. Distrito y capital de provincia. *Kasa - tampu*. Posada fría". (Sanmartí - ibid. 135).

COJI-YAMBO. Según un historiador español, la palabra *cojibambo* significa: "Asiento de holgura y descanso". El Dr. Arriaga en su estudio *Apuntes de Arqueología cañar*, en la nota 44, copia los párrafos del autor de *Relaciones Geográficas*, al cual pertenecen estas líneas: "Y hacia la parte occidental está otro cerro media legua desde dicho pueblo que se llama *Coxitambo*, que quiere decir *asiento de holgura y descanso*". Cojitambo es el nombre de un cerro y un caserío en la provincia de Cañar.

CHILCA-TAMBO. De *chilka*, una planta; y *tampu*. Nombre de un sitio en la provincia de Bolívar. La "chilca" pertenece al género *Baccharis* que comprende varias especies andinas.

PACCHA-TAMBO. De *paccha*, cascada, chorrera; y *tampu*. Nombre de un sitio en la provincia de Cañar.

TAMBO. De *tampu*. Un pueblo en la misma provincia.

UCSHA-TAMBO. De *ucsha*, paja de los páramos; y *tampu*. Caserío en la provincia de Chimborazo.

27. NOMBRES TERMINADOS EN TURU (lodo, barro, fango).

GUALLE-TURO. De *hualhu*, cántaro de barro; y *туру*. Nombre de un cerro y de un pueblo en la provincia de Cañar.

MOLLE-TURO. De *mulli*, molle, un árbol; y *туру*. Nombre de un cerro de 2.557 metros de altura; y de un pueblo en la provincia de Azuay.

QUILLO-TURU. De *kellu* o *killo*, amarillo; y *туру*. Un sitio en la provincia de Pichincha; y otro en la de Cañar.

28. NOMBRES TERMINADOS EN UGU (interior, hondo, aposento, etc.)

CHACA-UCU. De *chaka*; y *ucju*. Un barranco en la provincia de Tungurahua.

**GUAGUA-UCU.** De *Guagua*, niño, pequeño y *uku*, hueco, interior, aposento; pequeña hoquedad en diferentes lugares de la Región Interandina, pero el vocablo compuesto es más usado en las provincias centrales.

**PUMA-UCU.** De *puma* o *poma*, león; y *ucju*. Un río afluente del *Alaques* en la provincia del Coto-paxi.

**RUMI-UCU.** De *rumi*, piedra; y *ucju*. Hondonada en la misma provincia.

## 29. NOMBRES TERMINADOS EN *UMA* (cabeza)

**GUAGRA-UMA.** De *huac-ra*, buey, res, cuerno; y *uma*. Nombre de unos montes que forman el nudo de Guagrauma, en la provincia de Loja. Aquí, como se dijo antes, la palabra *huac-ra* tiene la diferencia semántica siguiente: en el Perú, esta voz significa, solamente, *cuerno*, mientras que entre nosotros significa además, buey, res.

**GUAGUA-UMA.** De *huahua*, niño, pequeño, y *uma*. Nombre de un cerro y de un sitio en la provincia de Azuay. *Uma*, en aymará, es agua.

## 30. NOMBRES TERMINADOS EN *URCU* (cerro, monte)

**ALLCU-URCO.** De *allku* o *ashku*, perro; y *orko*, *urko*. Un sitio en la Región Oriental.

**BALSA-URCU.** De *balsa* un árbol; y *orko*. Cerro del Oriente.

**CAJAS-URCU.** De *cajas*, altura, y *urcu*, cerro; para significar las partes altas de a lo largo de la cordillera.

**CAPAC-URCU.** De *kápac*, magnífico, soberano, grande; y *orko*. Antiguo nombre del *Altar*, denominado también *Collanes*, voz derivada del aymará *kollana*, que significa magnífico, sublime. Esta montaña bella, según Wolf, tiene en su picacho más alto, una altura de 5.404 metros sobre el nivel del mar.

**CAPULI-URCU.** De *kapulí*, árbol de madera incorruptible, cuyo fruto es semejante al guindo; y *orko*. Un monte o cerro en la provincia de Bolívar.

**CASHA-URCU.** *Kasha*, espino, zarza; y *orko*. Monte de la provincia de Tungurahua.

**COCHA-URCU.** De *cocha*, laguna, y *urcu*, cerro; laguna del cerro.

**COTO-URCU.** De *koto*, montón, y *orko*. Cerro de la provincia de Pichincha. *Koto* es de voz de origen aymará.

**CULA-URCU.** Creo que este nombre es híbrido del aymará *ckula*, que significa *terrón*; y el quichua *orko*. *Culaurcu* es una cordillera de la región oriental, según Villavicencio. El cayapa-colorado tiene la voz *kule*, canoa.

**CHAGUAR-URCU.** De *chakuar*, cabuya, agave; y *orko*. Pueblo y cerro en la provincia de Azuay.

**CHILI-URCU.** De *chili*, nombre de una palma; y *orko*. Cerro del oriente; cerro con muchas palmeras, como a la entrada por el Pastaza a Mera.

**CHILLA-URCU.** Más conocida con el nombre de *Chilla*, procede de *chilla* (voz araucana), zorro, raposa, y *orko*. Nombre de una cordillera en la provincia de El Oro.

**CHIRI-URCU.** De *chiri*, frío, y *urcu* u *orko*, cerro; muchos lugares de las cordilleras, y cuanto más alto el lugar, más frío.

**CHONTA-URCU.** De *chunta*, estipe o tronco de helechos arbóreos y de palmeras de la selva, y *urcu*, cerro; cerro o lugar en colina poblado de palmeras.

**CHURO-URCU.** De *churu*, caracol de tierra, grande o pequeño, y *urcu* o *orko*, cerro; la traducción literal es cerro de los caracoles o churos, pero en realidad los "churos" existen en los cerros xerofílicos como en Chota y Guayllabamba, laderas y arenas de Ambato, Pelileo, etc.

**GUAGRA-URCU.** De *huac-ra*, buey, res, cuerno; y *orko*. Nombre de una cordillera en la región oriental.

**GUAICO-URCU.** De *huaiku*, quebrada, cañada; y *orko*. Cerros o montes en la provincia de Coto-paxi.

**GUAIRA-URCU.** De *huaira*, aire, viento y *orko*. Cerro de la provincia de Loja.

**HATUN-URCU.** De *hatun* o *jatun*, grande; y *orko*. Un cerro en la cordillera del Sangay, provincia del Chimborazo.

**HUACAMAYO-URCU.** De *huacagmayu*, ave vistosa de la selva, y *urcu*, cerro; Cerro de los Guacamayos y cordillera de Huacamayo, en la Región Oriental o Amazónica.

**HUAGRA-URCU.** De *guagra*, res o buey, y *urcu*, cerro; cerro o páramo del ganado vacuno. Con este nombre compuesto se designan a varios lugares de las cordilleras de la Región andina del Ecuador.

**HUAIRA-URCU.** De *huayra*, viento, y *urcu*, cerro. Con esta palabra compuesta se llama o denomina a muchos sectores de las cordilleras del Ecuador y los otros países andinos: cerro de vientos o cerro ventoso.

**HUANAY-URCU.** De *Huanay*, escarmentar, y *urcu*, cerro; cerro de escarmientos, cerro de dificultades. Esta palabra compuesta se oye frecuentemente en los lugares paramales de Azuay y Cañar, al sur del Ecuador.

**INGA-URCU.** De *inka*, título de los reyes peruanos; y *urcu*; sector bajo del norte, ciudad de Ambato, el que visto de atocha, parece un cerrito.

**JAGUAR-URCU.** De *jaguar* o *yaguar*, felino de la selva y *urcu*, cerro; cerro o colina de los jaguares y tigres de la jungla. Este nombre compuesto se oye solamente en la Región Oriental o Amazónica.

**LIBRO-URCU.** Libro es palabra castellana, y *urcu* u *orko*, cerro; esta designación o palabra com-

puesta es utilizada por los indígenas para designar a las formaciones geomorfológicas que presentan perfiles horizontales, que aparenta una librería o láminas horizontales; por esta característica un sector de la abra del río Patate, al lado derecho presenta este aspecto, sector que se conoce como "la librería".

**MORETE URCU.** De *Moreta*, apellido de persona y *urcu*; cerro de los Moreta; un sector de la cordillera oriental, frente a la Patate.

**MURU-URCU.** De *murú*, mancha, grano; y *orko*. Un cerro en la provincia de Cotopaxi.

**MUYUN-URCU.** De *muyú*, semilla, fruto, esfera, círculo; y *orko*. Una hacienda en la provincia de Pichincha.

**NUÑU-URCU.** De "nuño o ñuñu, teta, mamar, leche, según los casos". (Garcilaso de la Vega); y *orko*. Nombre de un cerro en la provincia del Chimborazo, y de otros sectores de la Región Interandina.

**PACAY-URCU.** De *pakay*, huabas; y *orko*. Un sitio en las mismas de Zaruma, provincia de El Oro; pero más común es encontrar las topo-fitonimias con el nombre de PACAYPAMBA, llano de las guabas.

**PALU-URCU.** De *palu*, lagartija, y *urcu*; Cerro de las lagartijas; pero también se menciona en algunos lugares arenosos y secos, como entre Sigsipamba y Salasaca de la Provincia de Tungurahua, la topo-zoonimia de Palupamba.

**PALTA-URCU.** De *palta*, el árbol del aguacate, y *urcu* u *horko*; Cerro de los aguacatales, así como *paltapamba*, llano de los aguacates, en varios sectores de los valles abrigados, pero con suficiente humedad, de la Región Interandina, del Chota a Loja.

**PAPA-URCU.** De *papa* y *urcu*; cerro de las papas; topo-fitonimia común en las tierras andinas del Ecuador Central, desde Carchi a la provincia de Azuay.

**PASU-URCU.** De *pasu*, viudo, y *urcu* u *orko*; cerro del viudo, un punto o lugar en la cordillera oriental de Azuay, y cerca de El Pan; nombre de lugar dado por los nativos, por algún recuerdo familiar.

**PILIS-URCU.** De *pilis*, piojos; y *orko*. Cerro de los piojos llaman también al monte *Sagoatoa*, al N.O. de Ambato. La palabra *Sagoatoa* es de origen *tacunga* o *pansaleo*, según Jijón Caamaño. El cerro está siempre verde.

**PINDUC-URCU.** De *pindu* o *pindo*, una caña delgada, junco; y *orko*. Un cerro en la región oriental. El *pindug* es una especie de carrizo o bambú.

**PISCO-URCU.** De *pisko* o *pishko*, pájaro; y *orko*. Nombre de un cerro al S.O. de la provincia de Bolívar. Generalmente, pronuncian *Pishcurco*. En el Perú (Sanmartí) hay *Pishcuyacu* y *Piscopampa*.

**PUCA-URCU.** De *puka*, rojo, colorado; y *orko*. Un monte al S. del Sangay en la provincia del Chimborazo; otro en la región del Napo.

**SARA-URCU.** De *sara*, maíz; y *orko*. Nombre de un volcán en la provincia de Pichincha, al cual denominan también *Supay-urcu*. Tiene 4.725 metros de altura.

**SAGRA-URCU.** De *sacgra*, áspero, escabroso; y *orko*. Un monte al S. del volcán Sangay. En el quichua boliviano *sajra* es *malo-mala*.

**SUPAY-URCU.** De *supay*, diablo; y *orko*. Otro nombre del *Saurucu*.

**UMU-URCU.** De *uma*, cabeza; y *orko*. Monte de la región oriental.

**URPI-URCU.** De *urpi*, paloma silvestre o tórtola, y *urcu* u *horko*, cerro; Cerro de las tórtolas, aves que se propagan durante las cosechas de los cereales y granos, principalmente la arveja. En las pampas arenosas de Huachi, Tungurahua, se conocen varios *urpipambas*.

**YANU-URCU.** De *yana*, negro; y *orko*. Nombre de un monte en la provincia de Imbabura, de 4.272 metros de altura. En la provincia de Bolívar hay dos montes o cerros con el nombre de *Yanaurcu*, el uno al NE y al S. el otro. También un monte en la provincia del Azuay. "*Yanaorco* p. Castilla. *Yanaorco*. Cerro negro". (P. Sanmartí, *ibid.* 327).

### 31 NOMBRES TERMINADOS EN YACU (agua, río)

En el Ecuador, como en las provincias peruanas de Junín y Aucachs, y en la Argentina, la palabra *yaku* significa río, agua, según los casos. Cuando se quiere expresar la idea de río, es necesario anteponerle otro nombre que lo califica, por ejemplo: *yana-yacu*, río negro; *chiri-yacu*, río de agua fría, o agua fría, simplemente. En el Ecuador las toponimias con YACU, son muchísimas.

En el quichua del Cuzco hay la palabra *unu* para designar el agua, y *mayu*, para río, aquí se han perdido las dos palabras; pues, sólo tenemos el nombre *Catamayo*, río de la provincia de Loja. Antes de 1916, teníamos el *Putumayo* en el Oriente. Las toponimias con la terminación YACU, más conocidas, son:

**AICHU-YACU.** De *aicha*, carne; y *yacu*. Un río en la región oriental del Ecuador. Aicha es voz aymarí, y quichua del Cuzco.

**ALLPA-YACU.** De *allpa* o *ashpa*, tierra; y *yacu*. Río afluente del Pastaza en la misma Región.

En algunos pueblos argentinos, según Lizonda Borda, pronuncian *ashpa*, como en casi todas las provincias ecuatorianas.

**AMBI-YACU.** Yo creía que este nombre era voz híbrida de cayapa-colorado y quichua; pues, la voz *ambi* corresponde a muchos nombres de la primera; pero en el interesante libro de Sanmartí he hallado, también, el nombre de *Ambiyacu*, cuya procedencia es quichua: "*Ambiyacu*. Aldea, Bajo Amazonas.

*Hamppiyacu*. Agua medicinal". (Ibid. 116).

De aquí se deduce que la raíz quichua *hamppi* significa medicinal, en el Perú. *Ambiyacu* es el nombre de un río afluente del Amazonas, que hoy sirve de límite entre el Ecuador y Colombia, según el tratado de 1916. También hay otro río con este mismo nombre, afluente del *Chota*, en la provincia de Imbabura.

ANCHA-YACU. De *ancha*, mucho, demasiado; y *yaku*. Río afluente del *Cayapas*, entre las provincias de Imbabura y Pichincha.

AÑANGO-YACU. De *Añangu*, variedad de hormiga que vive cerca del agua o en la superficie, pero con facilidad para entrar o salir; esta zootoponimia es usada en varios lugares de la Región Oriental o Amazonía.

BALSA-YACU. De *balsa*, un árbol; y *yaku*. Río afluente del Paute en la provincia del Azuay.

CACHA-YACU. De *kacha*, mensajero, enviado; y *yaku*; río afluente del Naranjal en la misma provincia.

CACHI-YACU. De *kachi*, sal; y *yaku*. Río salado, o agua salada, según los casos. Un río en la provincia de Imbabura; otro en la de Loja.

"*Cachiyaco*. Lugarejo en Argentina". (Lizondo Borda. *Voces tucumanas*)

CALLANA-YACU. De *kallana*, tiesto, cazuela rota; y *yaku*. Río afluente del Chimbo en la provincia de Bolívar.

CANCHA-YACU. De *kancha*, patio, corral; y *yaku*. Río afluente del *Mira* en la provincia de Esmeraldas.

CARI-YACU. De *kari*, varón, macho; y *yaku*. Río afluente del *Ambi* en la provincia de Imbabura.

CASHA-YACU. De *kasha*, espina, zarza; y *yaku*. Un río de la región oriental.

CAVINA-YACU. Seguramente, corrupción de *kapina*, *kapini*, restregar, exprimir, ordeñar; y *yaku*. Nombre de un río afluente del *Aguarico* en la misma región oriental.

COCHA-YACU. Ambas palabras significan agua: *cocha*, laguna y *yacu*, simplemente agua; al decir laguna, se supone que es con agua, y por esto es una redundancia quichua al hablar de laguna de agua. Sin embargo, en varios sectores de las cordilleras se habla de muchas *yacucochas*.

COTO-YACU. De *koto* (voz aymará y quichua), montón, bocio, papera; y *yacu*. Río afluente del *Chinchipe* en la provincia de Loja, y en Bolívar.

CUNUC-YACU. De *kúnuc*, caliente; y *yacu*. Fuentes de aguas termales en la provincia de Pichincha; y de las otras provincias interandinas.

CURI-YACU. De *kori* o *kuri*, oro; y *yaku*. Río afluente del *Tahuando* en la provincia de Imbabura; otro afluente del *Napo* en el Oriente. También es otro de los nombres del *Punguyacu*, en la provincia de Bolívar.

CUSHNI-CUSHNIYACU, De *cushni* o *cusni*, grisáceo o ahumado; corriente de agua de color ceniciento o ahumado.

CHACA-YACU. De *chaka*, puente; y *yaku*. Río al occidente de la provincia del Azuay, y de otros lugares de la región tropical y andina.

CHALGUA-YACU. De *challgua*, pescado; y *yaku*. Río afluente del *Chimbo* en la provincia de Bolívar, y un lugar llamado Chalguyacu, entre las faldas suroccidentales del Nudo de Mojanda y el río Guayllabamba.

CHAMBIRA-YACU. De *chambira*, una especie de palma espinosa del género *Euterpe* u otro afín, cuyas hojas son utilizadas para hacer hamacas y las famosas "shigras" de los indios orientales, y *yacu*, agua, río; la palabra compuesta significa literalmente: palmera del río.

CHAQUI-YACU. De *chaki*, pies, y *yaku*. Nombre de una quebrada y arroyuelo en la provincia del Chimborazo; también hay una toponimia parecida, CHARQUI-YACU, pero de diferente significado, carne hecha sesina al agua.

CHAUPI-YACU. De *chaupi*, medio, mitad, centro; y *yaku*. Una hacienda y un río al S. de la provincia de Bolívar.

CHIMBA-YACU. De *chimpa* o *chimba*, en frente, al otro lado; y *yaku*. Un río en la Región Oriental o Amazonía.

CHIRI-YACU. De *chiri*, frío, y *yaku*. Nombre de un sitio en la provincia de Pichincha, cercano a Quito, que por corrupción se pronuncia Chiriaco; un río afluente del Chimbo en la de Bolívar; y otro, afluente del *Macará*, en la de Loja, y en otros sectores de la Región Interandina.

En Argentina, según Lizondo Borda, hay el nombre de YACU-CHIRI, voz de estructura distinta a la nuestra, pero de igual valor semántico.

CHITO-YACU. De *chito*, cabra, chivo; y *yaku*. Río afluente de *Chinchipe* en la provincia de Loja.

CHONTA-YACU. De *chonta*, estipe de palma o helecho arbóreo, y *Yacu*, agua; para expresar que esas plantas arbóreas crecen cerca del agua.

CHUYA-YACU. De *chuya*, limpio, claro, y *yacu*; agua clara o limpia.

DANTA-YACU. Danta es la traducción de *sachaguagra* o ganado de la selva y montañas, y *yacu*, agua; animal grande de las proximidades del agua, y que en realidad así vive la danta.

GUACHI-YACU. También se escribe *Huachiyacu*. Es palabra bígrafa. De *huachi*, flecha, saeta; y *yaku*. Río afluente del Morona en el Oriente. *Huachi*, en lengua jíbara, significa *carrizo*.

GUAGRA-YACU. De *guagra*, buey o res; y *yaku*. Un río en la región oriental, pero también se refiere a la danta o *danta-yacu*.

GUASCA-YACU. De *guasca*, sogá, cordel, y *yacu*; bejuco o cuerda de alguna trepadora que vive cerca del agua, laguna, acequia o río. Con la misma

palabra *guasca* se denomina la *sacha-guasca* o cordel de la selva.

**HUAICU-YACU.** De *huaycu* o *guaycu*, quebrada, y *yacu*; quebrada que corre agua, y en este sentido existen muchos *guaycu-yacus* en la Región Interandina del Ecuador, en Perú y Bolivia.

**HUAGUA-YACU.** De *guagua* o *huahua*, niño, infante; y *yacu*; para referirse a una criatura llorona.

**HUAMA-YACU.** De *guama* o *huama*, especie de carrizo o bambú de la Ceja Andina y el trópico, y *yacu*; su traducción sería caña, carrizo o bambú que vive cerca del agua.

**HUARMI-YACU.** De *huarmi*, mujer, hembra; y *yaku*. Río en la provincia de Imbabura.

**JAGUA-YACU.** De *jagua* o *jahua*, arriba, y *yacu*; arriba del agua, o lugares que están sobre alguna corriente de agua; esta toponimia es usada o conocida en la selva oriental o amazónica.

**JATUN-YACU.** De *hatun* o *jatun*, grande; y *yaku*. Río afluente del *Blanco* en las partes bajas del descenso al Oriente o a la Región Occidental.

**JATUN-CHALPI-YACU.** La traducción de esta palabra compuesta es difícil, por *chalpi* que no se ha logrado encontrar en los diccionarios de la lengua inga o quicha, pero existen palabras afines en escritura, como *chilpi* que significa partido o fragmentado de hoja o fibra, y *chaupi* que significa mitad o parte de un todo.

**HUARMI-APAC-YACU.** De *huarmi* o *guarmi*, mujer, hembra; *apac* o simplemente *apa*, abuela, y *yacu*; pero la traducción es difícil; literalmente sería la abuela del agua.

**LLUSCA-YACU.** De *lluska* o *lhuska*, resbaloso, enlucido; y *yaku*. Río en la Región Oriental.

**MAYLLNA-YACU.** De *Maillana*, lavar cualquier cosa, menos ropa, y *yacu*; para significar un río o fuente para bañar o lavar cosas del monte o de la selva.

**MANDURO-YACU.** De *manduro*, el achiote o *Bixa orellana*, y *yacu*; para indicar plantas de achiote que viven cerca de alguna corriente de agua. Esta palabra compuesta es usada en la Región Oriental o Amazónica.

**MAPA-YACU.** De *mapa*, sucio o desecho, y *yacu*; pero en el Oriente Ecuatoriano la palabra *mapa* significa cera de las abejas silvestres, materia utilizada en la impermeabilización de las canoas de los ríos.

**MANGA-YACU.** De *manka*, olla; y *yaku*. Otro río afluente del Pastaza.

**MAUCA-YACU.** De *mauka*, cosa vieja; y *yaku*. Otro río afluente del Pastaza en el Oriente ecuatoriano.

**NINA-YACU.** De *nina*, fuego, candela; y *yaku*. Río afluente del *Blanco* en la provincia de Pichincha.

**PACA-YACU.** De *pako*, ganado menor; y *yaku*. O, también, de *pacca*, que en jibaró significa llanu-

ra, planicie. Nombre de un pueblo y de un río en la región oriental del Ecuador, pero allí no existe ningún camélido.

**PACAY-YACU.** De *pacay* o *pacai*, el árbol de guabo del género *Inga*, y *yacu*; para significar guabo o guabos cercanos a algún río o corriente de agua; palabra compuesta utilizada en algunos sectores de la Región Oriental.

**PACCHA-YACU.** De *paccha* o *pagcha*, cascada, chorrera, y *yacu*; con este calificativo compuesto se designan a varias caídas de agua en la Región Interandina y en particular hacia la cordillera Oriental.

**PALANDA-YACU.** De *palanda*, plátano, guineo, y *yaku*. Río afluente del *Chinchipe*, provincia de Loja.

**PAPA-YACU.** De *papa*, patata; y *yaku*. Nombre de una laguna a poca distancia del Marañón, en la Región Oriental. Su traducción literal sería "papa de agua".

**PARCA-YACU.** De *pallka*, reunión, confluencia de dos ríos, bifurcación; y *yaku*. Un arroyo en el monte Pasochoa, provincia de Pichincha. También puede proceder la voz *parca* de *parkuy*, riego, acequia. Los *parcayacus* del Ecuador son varios.

**PAUXI-YACU.** De *pauxí* o *paují*, un ave de la Región Oriental; y *yaku*. E. *Pauxiyaku* es un río afluente del *Payamino*, en el Oriente, según Villavicencio. En aymará hay la voz *phajsi*, que significa luna.

**PINDO-YACU.** De *pindug*, especie de caña o bambú de la Ceja Andina, y *yacu*; su traducción sería cañal o bambu que crece cerca de alguna corriente de agua. Este topónimo existe cerca de Puyo, Prov. Napo.

**PUCA-YACU.** De *puka*, rojo, colorado; y *yaku*. Río de la provincia de Chimborazo; otro en la de Tungurahua y en otros sectores de la Región Interandina del Ecuador.

**PUMA-YACU.** De *puma*, león o leopardo americano (*Felis concolor* L.), y *yacu*, agua; su traducción sería leopardo que vive cercano al agua. Pero como topónimo, este lugar existe en varios lugares de la Región Oriental o Amazónica.

**PUNGU-YACU.** De *punku*, puerta, entrada; y *yaku*. Un río en la provincia de Imbabura; otro, afluente del *Gradas*, en la de Bolívar, y otro en la de Azuay. Al *Punguyacu* de la provincia de Bolívar, se le da también el nombre de *Curiyacu*. Río de oro.

**QUILLUC-YACU.** De *quilluc*, color amarillo y *yaku*. Río afluente del Pastaza en el Oriente.

**RASU-YACU.** De *rasu* o *razu*, nieve; y *yaku*. Río afluente del *Pumacunchi*, en la provincia de Cotopaxi; pero este topónimo existe en otros lugares.

**SANI-YACU.** De *sani*, morado; y *yaku*. Río afluente del *Napo* en la Región Oriental. Generalmente escriben *Zaniyacu*, aunque nadie pronuncia la z.

**SARA-YUCU.** De *sara*, maíz; y *yaku*. Un pueblo de indios, y un río afluente del *Bobonaza*, en la región Oriental.

**SUERO-YACU.** Voz híbrida del español *suero*, y del quichua *yaku*. Una loma de 3.800 metros cerca del pueblo de Pilahuín, en la provincia de Tungurahua. Seguramente allí debe existir algún arroyo con el nombre de *suero-yaku*.

**SUPAY-YACU.** De *supay*, demonio, sombra, y *yacu*; diablo o satanás del agua, río o lago. Este topónimo existe en la Región Oriental o Amazónica, cerca de Tena, provincia de Napo.

**SHIRI-YACU.** De *shiri*, título de los antiguos reyes quiteños; y *yaku*. Río afluente del Naranjal en la provincia del Azuay.

**TAMBO-YACU.** De *tampu*, posada, albergue, y *yaku*. Un río en la provincia de Cotopaxi.

**TASQUI-YACU.** Me parece que este nombre es híbrido del cañari *taski*, que según Cordero Palacios, significa: "hueco cavado por las aguas de un torrente"; y *yaku*. El P. Grim afirma que la voz *tasqui* la usan, como quichua, los indios de la región del *Napo*, con el significado de *muchacha*, *El Tasqui-yacu* es un río de la provincia del Azuay.

**TURU-YACU.** De *туру*, lodo, barro, y *yacu*, agua; su traducción literal sería agua lodosa; este topónimo es frecuente en el Ecuador Central o interandino.

**TUTAPISHCO-YACU.** De *tuta*, noche, obscuridad, *pischcu*, pájaro, y *yacu*, agua. Su traducción sería pájaro de la obscuridad y del agua; pero *tutapishcu* es murciélago. El topónimo es interandino y oriental.

**TUTURA-YACU.** De *tutura*, planta ciperácea de los pantanos (*Scyrcpus totora* o afín) cuyos tallohojas son utilizados para esteras y canastos. El topónimo es frecuente en algunos lugares de la Sierra.

**UCHU-YACU.** De *uchu*, ají, y *yacu*; topónimo del Oriente Amazónico.

**UMA-YACU.** De *uma*, cabeza; y *yaku*. Río afluente del Napo.

**UPIA-YACU.** De *upiana*, beber; y *yaku*. Un río de la Región Oriental.

**URCU-SIGUI-YACU.** Topónimo compuesto de *urcu*, cerro; *siqui*, nalga, parte trasera y *yacu*. Topónimo de la provincia de Bolívar.

**VERDE-YACU.** Palabra mixta: verde, color, y *yacu*, agua; sería agua verde o verdosa; el Río verde que entra al Pastaza por el lado izquierdo, también es conocido por los indígenas como VERDEYACU.

**YANA-YACU.** De *yana*, negro; y *yaku*. Nombre de un río en la provincia de Pichincha, otro en la de Tungurahua, también de una hacienda; fuentes de aguas termales en la de Imbabura; y un río en la de Chimborazo. En el Perú hay varias aldeas con el nombre de *Yana-yaku*. (Cf. Sanmartí. Los pueblos del Perú. 328).

**YARU-YACU.** De *yaruc*, cantor; y *yaku*. Río al N. de Jaén, provincia de Loja.

**YURAC-YACU.** De *yúrac*, blanco; y *yaku*. Hay dos ríos con este nombre en nuestra Región Oriental: el uno afluente del Coca, y el otro, del Pastaza; también, otro río afluente del Chimbo en la provincia de Bolívar. También en el río Esmeraldas entra el Río Blanco, y en otras provincias.

Como se observará, las toponimias terminadas en *yacu* son muchísimas, y los antiguos indígenas las utilizaron para designar a toda cosa y topografía por donde corre o pasa agua, de tal manera que las palabras compuestas a base de *yacu*, *urcu*, *pamba*, *inga*, *inti*, etc. que significan agua, cerro o monte, llanura, raza, inca, sol, respectivamente, constituyen las toponimias más conocidas o populares en quichua.

## 32. MISCELANEA DE TOPONIMIAS QUICHUAS

**ACHIRA.** *Achira* es nombre de una planta cuya raíz harinosa y dulce es comestible. Un caserío y un río afluente del *Chinchi* en la provincia de Loja.

**ACHUPALLAS.** De *Achupalla*, nombre de una especie de penca muy abundante en la cordillera de los Andes. Con este nombre hay un pueblo en la provincia de Chimborazo; y de unos cerros en la provincia de Pichincha. La voz *Achupalla* es aymará; lengua en la cual significa *piña*. El nombre científico de la achupalla es el de *Pouretia pyramidata*.

**ALLCU-CHACA.** De *allcu* o *ashcu*, perro, y *chaca*, puente; puente del perro, para indicar pasos de montaña muy estrechos.

**ALLCU-CHUPA.** de *allcu* o *ashcu*, perro, can, y *chupa*, rabo, cola; para expresar algún lugar en curva como cola. Hay algunos lugares con este nombre en el sur del Ecuador: en Chimborazo, Cañar y Azuay.

**ALLPA-CHACA.** De *allpa*, tierra, país, terruño, y *chaca*, puente; su traducción sería "puente de tierra" o puente del terruño.

**ALLCO-QUIRO.** De *allku* o *ashku*, perro, y *kiru*, diente. Nombre de unos montes en la provincia de Azuay, y también del Cerro de Puntas de la Cordillera Oriental de Quito.

**ALLPA-RUPASHCA.** De *allpa* o *ashpa*, tierra; y *rupashka*, quemada. Nombre de los montes y cerros quemados de sus pajonales y chaparros.

**AMI.** De *ami*, tocayo. Un río que nace en las faldas del Cotopaxi.

**ANGAS.** De *ankas*, o *angas*, azul. Nombre de una laguna en Imbabura; de un sitio en la de Bolívar; y de un río, afluente del Balao en la de Azuay.

**ANGA-JACA.** El nombre correcto en el quichua cuzqueño sería: *Ankakaka*, que procede de: *anka*, halcón, y *kaka*, peña, esto es, *peña de los halcones*. *Angajaca* es el nombre de unos riscos o peñascos que se encuentran en el camino carretero que va de

la ciudad de Guaranda o la de Riobamba; y por extensión, se llama también, *Angajaca* al antiguo camino de herradura que cruzaba por dicho lugar.

ANGAS-QUINGRAY. De *anga*, gavilán, y *quingray*, ladera, travesía; ladera o travesía del gavilán. Hay un topónimo con este nombre en la cordillera Occidental de Pujif, Prov. Cotopaxi.

ANGO-CHAGUA. De *anku*, vena, beta, nerbio; y *chahua*, crudo. Una cordillera en la provincia de Imbabura, y un pueblo en la misma provincia.

ATAHUALPA. Andropónimo del Inca descendiente de Huaynacapac; algunos le llaman Atavaliva y nació en Quito; fue el rey heredero para gobernar el Reyno de Quito. Con este nombre existen algunas parroquias y un cantón en el sur del Ecuador.

AUQUI-CHAQUI. De *Auki*, salvaje, enemigo; y *chaki*, pie. Río en el Marañón. (*Auqui*, según Sanmartí, significa: *anciano*, *príncipe*, en el Perú).

AYA-MAQUI. De *aya*, muerto; y *maki*, mano. *Ayamaqui*. (*Mano del muerto*), es el nombre de una calle en los suburbios de Guaranda, en el camino del sur. Cuenta la tradición que allí se exhibieron las manos del Coronel García, vencido por los españoles en la batalla de Tanisahua. Su cabeza se exhibió en Quito, por orden de Aymerich.

AYA-PANTI. De *aya*, muerto; y *pantana*, errar, vagar. Nombre de un sitio en la provincia de Cañar. En el Perú, *panti* es nombre de una planta.

CAJA-NUMA. De *kaxa* o *kaja*, altura de monte o de cordillera; helado, muy frío; y de la voz *numa*, que en el jbaro de Gualaquiza, significa *enemigo*. Parece pues, que es una voz híbrida de quichua y jbaro.

Pero si suprimimos la *n* inicial del segundo elemento, tendremos la raíz quichua *uma*, que significa *cabeza*.

El *Cajanuma* es un nudo en la provincia de Loja.

CAJAS-ÑAN. De *caja* o *caxas*, lugar o montaña fría, y *ñan*, camino, sendero; por tanto su traducción sería "camino por el cerro frío o helado de las cordilleras".

CANGA-CHAMBA. De *kanka*, polvareda; y *chamba*, terrón, césped. Cangachamba es, según Villavicencio, la llanura donde los españoles fundaron primitivamente la ciudad de Loja, entre los ríos *Pulacú* y *Huacamáná*. Años más tarde, según el mismo autor, la trasladaron al valle de *Casipamba* o *Cushipamba*, *Cusipamba*, entre los ríos *Malacatos* y *Zamora*. En el nombre *Cusipamba*, está el comentario del P. Lizarraga. Creo que el nombre de *Casipamba* que figura aquí, es un error tipográfico.

CASA-AICHE. De *kasa*, helado, heladizo, y *aiche*, corrupción de *aicha*, *carne*, en aymará y quichua. *Casaiche* es una hacienda en pleno páramo, en las faldas del Chimborazo, provincia de Bolívar.

CATAMAYO. De *kata*, ladera; y *mayu*, río. Es uno de los ríos más caudalosos de la provincia de Loja, y el único que nos queda con la terminación

*mayu*. Antes tuvimos el Putumayo. Este nombre procede de *putu*, algodón silvestre; y *mayu*, río.

COCHA-PATA. De *cucha* o *kocha*, laguna, y *pata*, grada, borde, orilla, peldaño; un pueblito en la provincia de Azuay, y una pequeña meseta al descenso al río Cotacajes, Bolivia.

COLTA. De *kulta*, pato. Nombre de un cantón y de una laguna en la provincia del Chimborazo, a una altura de 3.288 metros. También en el Perú hay *Colta*, nombre de un distrito de Parinocochas.

CONDOR. De *kúntur*, cóndor, buitres. Una cordillera en la provincia de Loja al Oriente Amazónico. Con el prefijo de *cóndor* o *kuntur* existen muchas palabras en la Región Interandina del Ecuador.

CONDOR-HATO. De *cundur* o *Kundur*, buitres, y *hato*, lugar ganadero; la traducción sería lugar ganadero frecuentado por los cóndores o buitres andinos.

CULLU-UCTUS. De *kullo*, tronco de árbol cortado; y *ujtus*, hueco, hoyo, agujero. Una quebrada en la provincia de Chimborazo. En aymará la voz *ckullu* significa madera; y *kulli*, morado.

CUNDUR-PUÑUNA. De *kúntur*, cóndor; y *puñuna*, dormir. *Dormitorio del cóndor*, tal es el nombre de un monte en la provincia de Bolívar. En Argentina, según Lizondo Borda, hay un pueblo llamado *Cóndor-huasi*, Casa del cóndor.

CUNTUR-HUACHANA. De *kúntur*, cóndor; y *huachana*, parir, y en sentido figurado, morar, vivir. *Vivienda del cóndor*, nombre de uno de los picachos más altos del volcán Pichincha.

CUNTUR-PALTA. De *kúntur*, cóndor, buitres, y *palta*, piedra baja, sobornal, aguacate. Nombre de una quebrada en la provincia de Chimborazo. En el Perú hay muchos pueblos y aldeas, cuyo nombre comienzan con la voz cóndor, ejem.: *Cóndormarca*, *Cundurcunca*, etc.

CUSHCA. Tal vez corrupción de *kollki* o *kushki*, plata. *Cushca* se llama el cerro cuya cúspide se desprendió en el terremoto de 1797 y cubrió la parte más rica de la antigua Riobamba. Hoy existe allí la población de Sicalpa. La palabra *kollki* es quichua y aymará.

En el Perú hay el pueblo de *Collquepata*, ladera de la plata o dinero.

CURI-TAQUE. De *kori* o *kuri*, oro; y *taki*, troje, granero. Un sitio y un cerro en la provincia de Azuay. Antes de la Conquista española, los trojes de granos (maíz, quinua, miso y tubérculos andinos) estuvieron repartidos por muchos lugares próximos a los caminos, y seguramente en estos trojes también se guardaba provisionalmente el oro de las minas.

CUSI-GUANGO. De *kusi* o *kushi*, alegre, festivo; y *huanku*, atado, copo, envoltorio. Un caserío en la provincia de Cotopaxi. Sanmartí da también el significado de *pedrón* a la voz quichua *huanka*.

CHACANA. De *chakana*, camilla, escalera, parihuela. Una laguna y un monte en la provincia de Pichincha.

**CHACA-YUNGAS.** De *chaca*, puente, y *yunga*, abrigado, caliente; su traducción será "puente de tierra caliente" o mejor "puente de entrada a la tierra caliente". Este topónimo es frecuente en el descenso de los andes bolivianos a las tierras abrigadas.

**CHAQUIMALLINA-YACU.** Palabra compuesta de *chaqui*, pié humano y pié de árbol o de cerro; *Mallina*, probar algo tomando un bocado, y *yacu*, agua; pero la traducción es compleja; literalmente sería probar agua en la ladera.

**CHAQUI-ÑAN.** De *chaqui*, pié de gente o de árbol o de ladera y *ñan*, camino; camino de a pié, el común de tiempo de los indígenas, antes de la venida de los conquistadores, y hasta ahora.

**CHAUCHA.** De *chaucha*, precoz, medio maduro, etc. Nombre de una parroquia de Cuenca, provincia del Azuay.

**CHAUPI.** De *chaupi*, medio, mitad, centro. Nombre de unos cerros, entre las provincias de Pichincha y Cotopaxi. También de una hacienda. "*Chaupi*, aldea. Con el prefijo de *chaupi* existen muchos nombres compuestos, como CHAUPI-PAMPA, media pampa o media llanura; CHAUI-SACHA medio bosque o en medio bosque; CHAUI-YACU, medio río o en medio riachuelo. En el Ecuador existe un lugar productor de magníficas naranjas, al descenso de la provincia de Bolívar a Los Ríos, CHAUIYACU".

**CHILLA.** De *chilla* (voz araucana), zorro, raposa; una cordillera en la provincia de El Oro.

**CHILLA-BULLO.** De *chilla*; y *pullo*, frazada, cobija. Una hondonada entre los montes Chimborazo y Carihuairazo. Según Sanmartí, *pullo*, significa también, vello.

**CHILLANES.** Esta pintoresca población de la provincia de Bolívar, debe seguramente, su nombre, a los curacas o jefes de los aillos de mitimáes que se establecieron en esos lugares, por orden de los Incas. Entre dichos curacas había, según Miguel de Cantos, tres indígenas oriundos de *Chillán*, población de Chile. Estos tres curacas se llamaban: Alonso Soplay, Miguel de Chillán y José Joan García, naturales de la población chilena antes nombrada. Muy probable es que estos indios se hubiesen establecido allí, atraídos por la fertilidad de su suelo y la bondad de su clima.

**CHINIGUA.** Este nombre parece voz híbrida del quichua *chini*, ortiga; y del colorado *hua*, grande. *Chinigua* es una altura de 4.956 metros en el Chimborazo.

Creo que la voz *chini* de nuestro quichua, pertenece a otra lengua nacional, tal vez al cañari; pues, *ortiga* en los dialectos quichuas del Perú, es *kisa*, en el Cuzco; *hitana*, *ishkana* en Junín y Ancas; e *itapallu*, en aymará.

**CHINI-PAMBA.** De *chini*, ortiga y *pamba*, llano o plano; Pampa o llano de hortigas; un lugar paramal en el camino de Cullitagua a Angamarca, cordillera Occidental, provincia de Tungurahua.

**CHITO.** De *chito*, cabra, chivo. Pueblo de la provincia de Loja.

**CHIMBO.** De *chimpu*, nombre de aquellos pueblos aguerridos que tanto dieron que hacer a los Incas, y habitaron en el territorio que hoy es la provincia de Bolívar. San José de Chimbo, cabecera de uno de los cantones de la provincia bolivarensis, donde hay también una elevación, CHIMBULOMA.

El quichua tiene la voz *chimpa*, en frente, y de ella se derivan algunos nombres toponímicos peruanos: "CHIMBA. Pueblo. Cajatambo. Aldea. Moquehua. *Chimpa*, en frente. Ribera o parte opuesta en donde se encuentra una persona". (Sanmartí. Ibid. 177); "CHIMBO, a Chucuito. Señal de cana". (Ibid. ibid. 177). También trae este autor los nombres de *Chimbote* y *Chimboya*, con la misma raíz de *chimbu*, pero hay necesidad de otros estudios.

**CHOTA.** Según Sanmartí, esta voz procede del verbo quichua *chutay*, estirar. *Chota* es el nombre de un valle en la provincia de Imbabura. "*Chota*. Provincia del Departamento de Cajamarca, Distrito y capital de la provincia.

**CHUCHI.** De *chuchi* o *chuchui*, pollo. Cerro de la cordillera del Chimbo en la provincia de Bolívar. Y un sitio en la provincia de Cañar.

**CHUQUI.** Del aymará y quichua *chuki*, lanza, mensajero, danzante, saeta. Nombre de un pueblo en la provincia de Azuay. "*Chuqui*, Pueblo. Calca. *Chuki*, lanza, saeta". (Sanmartí - ibid. 185). "*Chuquis* Pueblo. Dos de Mayo. *Chuki*, flecha, saeta. (ibid. 185). Con el inicio de *chuqui* existen varias palabras compuestas en el Ecuador, Perú, Bolivia y norte de Argentina; en el Ecuador andino tenemos las siguientes:

**CHUQUI-PANTZA**, un sector boscoso con árboles de "pantza" del género *Polylepis* (Rosáceae). El lugar paramal así llamado está en la cordillera Occidental, sobre la hacienda Llangagua, provincia Tungurahua.

**CHUQUI-PATA**, un lugar paramal al descenso de la cordillera Occidental hacia la costa, entre las provincias de Cañar y Azuay, y también en la provincia de Chimborazo.

**CHUQUI-POGYO**, un lugar al suroccidente del Chimborazo con una vertiente de agua; la traducción literal sería: una vertiente del rejón.

**CHUQUIRAGUA**, nombre de una planta Compestácea (*Chuquiraga insignis*, *Ch. andina*, etc.) por tanto es un nombre fitonímico. Esta compuesta es propia de los páramos y de preferencia en terrenos húmedos.

**CHURU-PINTO**, palabra compuesta e híbrida; de *churu*, caracol, y *Pinto*, apellido; este topónimo existe en las faldas orientales del Cotopaxi.

**CUSHNI-YACU.** De *Cushni*, grisáceo, oscuro, y *yacu*, agua; agua oscura o ahumada de algún río o riachuelo.

**GUALAG.** De *huálac*, nombre de un sapo grande pintado. Un sitio en la provincia de Azuay. Jijón

Caamaño considera esta palabra de origen puruhá, por la terminación *ac*, peculiar de esa lengua muerta.

**GUALAG-CHUCU.** De *huálac*; y *chuku*, plato, sombrero, según los casos. Una quebrada en las faldas de Chimborazo. "CHUCO, Santiago de *Chuco*, provincia del departamento de la Libertad, Perú. El *Guqlashucus* del Ecuador, el puente de la línea férrea en la Prov. Chimborazo, debe escribirse GUALACHUCUS".

**GUANCO-COLLA.** De *huanku*, atado, copo, envoltorio; y *kolla* (voz aymará), colina, collado. Es un valle llamado, también *Cazanga* en la provincia de Loja y también un río afluente del *Catamayo*, en la misma provincia.

Creo que este nombre geográfico es genuinamente aymará, pues, en esa lengua hay también, la voz *huanka*, que equivale a *cuy*, *cobaya*; y *kolhu*, colina, collado. En tal caso, *Huanco-colla* equivaldría en español, a *Colina de los cuyes*.

**GUAMANI.** Seguramente debe proceder de *huamán*, *gavilán*. Es el nombre de una cordillera en la provincia de Pichincha; y de un sitio cercano a Quito.

**GUAMA-CRUZ.** Voz híbrida del quichua *huama*, *guadua*, bambú; y del español *cruz*. Un sitio en la provincia de Bolívar. "*Huamas*. p. *Huari*. *Huamak*, cosa nueva". (Sanmartí. *ibid.* 202). **HUAMA-PATA**, sería ladera de bambués.

**GUANGO-PULO.** Parece que también es nombre híbrido del quichua *huanku*, o del aymará *huanka*, y del colorado *pulu*, patata.

*Guangopulu* es el nombre de una hacienda y de un monte en la provincia del Chimborazo. La hacienda está a la altura de 3.603 metros.

En la provincia de Pichincha hay un importante pueblo de indios, llamado *Guangopolo*, palabra que el señor Jijón Caamaño incluye entre las de origen pansaleo. Nótese que entre una y otra no hay más diferencia fonética y gráfica, que el cambio de la *u* en *o* de la segunda. Es seguro que las dos palabras son de un mismo origen. Las he colocado en este lugar, por la base quichua *huango*. En el quichua peruano hay la raíz *pula* con el significado de *moho*.

**GUAIRA-CHITANA.** De *huaira*, viento, aire; y *shitana* o *shitani*, arrojar, lanzar. Es nombre de un monte de 4.600 metros en las faldas del Chimborazo.

Creo que *chitana* es corrupción de *shitana*, pues el verbo *chigtana* significa: cortar, rajar; hacha, etc. Y en este caso creo más adecuado el verbo *shitana*. Así tendremos un nombre que significaría: *Lugar donde arroja el viento*.

**GUAYRA-PATA,** De *Huayra*, viento y *pata*, ladera; ladera ventosa. Con este nombre toponímico existen varios lugares en el Ecuador Interandino, desde Carchi a Loja.

**GUAPAL.** Posiblemente, viene este nombre del quichua *huapa*, que es nombre de un árbol cuya madera es buena para la construcción de canoas.

**Guapal** es nombre de un río afluente del Pita, provincia de Pichincha.

Seguramente la palabra *guapal* se ha formado en la época de la colonia; pues su estructura es híbrida: raíz quichua, *huapa*, y terminación de colectivos, castellanos, *al*, que sirve para designar lugares sembrados de algo; ej.: Arrozal, maizal, etc., Ideológicamente, *huapal* será: terreno cubierto de árboles de *hurapa*. Jijón Caamaño incluye esta voz entre las de origen cayapa-colorado.

**GUAGUAL-ZHUMA.** Adopto la ortografía de Wolf; pues este nombre tiene las grafías siguientes: *Huahual-suma* (Jijón Caamaño), *Huahual-shuma* (Dr. Cordero Palacios); *Guagua-llumá* y *Huahua-llumi* (Dr. Villavicencio).

Creo que ya es tiempo de que el Ministro de Educación uniforme y fije la grafía o escritura de esta voz, adoptando la del Dr. Wolf, por ser la más lógica y conocida en el mundo científico. Para hacer el análisis semántico-etimológico, ha tomado, primero una de las de Villavicencio: *Huahua-llumi*. Esta voz es híbrida del quichua *guagua*, niño, pequeño, etc.; y del jibaró de Zamora *llumia*, agua. El Dr. Cordero Palacios lo considera de origen cañari. Consta de las raíces: *huahual*, nombre de una planta mirtácea (*Myrtus* con varias esp. y *zhuma*, que no tiene significado alguno en la obra del citado autor.

Efectivamente, creo que este nombre es de origen cañari, lengua muerta y ya desconocida entre nosotros por falta de vocabularios. El *Guahual-zhuma* es un monte de 3.090 metros de altura en la provincia de Azuay. En la misma provincia hay el nombre de *Arazhumi*, algo modificado del originario.

La grafía de Jijón Caamaño: *Huahual-suma* tiene una *l* final en el primer elemento, *huahual*, que habría que suprimirla a fin de tener la voz quichua *Huahua*, a la cual sería fácil agregar la raíz *súmac*, hermoso, magnífico, grande. *Huahua súmac* equivaldría a *Niño hermoso, niño magnífico*.

En el Ecuador se representa con *zh* el fonema que corresponde a la *g* italiana de *giorno*, o a la *j* francesa de *jour*.

Ojalá que algún erudito investigador pueda descubrir el origen del nombre tantas veces mencionado, y de muchos otros nombres.

**GUARANDA.** No se sabe de un modo cierto la etimología del nombre de la ciudad capital de la provincia de Bolívar. El ilustre literato, doctor Angel Polibio Chávez, fundador de esta provincia, escribe, refiriéndose a la ciudad de su nacimiento, Guaranda: "Seguramente fue fundada por mitimás venidos del Perú... *Guaranga* (un millar, en quichua) por el primitivo número de esta tribu, y el nombre de un árbol coposo de *Guarango* (*Prosopis tórrida*). debajo del cual se reunía el Gran Consejo, dieron el nombre actual de *Guaranda*, cambiando la terminación *na* del *naguati*"; pero esta suposición habrá que verificar con nuevos estudios.

Nada de inverosímil tiene esta hipótesis del eminente escritor guarandefío, ya que los historiadores aceptan la existencia de los *guarangas* en época preincaica. Bien pudo haber tomado el nombre de aquel árbol de *guarango*, derivado del aymará y quichua cuzqueño, *Huaranku*; o del millar de colonos venidos a poblar esta región; pues, en aymará y quichua, *huaranka* significa un millar.

**GUARANGO.** De *huaranku* o *guarangu* (*Prosopis machrantha*). Con este nombre se conoce un caserío en la provincia del Azuay.

**GUARGUAR.** De *guargar*, zumo del guánluc, que es un arbusto, especie de floripondio, de flores amarillo rojizas. (*Datura Sanguinea*). El *guargar* es un terrible narcótico, y aún se dice que priva de la razón a quien lo bebe. Con este nombre se conoce un monte al SE de la provincia de Bolívar.

**GUASHGUA.** De *huashua*, especie de trinitaria; en otros casos, esta voz significa *ruido*. Se da el nombre de Guashgua a un sitio de la provincia de Bolívar; y también un páramo. "Huallhua p. Tayacaja..." (Sanmartí *ibid* 200). Este autor prepara un trabajo especial sobre FITONIMIAS DEL ECUADOR.

**GUAYAQUIL.** Nombre del puerto principal; este nombre toponímico del Ecuador no presentó el análisis correspondiente porque faltan documentos para apoyar una teoría. Creo sí, que el nombre de la *Perla del Pacífico* es de origen cayapa-colorado. La razón que me ha impulsado a colocar en este lugar el nombre de nuestro primer puerto, ha sido la de haber hallado un nombre igual en la república del Perú: "*Huayaquil*. Pueblo. Ayavaca y Piura". (Sanmartí *ibid*. 212). Además de este nombre, en el Perú hay otros muchos que comienzan con la base quichua *huaya*, que significa cosa delgada; y *huayu*, nombre de un árbol; ej.: *Huayabamba*, *Huayaconga*, *Huayahuacho*, *Huayapata*, etc. Bien puede ser que este nombre toponímico sea compuesto de una raíz quichua y otra del cayapa-colorado.

**HATUN-CAÑAR.** De *hatun* o *jatun*, grande; y *Cañar*, nombre del aguerrido y valiente pueblo que habitó en las provincias azuayas. El *Hatun-cañar* corresponde a lo que hoy es provincia de Cañar, en la cual se encuentran las ruinas incaicas de *Inga-pirca*, *Inga-chungana* y el *Inti-huaico*.

**HATUN-TAQUI.** De *hatum* o *jatum*, grande y *taqui*, tambor. Este es el nombre del cantón importante de la provincia de Imbabura. ¿Por qué le dieron este nombre a dicho sector y pueblo?

**HUACA.** De *huaka*, ídolo, cosa sagrada, sepulcro de indios. Nombre de un pueblo y de unos cerros en la provincia del Carchi; y de un sitio en la de Azuay. Algunos escriben y pronuncian con *g*; dicen *Guaca*, y con esta raíz calificativa es bien conocida la población, así como también el *Huaca* de cerca de Paita, en el norte del Perú, un pequeño poblado. "*Huaka*. Ídolo, cosa sagrada, sepulcro de los antiguos". (Sanmartí *ibid* 193).

**HUACA-CURU.** De *huaka*; y *kuru*, gusano. Una población a orillas del Chinchipe, provincia de Loja.

**HUACHI.** De la palabra quichua *huachi*, flecha, saeta. Nombre de una parroquia en la provincia de Tungurahua. *Huachi*, en jbaro significa *carrizo*; pero el Huachi o Guachi de Ambato, será por las muchas plantas de sigis?

También se podría analizar este nombre con las raíces del cayapa-colorado *hua* o *gua*, grande; y *chi*, árbol. Arbol grande. Este nombre y los anteriores, creo sería más conveniente escribirlos con *G. Guaca*, *Guaca-curu*, *Guachi*, etc.

Entre algunos derivados compuestos de *huachi* o *guachi*, se indica a continuación:

**HUACHI-COCHA.** De *Huachi*, el lugar geográfico y *cocha*, la laguna artificial hecha en una hacienda de Huachi, provincia de Tungurahua, Región Interandina.

**HUACHI-YACU.** De *Huachi*, el lugar geográfico de la provincia de Tungurahua, y *yacu*, agua; pero con esta palabra compuesta se designaba antiguamente a la primera acequia que conducía desde el Cariguayrazo al sector seco de Huachi, y que ahora son buenos campos agrícolas.

**HUANCA-VILCA.** Aunque esta voz no es nombre de ninguna población, ni monte, ni río, etc., lo he anotado por haber sido el nombre de una tribu valerosa, casi indómita, que habitó en esta zona de Guayaquil y sus alrededores.

Es muy fácil analizar por medio del quichua esta palabra: *huanka*, piedra y *huillka*, ídolo, sagrado, etc. *Huancavilca*, piedra sagrada, o ídolo de piedra. Conviene que el lector conozca la etimología del nombre *Huancavelica*.

"*Huancavelica*. Departamento y su capital. Provincia, su capital y Distrito. *Huanka-huillka*. Ídolo sagrado". (Sanmartí *ibid*. 205).

**HUARMI-APAC.** De *huarmi*, mujer, hembra; y *apana*, llevar. Una población y un río en la provincia de Pichincha; pero hay otros lugares con este mismo nombre entre la provincia de Imbabura y el sector de Mojanda; pero realmente no tiene síndesis el decir "mujer llevada". Y así como esta palabra compuesta, hay muchas otras que necesitan ser interpretadas.

**HUINSHA.** De *huinshu*, nombre de un arbusto de cuyas hojas hacen escobas. El *Huinsha* es un monte de 3.500 metros de altitud en el Nudo de Tiopullo; pero los indígenas pronuncian *huintza*, y esta me parece la correcta pronunciación.

En el Perú hay la aldea de *Huinchos*. Es una voz sin etimología ni significado. El Dr. Cordero Palacios incluye esta voz entre las de origen cañari. "*Huinshu*. La planta Ternstroemiácea: *Ternstroemia meridionalis*".

**HUINCHOA** o **WINCHOA**, es un lugar paramal al norte de Guaranda.

**INGA-CHUNGANA.** De *inca*; y *chungana*, jugar. *Juego del Inca*. Un sitio con las ruinas incaicas que llevan este nombre, frente al palacio, o fortaleza, llamado *Inga-pirca*, en la provincia de Cañar.

**INGA-ÑAN.** De *inga*, el antiguo monarca peruano y la lengua *inga-shimi*, y *ñan*, camino; la traducción literal sería "camino de los ingas o incas".

**IMBABURA.** Es el nombre del cerro que ha dado el nombre a la provincia nordestina, y de este topónimo orográfico parece que tomó el nombre de la región y pueblo de Imbaya.

**INTI-ÑAN.** De *inti*, el sol, y *ñan*, camino o vía; con esta palabra compuesta se designa la ruta que sigue el sol en el firmamento.

**JAHUA-URCU.** De *jahua* o *jagua*, lo de arriba, superior, y *urcu*, cerro; cerro o monte superior. Con esta palabra compuesta se designa a varios cerros, colinas, etc. que están más alto de donde se mira.

**LOMA-PI.** Por su estructura, el nombre *lomapi* es quichua, puesto que consta del nombre *loma*, colina; y la partícula *pi*, que en muchos casos, es pronombre interrogativo; y en otros, en la misma forma que *ima* y *maican*, sirve para formar indefinidos; ej.: *mana-pi* nadie o nada. Jijón Caamaño ha incluido esta voz entre las de origen cayapa-colorado. En tal caso, la palabra *lomapi*, sería una voz híbrida del quichua *loma* y del cayapa-colorado *pi*, río; esto es: *Río de la Loma*.

El *Lomapi* es un río afluente del *Pilaló*, en la región occidental de la provincia de Cotopaxi, región en la cual abundan los nombres de origen cayapa-colorado, inclusive el nombre *Pilaló*.

**LLACTA-CASHCA.** De *llacta*, tierra, pueblo, patria; y *kashkana* o *kaskana*, pegarse, juntarse, detenerse. El Dr. Arriaga, hablando de *Llacta-cashca* dice que son restos de un gran pueblo cañari, destruido por Huainacápac. Con el nombre de *Llacta-cashca* se conoce un sitio o lugar con ruinas cañaris, en la provincia de Cañar.

**LLAMA-CANCHA.** De *llama*, llama, *llamingo*, runallama; y *kancha*, corral. Es una población en la misma provincia de Cañar.

**LLIMPI.** De *llimpi*, que según Garcilazo de la Vega, significa en quichua, "polvos de color de púrpura, sacados de mineros que no sean de azogue". Según von Buchwald, *llimpi*, significa también *color brillante*. Se da el nombre de *Llimpi* a unos montes al E. de Quero, provincia de Tungurahua. "*Llimpi*. Aldea. Andahuailas. Color". (Sanmartí-ibid. 230). *Llimpe* de Tungurahua actualmente es un sector agrícola importante.

**LLULLUCHO.** De *llullucha*, ovas acuáticas o algas de aguas corrientes. *Llullucho* es nombre de una quebrada al SO de Guaranda. En el quichua boliviano: "llullucha, ova comestible". (Ciro Bayo). Según el P. Cobo, a esta planta acuática, *llullucha*, los indios llaman, también, *cocha-yuyu*, esto es, yerba de la laguna.

**LLULLUCHAS,** nombre de algas de potreros y acequias de Cotopaxi.

"*Llulluchani*. Aldea. Caravaya. Coger ovas acuáticas". (Sanmartí 231).

Las "llulluchas" pertenecen al género *Nostoc*.

**LLULLUNDONGO.** La primera raíz del nombre *Llullun-dongo*, *llullu*, es quichua y significa tierno; la otra, *dongo*, no sé de qué lengua proceda. Según los naturales de aquella región, la palabra *llullundongo* significa: *ni tierno ni maduro*, según me lo han explicado. En nuestro quichua, hay las palabras *pukuc* y *pukusha*, con el significado de *maduro*. *Llullundongo* es el nombre de una hacienda al NO de la ciudad de Guaranda.

En el Perú hay el pueblo de *Lollón*, que según Sanmartí, procede de la raíz quichua *llullo*, que significa *cosa tierna, suave, delicada*.

**MACHANGARA.** De *machangara*, arroyo. Nombre de dos ríos; el uno en Quito y el otro en Cuenca. Los PP. Grim y Gusmán traen esta voz con la acepción que acabo de expresar. El Dr. Cordero Palacios la incluye entre las de origen cañari.

**MAPA-SINGUE.** De *mapa*, sucio; y *senka* o *singa*, nariz. Nombre del cerrito y de la hacienda donde éste se encuentra, cercana a Guayaquil. Es uno de los pocos nombres quichuas que hay en la provincia del Guayas.

**MASHU-JUCTU.** De *mashu*, murciélago; y *jucto* o *uctu*, hueco, caverna. Nombre de un sitio en la provincia de Azuay.

**MAUCA.** De *mauka*, cosa vieja, usada. Una hacienda y un río afluente del *Papallacta*, en la provincia de Pichincha. "*Mauca*. Pueblo. Cailloma. *Mauka*, lo que está usado, o cosa antigua". (Sanmartí. ibid. 238).

**MISI-HUALLI.** De *misi* o *mishi*, gato; y *huaclli*, perverso. Un sitio y un río afluente del Napo en la Región Oriental, abajo de Tena, Prov. Napo, pero la gente dice más comúnmente MISAGUALLI.

**MISI-SINGUNA.** De *misi* o *mishi*; y *sinkuna*, rodar, revolcarse. *Lugar donde se revuelcan los gatos*. Un monte de 3.690 metros de altura en la provincia de Bolívar.

**MOCHA.** No sé de qué lengua proceda; en el Perú hay el distrito de *Moche*; *Mocha* es el nombre de un pueblo en la provincia de Tungurahua. "*Moche*. Distrito de la provincia de Trujillo. Departamento de La Libertad".

**NINA-CASPI.** De *nina*, candela, fuego, y *caspi*, palo, madero, tronco; su traducción literal sería "palo para quemar"; "madero para el fuego".

**NINA-HUILLCA.** De *nina* (aymará y quichua), candela, fuego; y *huillka*, sagrado, maravilloso, etc. Un cerro y una laguna en la provincia de Pichincha. Se cree que en este lugar hay minas de petróleo. ¿Pero a tanta altitud?

**PACANA.** De *pakana*, escondite. Nombre de un sitio y de una hacienda, en la provincia de Bolívar. El jíbaro tiene la voz *pacana* con el significado de playa. Me parece que es más adecuada esta palabra para la denominación de nuestro *Pacaná*.

**PACCHA.** Es palabra quichua que significa chorrera, cascada, fuente o surtidor de agua; es común

oír entre los indios quichuas. En algunos diccionarios escriben y pronuncian con g: PAGCHA.

PACHA-MAMA. De *pagcha*, chorrera o cascada, y *mama*, madre o señora con hijo. Con esta palabra compuesta se designa en quicha a las chorreras grandes y pegadas a la roca durísima, desde dónde sale como chorrera.

PALANDA. De *palanda*, plátano, banano. Pueblo y río, afluente del Chinchipe en la provincia de Loja. A este río se le llama también *Palandayacu*, o río de los plátanos.

PINTAC. Aunque este nombre no es quichua, por conservar el orden alfabético, lo he colocado en este lugar. Pintac fue el valeroso cacique partidario y amigo, heroico defensor de los Shiris en la guerra contra los Incas. Hoy se llama *Pintac* una población de la provincia de Pichincha, Cordillera Oriental.

PIÑANATUC. De *piñana*, enojarse, irritarse; y *átuc* o *atug*, lobo, zorro, raposa. La parroquia de *Piñanátuc* o *Piñanátuc*; se llama hoy *Facundo Vela*. Provincia de Bolívar.

PISCO. De *pisku* o *pishko*, pájaro. Nombre de un río, afluente del *Chota* en Imbabura. "Pisco. Provincia del Departamento de Ica. Distrito y capital de la provincia. Pueblo de Pomabamba. Aldea de Castilla. *Pisko*, pájaro, ave". Sanmartí, ibid. 267). En la Sierra Ecuatoriana se escribe y pronuncia "pischu".

PUCA. De *puka*, rojo, colorado. Nombre de una cordillera en la provincia de Manabí. La misma palabra *puka*, significa *grano*, *semilla* en la lengua de los colorados. PUCA es también el nombre de un caserío al Norte de Nabón, provincia de Azuay.

PUCA-ALLPA. De *puka*, rojo; y *allpa* o *ashpa*, tierra, arcilla. El *Puca-allpa* es un monte de 4.300 metros de altura, al O. del *Sincholagua*, nombre este último de origen tacunga o pansaleo, según Jijón Caamaño. El PUCALLPA del Perú, es una población y sector geográfico del Alto Amazonas, colonizado principalmente después de la Segunda Guerra Mundial, con motivo de la busca de caucho, balsa y cascarilla, productos estratégicos de entonces.

PUCA-CHAGLLA. De *puka*; y *chaglla*, carrizo, barejón, palo delgado. *Pucachacla* es el nombre de una quebrada en la provincia de Tungurahua. *Chaglla* es quichua cuzqueño, significa *bejuco*. Hay otros lugares conocidos como Pucachaglla, en las estribaciones de la Cordillera Oriental.

PUCARA. Del aymará y quichua *pukará*, fortaleza, torre. Es un nombre como *Yana-urcu*, muy generalizado en el Ecuador, por las muchas fortalezas que construyeron los Incas, para dominar a los pueblos por ellos conquistados, o que también hicieron los indígenas de este Reyno de Quito.

Con el nombre de *Pucará* hay un sitio en la provincia de Imbabura; otro en la de Pichincha; un punto en la de Tungurahua; otro en la del Chimborazo;

un cerro y una hacienda en la de Bolívar; un cerro, un pueblo y una laguna en la provincia de Azuay. El *Puracá* del Azuay tiene 3.147 metros de altura.

'*Pucará*. Distrito de Lampa. Capital del Distrito Vítoc en Tarma. Pueblo en Huancayo; aldea en Asángaro y Jaén. *Pucará*. Fortaleza. (Sanmartí pág. 271).

PUCACOCHA. De *puca* o *puka* o también carrizo o caña de bambú, y *cocha*, laguna; por tanto se podría traducir como "laguna de los carrizos" o también como "laguna colorada".

PULLU-RIMA. De *pullu*, frazada, cobija, vello; y *rima* o *rimai*, hablar palabra, locución. A una altit. de 3.300 metros, en el Sincholagua, hay un lugar con este nombre compuesto.

PUMA-CUNCHI. De *poma* o *puma*, león; y ¿*kuchi*? o *Kochi*?; o de ¿*kunchi*?, damos. El *Pumacunchi* es un río afluente del *Patate*, que corre entre las provincias de Cotopaxi y Tungurahua.

En el Perú hay el pueblo de *Cunchi-huasi*. Sanmartí cree que la voz *cunchi* procede de *koncho*, *konzho*, sedimento, heces de un líquido. "*Cunchihuasi*. Aldea de Moyobamba; *konchu-huasi*, *Casa de asiento de chicha*".

PUMA-YUNGA. De *poma* o *puma*; y *yunka*, valle, lugar cálido o ardiente. Pumayunga es nombre de un lugar en la provincia de Azuay.

PUTZU. Creo que esta palabra es apócope de *putzutzu*, que en quichua significa rocío. *Putzu* es el nombre de un caserío, hoy Santa Lucía, en la provincia de Bolívar.

PUYU-CHURAY. De *puyu*, nube, niebla, neblina; y *churay* pequeña porción de algo. Un sitio en la Prov. Bolívar. *Churani* en el quichua peruano es esconder, guardar.

QUILLA-ASHPA. De *killa*, mes, luna; y *ashpa* o *allpa*, tierra; *Tierra de la luna*. Un lugarejo en la provincia del Guayas.

QUILLU-QUINGRAY. De *kellu* o *killu*, amarillo; y *kingray* o *kinray*, ancho, ladera, travesía. Un lugar en Déleg, provincia del Azuay.

QUINGEO, es una parroquia del cantón Cuenca. ¿Qué significa?

QUINGRAL-ÑAN. De *quingray*, ladera, travesía, y *ñan*, camino; este topónimo se encuentra en la provincia de Azuay.

QUERO. Del quichua *kero*, vaso de madera tallada; un cantón de la provincia de Tungurahua. También en el Perú hay muchos pueblos que comienzan con la raíz quichua *kero*; ej.: *Quero*; *Querobamba*, *Querocoto*, *Queropalca*, etc., etc.

También hay una población española con el nombre de *Quero*, como leerá el lector, en la provincia de Toledo. En arqueología se habla frecuentemente de los *queros* o *quiros*, para referirse a las muestras labradas o talladas en madera, encontradas en algunas tumbas o "entierros".

RASU-SURCUNA. De *razu* o *raso*, nieve; y *surkuna-ni*, sacar, extraer. Nombre de un lugar o

sitio, a 4.700 metros de altitud, en el Chimborazo, donde extraen la nieve que necesitan los habitantes de la provincia de Bolívar.

**RIOBAMBA.** Capital de la provincia de Chimborazo; su nombre no es quichua, sino por *bamba*, pampa, llanura.

**RUCU-PICHINCHA.** De *rucu*, viejo, deteriorado, y *pichincha*, el volcán que está al occidente de Quito. La palabra Pichincha ha sido interpretada de diferentes maneras.

**RUMI-HUARCO.** De *rumi*, piedra; y *huarku*, pesa, balanza, medida. El Rumihuarco es un peñasco al SE de Guaranda, un poco antes de la confluencia de los ríos *Conventillo* y *Chimbo*. La palabra *huarku* es aymará y quichua del Cuzco. "*Huarco*. Aldea de Arequipa. Peso, Colgante". (Sanmartí, pág. 209). *Huarcug* en quichua significa o se traduce por "el que cuelga" (participio activo).

**RUMI-ÑAHUI.** De *Rumi*, piedra y *ñahui*, cara, rostro, en el Ecuador; pero en el Perú, la voz *ñahui* significa *ojo*. Aquí, la palabra rumiñahui es *cara de piedra*; y en el Perú *ojo de piedra*. El cerro *Rumiñahui* de la Región Interandina del Ecuador, es un volcán apagado y alcanza a 4.750 m.s.m.

**SANAN-CAJAS,** De *sanán* (sin traducción) y *cajas*, frío, heladizo. El topónimo compuesto se encuentra en la hoya de Riobamba.

**SIGSIG.** De *sígsig*, una gramínea más delgada que el carrizo. Nombre de una importante población de la provincia del Azuay. Botánicamente el "sigse" es *Cortaderia rudiusscula*.

**SIMI-ATUC.** De *simi* o *shimi*, boca; y *átuc*, lobo. Importante población de la provincia de Bolívar, a 3.200 metros sobre el nivel del mar.

**SINGHIG.** De *sinchig*, fuerte, duro, recio. Una hacienda en Bolívar; pero hay también una gramínea de raíces muy tenaces llamada "sinchiquigua".

**SINGA-PILCA.** De *senka* o *singa*, nariz; y *perka* o *pirca*, pared; o de *pilka*, un pájaro muy hermoso. Un monte de 4.000 metros de altura al S. del Chimborazo. La traducción literal de "Singa-pirca" sería "pared como nariz".

**SHINGATA.** De *shinkani* o *shingana*, emborracharse. Un monte en la provincia de Imbabura; y un río en la de Loja.

**SHUCUS.** De *sukus* o *shukus*, caña brava. En el Ecuador, "*shucus*" es aquella quebrada donde está el mejor puente de hierro que tiene nuestro ferrocarril de Quito a Guayaquil. "*Socos* p. Huamanga. a. Aimaraes. *So-kos*, carrizo". (Sanmartí, pág. 300). Nuestra quebrada de *Shucos* está en la provincia del Chimborazo.

**TANDA-PATAC.** De *tanda*, pan (aymará y quichua); y *pátac*, vaina. *Pan de vainas*. *Tanda-pátac* es el nombre de un sitio o lugar en la provincia de Tungurahua. En el Perú (Sanmartí), hay los pueblos de *Tanta-marca*. Pueblo del pan; y *Tanta-mayo*. Río del pan.

**TAURI-GUSO.** De *tauri*, altramuz, chocho; y *gussu*, pantano, cieno, charco. Nombre de un cerro en la provincia de Azuay, aunque el "chocho" no es de pantano, sino lo contrario de tierras arenosas y secas.

**TINGO.** De *tinki* o *tingui*, uncir, lár; yunta, encuentro. Nombre de un balneario de aguas termales, en la provincia de Pichincha. (San Pedro del Tingo); de un sitio en Cotopaxi y de otro lugar en la de Bolívar. En Argentina, según L. Borda, hay también, un sitio con el nombre de *Tinco*. En el Perú abunda este nombre, en forma simple o compuesta.

"*Tingo*. Distrito. Luya. Pueblo de Arequipa y Hualgáyoc. Ayavaca, Huánuco... *Tincucc*. Confluencia de ríos. Cosa que se encuentra o se une con otra". (Sanmartí, pág. 309).

**TOTORILLAS.** Voz híbrida del quichua *tutura* o *titora*, especie de enea, junco; y del diminutivo castellano *illa*. *Totorillas* es el nombre de un *tambo* miserable, al pie del Chimborazo, en el antiguo camino colonial, que iba de Guaranda a las poblaciones norteñas. En Argentina (L. Borda) hay la aldea llamada *Totorilla*. También se conoce como "totorillas" a las pequeñas plantas Ciperáceas que rodean fuera de los totorales grandes.

**TUCAS.** De *tucu*, nicho, ventana, alacena. Un lugar de la provincia de Azuay. En el quichua cuzqueño es *toko*; y en aymará, *ttojo*.

**TIU-PULLO.** De *tiu*, arena; y *pullu*, frazada, cobija, vello. Nombre de uno de los nudos más altos que une las cordilleras entre las provincias de Pichincha y Cotopaxi. En la carretera mide 3.550 metros de altitud.

La raíz *tiu*, en Argentina, lo mismo que aquí, significa *arena*. En el quichua cuzqueño es *acko*. "*Tio-punco*. Lugarejo del 2o. distrito del departamento de Taff en los valles de Calchaquíes, al noroeste de Quilmes. De *tio*, arena; y *punco*, puerta. *Puerta de la arena*. (*Voces tucumanas derivadas del Quichua*. pág. 343).

**TUNI-CURI.** De *Tuni*, derrumbo, precipicio, y *curi*, oro; la traducción literal sería el precipicio de oro, pero gramaticalmente será el derrumbo donde minan el oro.

**TUTA-PISCO.** De *tuta*, noche; y *pisco* o *pishco*, pájaro, ave (murciélago). Nombre de un río en la región oriental, pero los indígenas pronuncian "tutapischcu".

**UCSHA-HUATANA.** De *ucsha*, paja de los páramos; y *huatana*, atar, amarrar. Un caserío en la provincia del Chimborazo.

**URCU-CAJAS.** De *urcu*, cerro, y *cajas*, frío heladizo; con esta palabra compuesta se designa a varios sectores muy fríos de las cordilleras, principalmente de la Cordillera Oriental.

**URCU-CUY.** De *orko*, *urku*, cerro, monte; y *koy*, cuy, cobaya. Un monte en la provincia de Pichincha, y también cerca de Alao, cordillera

Oriental de Chimborazo, porque abundan los co-nejos en el pajonal.

URCU-GUANUSCA. De *urcu*, cerro, y *guañush-ca*, muerto, morirse; significaría "cerro de morirse o cerro de la muerte" por el excesivo frío de las alturas y el viento helado y lloviznante.

URITO-SINGA. De *urito*... y *senka* o *singa*, nariz. Montes en Loja.

URU-MANGA. De *uru*, araña, insecto; y *manka* o *manga*, olla de cocinar. Un río afluente del Zaira en la Región Oriental.

YAGUAR-ZONGO. De *yaguar*, sangre, y *zongo* (que no hay una traducción exacta, pero existe este toponimo compuesto en la Región Amazónica del Ecuador antiguo).

YANA-ASHPA. De *yana*, negro, y *ashpa* o *allpa*, tierra. Un sitio en Bolívar, y también en varios sectores de los páramos.

YANTA-ATA. De *yanta*, leña; y *ata*, semilla resinosa que sirve para alumbrar. Yanta-ata es una altura de 4.200 metros, en la cual hay una cascada. Está situada en el volcán Cotopaxi. En el quichua cuzqueño, pronuncian *llanta* en vez de *yanta* del Ecuador.

YANA-SACHA. De *yana*, negro; y *sacha*, selva. *Selva negra*. Nombre de un sitio en la provincia de Azuay y también en el lado oriental de Píllaro, cerca de la Laguna de Pisayambo. También esta voz tiene una ligera alteración semántica: en el quichua peruano, *sacha* significa árbol; y en nuestro dialecto, bosque, selva.

"*Sacha-bamba*. Pueblo de Huamanga. *Sacha-pamba*, llanura donde hay árboles". (Sanmartí, pág. 287). Algunas personas confunden "sacha-pamba" con "Cochapamba", que es diferente, porque *cocha* es laguna.

YUNGA. De *yunka*, lugar cálido, valle. Generalmente se dice *yungas* a los valles de las estribaciones de la cordillera occidental de los Andes. También se llamaban *yungas* los habitantes de estas regiones. "*Yundas*. Pueblo de Moquehua. Aldea de Tarata. *Yunka*, valle. Lugar cálido". (Sanmartí, pág. 331). Las yungas del Ecuador corresponden a las estribaciones andinas, desde los 1.800 hacia abajo de altitud en metros.

YUNGA-CHACA. De *yunga*, lugar de tierra abrigada, y también especie de nudo que se hace para que no corra la sogá o cordel, y *chaca*, puente; la traducción sería, "puente para entrar a la tierra caliente"; toponímico existente al bajar a las tierras bajas de la costa.

YURA-COMPAÑIA. De "yura", blanco y compañía, palabra española; nombre de alguna hacienda en el antiguo valle de los Chillos, y también por la provincia de Imbabura.

### 33. TOPONIMOS HIBRIDOS: ESPAÑOL-QUICHUA y QUICHUA-ESPAÑOL

Como es lógico, después de la Conquista, mucho se mezclaron las palabras y vocablos entre la espa-

ñola y las lenguas indígenas, pero cuando la mezcla o combinación es entre el español y quichua, es fácil hacer la traducción o la interpretación, como por ejemplo de las siguientes compuestas híbridas:

ARRAYAM - PAMBA, CORRAL - PAMBA, HIGOS - PAMBA, MORAS - PAMBA, TRANCA - PAMBA, RAYO - PAMBA, VERDE - PAMBA; MULA - YACU, NEGRO - YACU; CRUZ - PUNGU, GALLO - RUMI, CAPILLA - URCU, CHASO - JUAN, etc., etc.

## Toponimias de origen Aymará

De las toponimias, en ninguna otra provincia del Ecuador hay tantos nombres geográficos de origen aymará, como en la de Bolívar, donde, según los historiadores, hubo tres colonias de mitimáes. "En la región de Guaranda había colonias de mitimáes, originarios de *Guayacondo*, *Cajamarca* y *Holohuanca*", escribía el Corregidor de Chimbo, don Miguel de Cantos, en 1581, que verificó el censo ordenado por la Real Audiencia.

Los nombres aymarás de la mencionada provincia, se caracterizan por la terminación *koto*, que en dicha lengua, así como en el quichua del Cuzco, significa: *montón*, según algunos autores. He aquí la lista de los nombres que he podido reunir: *Alungoto* (*Aluncoto*), *Asan-coto*, *Cui-coto*, *Chapacoto*, *Iña-coto*, *Joyo-coto*, *Guántuc-coto*, *Guacalgoto* (*Guacal-coto*), *Guapun-goto* (*Guapun-coto*), *Quisa-coto*, *Si-coto*, *Tianda-coto*, *Lagua-coto* y *Ya-coto*.

Es evidente la procedencia aymará de las voces que acabo de nombrar, y estoy de acuerdo con Jijón Caamaño. No he hallado la voz *koto* como aymará, sino una sola vez, en el *Vocabulario políglota incaico*, y esto en la yuxtaposición de *koto-koto-marca*, que significa aldea. Lo que sí he hallado, y repetidas veces, es la raíz *kota*, laguna. Al mar llaman *jacha-ckota* (lago grande); de un lago o laguna: *ckota-laka*.

La voz *koto* aparece muchas veces en el Vocabulario políglota inca del quichua cuzqueño; y de otras provincias peruanas, con la misma acepción que tiene en el dialecto ecuatoriano: *montón*, *bo-cio*, *papera*, etc. Seguramente, esta raíz, como otras muchas del aymará, ha ingresado en el léxico incaico y su uso se ha extendido en todas las demás regiones conquistadas por los Incas.

Hay que observar que en la provincia peruana de Ancash, la palabra *koto* ha sufrido el cambio de los fenómenos *ko* en *go*; y *to* en *tu*; allí se dice *gotu* por *coto*. Más o menos el mismo fenómeno fonético observo en cuatro nombres toponímicos de Bolívar; *Alungoto*, *Guacal-goto*, *Guapun-goto* y *Tianda-gote*, que en su origen deben haberse pronunciado: *Aluncoto*, *Guacalcoto*, *Guapuncoto* y *Tiandacoto*.

Me parece también, que la voz *kota*, laguna, no corresponde a los nombres geográficos arriba

citados; pues solo *Joyocoto* es nombre de una laguna que hasta hace setenta años existía sobre la ciudad de Guaranda, laguna que hoy está completamente seca, pero existen las huellas. En esta provincia hubo tres colonias de mitimáes, como se dijo antes, la primera, tal vez de *collas*, esto es, de la altiplanicie boliviana, habitaba en *Santa María Magdalena de Chapacoto*; estas colonias tenían como curacas o jefes de los aillos, o parcialidades de indios, a Simón Carguatocas y Francisco Huaina. Así nos lo cuenta don Pedro de Galarza, escribano del asiento de Chimbo, en el censo que verificó con el Corregidor don Miguel Cantos en 1581.

Otra colonia de mitimáes, de Cajamarca, habitaba en *San Lorenzo de Guamarica*; esta colonia tenía tres aillos, cuyos curacas eran: Lorenzo de Guamarica, Juan *Yacoto* y Baltazar Ipo, según escribe el Prog. Gustavo Lemus.

El otro grupo de mitimáes vivió en San Sebastián *Tumbiguán*. Era la más numerosa, tal vez procedente de Holohuanca; pues uno de los curacas, Matías Nítilima, era de Holohuanca, y la mayoría de los otros jefes, de Chillán, es decir, extranjeros también, según dicen los historiadores.

A continuación la lista de nombres de la provincia de Bolívar:

ALUN-GOTO de Bolívar, es nombre de una hacienda al S. de Balsampa.

ASAN-COTO. Hoy *Asunción*, importante población del cantón Chimbo.

GUI-COTO. Nombre de un monte y de un río al N. de la provincia. Creo que este nombre se puede descomponer con las raíces: *kuy*, cuy, cobaya; y *koto*, montón.

CHAPA-COTO. Hoy la *Magdalena*; otra importante población de la misma provincia. También este nombre se puede analizar con las siguientes raíces: *chápac*, centinela, espía, atalaya; y *koto*, montón. En este caso significaría: *Montón de centinelas o de atalayas*.

GUACAL-GOTO. (*Guacal-coto*). Una quebrada al S. de la provincia.

GUAN TUC-COTO. Una hacienda al N. E. de Guaranda.

GUAPUN-GOTO. (*Guapun-coto*). Es nombre de dos haciendas importantes: la una al NE de la misma ciudad de Guaranda y muy cercana a dicha ciudad; y la otra, al S.E. en las faldas del cerro, llamado también, *Guapungoto*.

IÑA-COTO. También este nombre se puede analizar así: *iñu*, nigua, y *koto*. Nombre de otra hacienda, al N. de la población de Chillanes, en la misma provincia de Bolívar.

JOYO-COTO. Nombre de un caserío, y de una laguna que existió hasta hace treinta años, al N. y muy cercana a la ciudad de Guaranda. Hoy está completamente seca.

LAGUA-COTO. Nombre de una hacienda a orillas del río de Guaranda, y frente a esta ciudad,

hacia el S. Si aceptamos la raíz *lahua*, que es el nombre de un plato indígena, en quichua cuzqueño tendremos el significado de *Montón de platos de lahua*.

QUISA-COTO. De *kisa*, ortiga (en el quichua cuzqueño); y *koto*. Nombre de un cerro al S.O. de la provincia.

SI-COTO. Un caserío al S. de la provincia.

TIANDA-GOTE. (*Tianda coto*). Nombre de una pequeña cordillera al O. de la provincia.

YA-COTO. Nombre de un monte y de una parroquia de Guaranda. *Yacoto* era el apellido del curaca de uno de los aillos que habitó en esa región, según habrá visto el lector en uno de los párrafos anteriores.

En el Perú hay muchos nombres terminados en *Coto*, todos los cuales se pueden traducir y analizar por medio de las raíces aymarás y quichuas del Cuzco. Dichos nombres toponímicos son los siguientes: *Acacoto*, *Alacoto*, *Arancoto*, *Asnaicoto*, *Calacoto*, *Callacoto*, *Canocoto*, *Casacoto*, *Coto*, *Cotocoto*, *Cotos*, *Huacocoto*, *Huascoto*, *Matacoto*, *Pocoto*, *Querocoto*, *Samicoto*, *Sapacoto*, *Tococoto*, y *Vilcacoto*.

COLLA. Del aymarás *kollu*, colina, collado, cerro de poca elevación. Con este nombre se conoce un cerro en la provincia de Azuay. "*Colla*, Aldea. Tarmar. *Kolla*. Tierno". (Sanmartí, pág. 153).

COLLANA. Del mismo origen que la anterior, es decir, del aymarás *Kollana*, que significa: magnífico, principal, sublime, soberano, etc., *Collana* es un lugarejo de la misma provincia. "*Collana*, pueblo. Canas, Cotabamba, Chucuito y Chumbivilcas, etc., etc. *Kollana*. Excelente, principal, soberano". (Sanmartí, pág. 154).

El nombre de *Collana* es muy usado en el Perú, allí hay más de veinte aldeas y pueblos con dicho nombre.

COLLANES. Nuestra majestuosa montaña, conocida hoy con el nombre de ALTAR, se llamó antiguamente, *Cápac-urcu*, y *Collanes*. El nombre *Cápac-urcu* está compuesto de las raíces quichuas: *kápac*, soberano, magnífico, hermoso, etc.; y *orko* o *urku*, montaña, cerro; *Collanes* es nombre aymarás, que significa lo mismo que *cápac*: soberano, magnífico, etc.

COTO-PAXI. El nombre de este hermoso pero terrible volcán, es, según Jijón Caamaño, de origen aymarás: *koto*, montón; y *phajsi*, luna. La altitud del Cotopaxi es de 5.943 metros sobre el nivel del mar; es el segundo del Ecuador, después del Chimborazo que tiene 6.320 m.s.m.

COTO-COLLAO. Pueblo al N, de Quito. Su nombre se puede analizar: *Koto*: montón; y *kollao*, tierra fértil y llana. "Sin la tierra que ocupan (*los collas*) con sus pueblos y labores, hay grandes despoblados, que están llenos de ganado silvestre. Es la tierra del *Collao* toda llana, y por muchas partes corren ríos y de buena agua..." (Cieza de León, op., Cap. XCIX).

CONO-COTO. Pueblo al N. de Quito, en el valle de Chillo.

CANSA-COTO. Otro caserío, tanto en Bolívar como en Pichincha.

QUINCHI-COTO. Voz híbrida del quichua *kinche*, tabique, y *koto* montón. Un pueblo en la provincia del Tungurahua.

Además de los topónimos presentados principalmente de la Provincia de Bolívar y los de la de Pichincha, existen otros diseminados por las otras provincias interandinas, como a continuación menciono:

COTACOCHA, lugar paramal agrícola, entre los 3.200 a 3.600 m.s.m., situado al Este de Sugatoa, al Occidente de El Tablón y al norte de Angahuana, Cordillera Occidental de la Prov. de Tungurahua.

COTO-URCU, un lugar de las estribaciones de la Cordillera Oriental, situado al norte de la provincia de Tungurahua, cantón Píllaro.

CHACATA, ahora parroquia Marcos Espinel del cantón Píllaro, provincia de Tungurahua. Seguramente esta palabra compuesta viene de cata o *coto*, pero necesita estudiarla mejor para decir la verdadera acepción.

COTALO, parroquia del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua; la cabecera parroquial está a 2.600 m.s.m.

Hablando de lenguas indígenas del Ecuador, su estudio necesita mayor concentración, y realmente necesitamos tener especialistas en lenguas del Antiguo Reino de Quito. Hasta hace poco, hasta 1981, permaneció en el Ecuador un grupo del llamado "Instituto Lingüístico de Verano", asentado en el sector Nororiental de nuestra Amazonia, y como resultado de los estudios hechos allí, aquél Instituto publicó entre otros, el VOCABULARIO QUICHUA DEL ORIENTE (Quito, 1965). Valdría la pena que los departamentos de lenguas de nuestras universidades dieran mayor importancia a la investigación de nuestras lenguas antiguas o históricas.

## Toponimias de origen Cayapa-Colorado

De los trabajos lingüísticos de Jijón Caamaño y Otto von Buchwald, he tomado algunos nombres geográficos, formados con elementos de la lengua cayapa-colorado. En esos estudios he hallado también, la etimología y su correspondiente valor semántico de muchos nombres que constan en nuestras geografías. Pongo a continuación los más importantes:

COTA-CACHI. Este nombre puede traducirse en quichua, con las raíces: *koto*, montón, y *cachi*, sal (montón de sal). También se puede traducir como voz híbrida de aymará-colorado: *kota*, laguna; y *kachi*, roja (laguna roja) y por último,

con las raíces *koto*, montón; y *kachi*, rojo (*montón rojo*).

*Cotacachi* es el nombre de una importante población y de un monte, en la provincia de Imbabura.

CACHI-PIRO. Del colorado *kachi*, rojo, color de sangre; y *piro*, corrupción de *pilo*, laguna; esto es, *laguna roja, color de sangre*. Ideológicamente vale tanto como el nombre quichua *Yáhuar-cocha*. *Cachi-piro* es un caserío en la provincia de Loja. "Piro. Aldea de Huamalés". (Sanmartí. pág. 266).

CHILIN-TOMO. Según Buchwald, este nombre procede del colorado: *chili*, bejuco, liana; y *tomo* pared. Nombre de un río y de una hacienda en la provincia de Los Ríos.

CHIPE-PE. Del colorado *chipi*, pulga; y *pii*, río; o del cayapa, *pi*, agua. Nombre de un lugarejo en la provincia de Guayas.

GUA-PULO. De *gua* o *hua*, grande; y *pulu*, patata. Nombre de un pueblo al N. E. de Quito.

MACARA. El nombre de *Macará* procede del cayapa makara, luna, estrella. Nombre de un cantón y su cabecera, en la provincia de Loja.

MANA-BI. Del colorado *mana*, venado; y *bi* o *pi* (cayapa), agua; o de *pii*, río. Nombre de una de las provincias litorales del Ecuador.

PENI-PE. Del colorado: *pini*, culebra; y *pi* (cayapa) agua; o *pii*, río. Población y río en la provincia del Chimborazo.

PI-FO. El nombre de *Pifo* procede del cayapa; *pi*, agua; y *fo*, suelo. Un pueblo en la provincia de Pichincha.

PIMAN-PIRO. Del colorado *pima*, puente; y *piro* o *pilo*, laguna. Pueblo de la provincia de Imbabura. El doctor Uhle considera este nombre y *Tumbabiro* de origen cañari, en su último estudio *Las civilizaciones de Carchi e Imbabura*. (Anales de la Universidad Central No. 284-1. 932).

PISA-GUA. Del cayapa: *pisu*, maíz; y *gua* o *hua*, grande (colorado). Es nombre de un río y de un caserío en las provincias de Bolívar y Los Ríos. Esta palabra, según Max Uhle, es de origen pansaleo, como se verá en el lugar respectivo.

PI-TA. De colorado: *pii*, río; y *ta*, tierra. Hay varios ríos con el nombre de *Pita*, en el Ecuador.

QUITO. Es el nombre del antiguo reino de los *guttus*, y ahora, de la capital de la República del Ecuador. Según Jijón Caamaño, corresponde a la lengua de los colorados por su base *qui*, peculiar de este idioma. Sin embargo, en la nota correspondiente a esta palabra, el mismo autor escribe: "Quito, nombre de esta capital, ha dado lugar a varias explicaciones: *Quito*, en quichua significa paloma: *Quito*, provincia, sitio, comarca, espacio, anchura, hueco: Holguín. *Vocabulario de la lengua general de todo el Perú*. Lima 1.608". (Jijón Caamaño. *Contribución al estudio de las lenguas indígenas...*).

**TUMBA-BIRO.** Según Sancho de León, citado por Jijón Caamaño, esta voz significa laguna de los patos. *Tumbabiro* es una población de la provincia de Imbabura. El Dr. Max Uhle considera este nombre como de origen cañari y Jijón Caamaño, que los nombres *Cachipiro*, *Pimampiro* y *Tumbabiro* son de origen cayapa-colorado.

**YA-GUA-CHI.** Este nombre puede traducirse fácilmente con las raíces del colorado: *ya*, casa; *gua* o *hua*, grande; y *chi*, nuestra. Nuestra casa grande es el significado de este nombre geográfico ecuatoriano, que sirve para denominar un cantón, su cabecera respectiva, y el río que lo baña. Provincia del Guayas.

## Topónimos de origen Panzaleo o Tacunga

**ALAGUA o ALAJUA.** Nombre de un riachuelo afluente del lado izquierdo del río Ambato, en la provincia de Tungurahua; este pequeño torrente algunas veces causa estragos, cuando hay lluvias en el páramo inmediato.

**ABI-TAGUA.** Nombre de un cerro y quebrada de la parte oriental de Píllaro, provincia de Tungurahua.

**CACHI-TAGUA, ¿O CASITAGUA?** Un cerro de la provincia de Pichincha. En quichua la palabra *cachi* significa sal, y en colorado, rojo.

**CUTUC-LAGUA.** Nombre de un sitio y hacienda en la provincia de Pichincha, hacienda ganadera.

**CUTZA-LAGUA.** Riachuelo afluente del río Patate, en la provincia de Tungurahua.

**GUALI-LAGUA.** Un riachuelo en Machachi, provincia de Pichincha.

**LLURI-MAGUA.** Río afluente del Guaillabamba, que baja desde la Cordillera Occidental, al suroccidente de San José de Minas.

**PLAA-LAGUA.** Ladera del lado izquierdo del río Ambato, al suroccidente de la ciudad de Ambato.

**PULU-LAGUA.** Cráter de un volcán apagado, al noroccidente de San Antonio de Pichincha, cuyos bordes están a 2840 m.s.m. La voz *Pulu* en colorado, significa patata, y si se acepta que *lagua* significa lugar o tierra, *Pululagua*, sería la tierra de las papas, como *Papa-llacta* en la lengua quichua.

**PUTZU-LAGUA.** Un cerro de 3515 m.s.m., en la provincia de Cotopaxi, situado entre Latacunga y Salcedo, hacia la cordillera Oriental y muy visible a lo largo de la carretera Panamericana.

**SINCHO-LAGUA.** Cerro volcánico de 4980 m.s.m. en plena Región Interandina, provincia de Pichincha.

**TAN-LAGUA.** Sector xerófilo y hacienda del norte de San Antonio de Pichincha, Región Inte-

randina. Este nombre es muy semejante al de *Talagua* de la provincia de Bolívar, pero las ecologías del uno y otro lugar son muy diferentes.

**TUNGU-RAGUA o TUNGURAHUA.** Volcán activo al oriente de Ambato, a cuyo pie occidental y nororiental corre el río Pastaza. Según el historiador Jacinto Jijón Caamaño, esta palabra compuesta es de origen Colorado, según el cual significaría "infierno"; pero el escritor Daniel Ortega Ricaurte, en Miscelánea, Año III, No. 20, dice que el río Marañón era también llamado por los indígenas como Tungurahua. En el río Amazonas existe un cacerío con el nombre de *Hungurahui*.

**ZUMBA-GUA.** Un lugar paramal de la Cordillera Occidental, jurisdicción de la provincia de Cotopaxi.

En el centro del Ecuador Interandino y especialmente entre Bolívar y Tungurahua, existe un interesante grupo de nombres toponímicos terminados en *gua* o *hua*, peculiar del cayapa-colorado, pero que según la opinión del arqueólogo Max Uhle, pertenecen a la lengua *tacunga* o *panzaleo*, como los siguientes: *Apagua*, *Atandagua*, *Cachisagua*, *Calagua*, *Curgua*, *Cutugua*, *Guasagua*, *Ishgua*, *Leigua*, *Llangagua*, *Nahuisagua*, *Pasagua*, *Pisagua*, *Cullitagua*, *Quillitagua*, *Tanisagua*, etc., cuyas localidades se indican a continuación:

**APA-GUA.** Nombre de un cacerío al norte de la provincia Bolívar, en la región Interandina.

**ATAN-DAGUA.** Otro caserío al N. E. de la misma provincia Bolívarense; también nombre de una antigua hacienda.

**CACHI-SAGUA.** Un pequeño monte al S.E. de Guaranda; la voz *cachi* significa rojo, en la lengua Colorado, y sal en quichua.

**CALGUA.** Un lugar agrícola paramal del noroccidente de la provincia de Tungurahua, limitando con la de Cotopaxi.

**CA-LAGUA.** Nombre de un riachuelo que baja al río Chimbo, en la parte donde hay un puente que une a las poblaciones de Santiago y San Miguel de Bolívar.

**CURGUA.** Nombre de un lugar en la provincia de Bolívar.

**CU-TAGUA.** Un sitio o lugar al norte de la provincia de Bolívar, conocido solamente por los bolívarenses.

**GUASH-GUA.** Nombre de un páramo y sitio de la provincia de Bolívar. Pero este nombre consta también en el grupo de los topónimos quichuas de terminación irregular, por no estar determinado su verdadero origen; pero *guashgua* es también una planta arbustiva de la Ceja Andina, conocida también como "trinitaria" (*Monnina rup estris* de la familia Polygomaceas).

**ISH-GUA.** Un sitio de la provincia de Bolívar, nada conocido.

**LEI-GUA.** Nombre de un cerro al NE. de la provincia de Bolívar.

**LLANGA-GUA.** Lugar y hacienda paramal de la provincia de Tungurahua, al sur de Ambato. En Chile existe un lugar con nombre parecido, *Llanca-hua*, cuya sílaba media *ca* en vez de *ga* del Ecuador; pero debemos aclarar que la raíz *llanca* es de origen mapuche: "*Llanca, Llanquita*, dos sectores minerales en el sector de Sirena; *Llan-cagua, Llancahue*, lugar en el sector departamental de Locomilla; *Llancahue* significa lugar donde hay llancas, fundos en el Departamento de Valdivia" (Diccionario Etimológico de R. Lenz... pág. 879). *Llanca* es el mineral de cobre de color verde azulado.

**NAHUI-SAGUA.** Nombre de una hacienda en las faldas de *Yana-urcu*, cerca de Guaranda.

**PA-SAGUA.** Un lugar de la Provincia de Bolívar.

**PI-SAGUA.** Lugar con nombre de origen cayapa-colorado, en la provincia de Bolívar. Este nombre también hay en Los Ríos.

**QUILI-TAGUA.** Pequeño cerro al NE. de Guaranda. Este topónimo es diferente que el de **CU-LLITAGUA** del Noroccidente de Ambato; este último lugar es la actual parroquia de Constantino Fernández, rica en producción agrícola: papa, cebada, trigo, haba, etc.

**TANI-SAGUA.** Nombre de un lugar y hacienda situada a 10 kilómetros al sur de Guaranda, Prov. Bolívar.

Sobre la influencia de la lengua pansaleo en las otras provincias del Ecuador Central, escribe: "Pertenecen a esta misma lengua los nombres terminados en *gua, igua, lagua, sagua, ragua*, y los en *oa, pe, ya, mba, y ló*", y en otro lugar dice: "la pansaleo es dominio de la lengua subtiaba, y ésta se extendió en la Sierra del Nevado Cayambe hasta el nudo de Sanancajas incluyendo la provincia de Bolívar, y en la Costa, en comunidad con un elemento cañar. La extensión de los nombres geográficos hasta el mar, avisa ahora, que los Pansaleos habrían entrado por mar, extendiéndose en seguida por las costas, hasta los cursos de los ríos del interior, y de allí, a las altiplanicies ecuatorianas" y, luego menciona como ejemplos varios nombres pansaleos en la Sierra: *Cangagua, Pangua, Cashisagua, Pisagua, Lligua, Leigua*, etc., pero aclarando que el nombre *pangua* es español, como se indica en el lugar respectivo.

Ejemplos de nombres pansaleos en la Costa, tenemos: *Pantagua, Tosagua, Pillasagua, Pisagua*, lugares entre Jipijapa y Manta, provincia de Manabí. *Lligua* es nombre del antiguo cacique de Manta y un topónimo del cantón Baños de la provincia

---

NOTA: En la provincia de Los Ríos, vecina costeña de la de Bolívar, también existen varios topónimos terminados en *gua*, como: *Maca-gua*, un cerro y un riachuelo al norte de la provincia; *Pisa-gua*, un río y lugar entre Montalvo y Babahoyo, y *Pira-gua*, hacienda y lugar situado al NO. de Quevedo, también dentro de la jurisdicción de la Provincia de Los Ríos.

de Tungurahua; *Posligua* es nombre de familia en el centro de la provincia de Manabí.

Es algo interesante para interpretar los nombres parecidos de algunos lugares de Chile terminados en *gua*, como *Llangagua* de Ecuador con *Llancahua* de Chile; *Pisagua* del Ecuador y Chile, sin ninguna alteración; pero en Chile encontramos otros topónimos terminados en *gua*, como *Aconcagua, Colchagua, Pisagua*, y *Rancagua*. ¿Cómo podemos interpretar estas coincidencias?

## Nombres Panzaleos con otras terminaciones

### 1. TOPONIMOS TERMINADOS EN ICA

**MIÑAR-ICA.** \*Lugar al suroccidente de la parroquia de Santa Rosa de la provincia de Tungurahua, donde el 12 de enero de 1835 fueron derrotadas las tropas del general Barriga, llamadas "restauradoras", por las del general venezolano Juan José Flórez, llamadas "constitucionales"; fue una guerra fratricida, donde perecieron más de mil ecuatorianos.

**PACHAL-ICA.** Río afluente derecho del río Ambato, al pie del cerro Nitón, Provincia de Tungurahua.

**PUÑAL-ICA.** Cerro (3.996 m.s.m.), situado al sur del Cariguayrazo, entre las poblaciones de Mocha y Tisaleo, provincia Tungurahua; geológicamente este cerro es un cráter secundario interesante.

### 2. TOPONIMOS TERMINADOS EN LO

**COTA-LO.** Nombre del pueblo y parroquia del cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

**GUAMBA-LO.** Población y parroquia del mismo cantón Pelileo, provincia de Tungurahua.

**GUANGOPO-LO.** Pueblo indígena del cantón Quito, provincia de Pichincha.

**ILA-LO.** Cerro entre los valles de Tumbaco y Los Chillos, provincia de Pichincha.

**MULA-LO.** Un sector y población de la provincia de Cotopaxi; importante lugar de maíz, trigo, cebada, etc.

**PILA-LO.** Lugar y caserío al descenso de la cordillera occidental de la provincia de Cotopaxi.

**POA-LO.** Un lugar de la provincia de Cotopaxi, en la Región Interandina; las tierras son agrícolas.

**PUTA-LO.** Lugar alto de la provincia de Tungurahua; agrícola.

**QUILUA-LO.** Caserío y área agrícola de la provincia Cotopaxi.

**TAGUA-LO.** Área agrícola y caserío en la misma provincia de Cotopaxi.

**TIGUA-LO.** Es el nombre antiguo del actual Salcedo, provincia de Cotopaxi, situado a la margen izquierda del río Ctuchi.

**TILIPU-LO.** Nombre de una hacienda cercana a Latacunga, cuyos antiguos edificios están reconstruidos para llamar al turismo.

### 3. TOPONIMOS TERMINADOS EN OA

**AL-OA.** Nombre de un sector y del poblado al sur de Quito, pero de la jurisdicción de Machachi. Provincia de Pichincha.

**COTO-CHOA.** Un lugar de la provincia de Pichincha, pero la base *coto* de este topónimo es de origen aymará-quichua, y la voz *chua*, aymará, significa escudilla; de lo que se afirma que la palabra o topónimo *Cotochoa* es de origen aymará.

**ILIM-BOA.** Nombre de una hacienda en la provincia de Cotopaxi.

**PASO-CHOA.** Volcán extinguido (4.255 m.s.m.) en la provincia de Pichincha, al suroriente del valle de Machachi.

**PA-TOA.** Pequeño riachuelo afluente del Ctuchi, en la provincia de Cotopaxi.

**PON-DOA.** Sector y parroquia al noroccidente de Ambato; actualmente se conoce con el nombre del naturalista Augusto N. Martínez.

**QUILO-TOA.** Cráter-laguna (3.980 m.s.m.), de la Cordillera Occidental, provincia de Cotopaxi.

**SAGAO-TOA.** Cerro llamado también *Pilis-urcu*, al Noroccidente de Ambato, Cordillera Occidental.

**VIN-CHOA.** Sector y hacienda en la provincia de Bolívar, al norte de Guaranda, cordillera occidental.

## Toponimias de origen Puruhuá

Los nombres geográficos o topónimos del territorio ecuatoriano, están dados por las antiguas lenguas indígenas que poblaron; así, los nombres de *la lengua pasto* predominan en el norte interandino, principalmente en la provincia de Carchi; los nombres de origen *Karaquito*, en la hoya del Guayllabamba; las toponimias de origen *panzaleo*, en la hoya Cutuchi-Ambato; las toponimias de origen *cañari*, predominan en las provincias australes de Cañar y Azuay; así también los nombres *puruhuays* pertenecen en su mayoría a la provincia de Chimborazo, territorio que en tiempos pasados constituyó el Reyno Puruhuá. En las provincias sureñas de Loja y parte de la actual provincia de El Oro, como allí vivieron los pueblos indígenas de *Paltas* y *Sarsas*, los nombres geográficos están dados por estas lenguas, cuyo estudio necesita ser complementado por los especialistas.

### 1. TOPONIMOS TERMINADOS EN LAC

**CALAMA-LAC.** Un río importante que engrosa al río Ambato por el lado izquierdo; baja desde el cerro Cahualala por el lado noroccidente de la hacienda Llangagua.

**SALAMA-LAC.** Sector agrícola interandino de la provincia de Cotopaxi; los granos allí producidos son muy apreciados.

**SAQUIMA-LAC.** Un riachuelo de la provincia de Cotopaxi.

**TALA-LAC.** Pequeño cerro redondo de Guaranda, provincia Bolívar, a cuyas faldas se hace agricultura.

**BUG-NAC.** Sector agrícola de la provincia de Chimborazo.

**CHUQUI-NAC.** Pequeño monte de la provincia de Bolívar; pero este nombre tiene su base quichua-aymará: *chuqui* o *chuki*.

**GUALLA-NAC.** Sector subtropical de la provincia de Chimborazo, cerca de Bucay. En el quichua cuzqueño *Huallu* significa "oreja cortada".

**HUAIIRA-NAC.** Un cacerío de la provincia de Cañar. La base de este topónimo es quichua: *huaira* o *guaria*, viento.

**SAVA-NAC** o **SABAÑAC.** Páramo de la provincia de Tungurahua, al pie del volcán extinguido Igualata, límite entre las provincias de Tungurahua y Chimborazo.

**UITI-NAC.** Un cerro de la provincia de Chimborazo.

**ZU-NAC** o **ZUÑAG.** Río afluente del Pastaza en la abra de este mismo nombre.

Con respecto al grupo de nombres terminados en *an*, como *Ayalán* y semejantes, que el señor Jijón Caamaño anota como puruhuáes, el Dr. Max Uhle explica que son cañaris, poniendo como ejemplos los muchos topónimos que existen en las provincias de Cañar y Azuay, como *Bulán*, *Calpán*, *Saguán*, *Silbán*, etc.

### 2. TOPONIMOS TERMINADOS EN EO

**CUCHI-CEO.** Un cerro en Jima, provincia de Azuay.

**CHACAN-CEO.** Un cerro en Jima, provincia de Azuay.

**CHACAN-CEO.** Un sector del descenso de la cordillera Occidental hacia la provincia de los Ríos.

**CHIBU-LEO.** Area agrícola paramal de la cordillera Occidental de la provincia de Tungurahua, cercana a Pilahuín.

**GUALA-CEO.** Cantón importante de la provincia de Azuay; valle subtropical y frutal.

**PANSA-LEO.** Parroquia del cantón Salcedo, al lado derecho del río Cutuchi, Región Interandina, provincia de Cotopaxi; según hallazgos arqueológicos, en un sector podría haber estado alguna población importante de la cultura PANZALEO.

**QUIN-GEO.** Lugar agrícola de la provincia de Azuay.

**TISA-LEO.** Población situada en las faldas del lado sur del cerro Puñalica, Cordillera Occidental de la provincia Tungurahua.

### 3. TOPONIMOS TERMINADOS EN OG, UC y UG

**AGUAR-CUC.** Un lugar de la provincia de Azuay.

ALU-BUC. Cerro vecino del *Talubuc* o *Talubug*, localizado en la hoya de Riobamba, hacia el suro-riente.

CHU-YUC o CHUYUG. Un cerro pequeño de la provincia de Chimborazo, en la hoya de Riobamba.

LAM-BUG. Un lugar agro-andino de la provincia de Azuay.

MOLO-BOG. Cerro y caserío en la provincia de Chimborazo.

MUG-MUG. Un sector semidesértico de la hoya de Riobamba.

QUI-LLUC. Pequeño afluente del río Pastaza, que baja desde la parte oriental de la provincia de Chimborazo.

SHUG-SHUG. Un lugar de la provincia de Azuay.

TULA-BUG. Cerro-volcán de la hoya de Riobamba, y vecino del cerrito Alubug.

USH-UG. Un pequeño cerro de la provincia de Azuay.

YUI-BUG. Pequeño cerro de la provincia de Azuay.

YU-LUG. Pequeño caserío de la provincia de Chimborazo, y otro homónimo en la provincia de Loja.

Según el escritor Cordero Palacios, los nombres anotados en este tercer acápite, son cañaris. Hay necesidad de verificar con mejores estudios.

#### NOTA FINAL:

Los *TOPONIMOS DE AZUAY Y CAÑAR*, y que este autor ha coleccionado en sus diferentes viajes y excursiones, son numerosos, pero su publicación será objeto de otra monografía; porque dichas provincias tienen nombres muy diferentes de acuerdo a la lengua indígena original, la *cañari*, por una parte y la *quichua* y *puruhua* que tanto han influido y dominan en el Austro Ecuatoriano.

El autor de este mismo trabajo tiene terminado el referente a las *TOPONIMIAS DE LA HOYA CUTUCHI-AMBATO*, hecho a base del Mapa Agrícola elaborado por él mismo, para dicha hoya, en 1944, a la escala de 1: 100.000, y ahora completado con nuevas excursiones.

#### BIBLIOGRAFIA

- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Geología y Vegetación de Tulún*. Imprenta Ecuador, Quito, 1933.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Nuevas Contribuciones al Conocimiento de la Provincia de Esmeraldas*, Tomo I. Publicaciones MAS, Quito, Ecuador, 1944.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Las Tierras Agrícolas de la Provincia de Tungurahua*. Editorial Ecuador, Quito, 1945.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Maderas Económicas del Ecuador y sus Usos*. Casa de la Cultura Ecuatoriana, Quito, 1960).
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Vegetación y Fitogeografía de la Provincia de Pichincha*. Instituto Panam. de Geografía e Historia, México, 1962.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Los Recursos Naturales del Ecuador y su Conservación*. Tomo I. *El Medio Geográfico*. Instituto Panam. de Geografía e Historia, México, 1964.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Los Bosques del Ecuador y sus Productos*. Editorial Ecuador. Quito, 1968.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Divisiones Fitogeográficas del Ecuador*. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito, 1968.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *El Noroccidente Ecuatoriano*. Contrib. No. 30 del Instituto Ecuat. de Ciencias Nat. Quito, 1959.
- ACOSTA-SOLIS, Misael. *Geografía y Ecología de las Tierras Áridas del Ecuador*. Inst. Geográfico Militar. Quito, 1970.
- ARRIAGA, Jesús. *Apuntes de Geología Cañar*. Anales de la Univ. de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 1965.
- CEVALLOS, Pedro Fermín. *Resumen de la Historia del Ecuador*. Lima, 1870, y las nuevas ediciones.
- CIEZA de LEON, Pedro. *Crónica del Perú*. Madrid, 1553; la nueva edición: Editorial Calpe, Madrid, 1922.
- COBA ROBALINO, José María. *Monografía General del Cantón Pillaro*. Editorial Ecuatoriana, Quito, 1929.
- CORDERO PALACIOS, Luis. *Diccionario Quichua-Español y Español-Quichua*. Public. No. 14, Universidad de Cuenca, 1967.
- CORDERO PALACIOS, Octavio. *El Quichua y el Cañar*. Tipografía Municipal, Cuenca, 1924.
- GONZALEZ SUAREZ, Federico. *Historia General de la República del Ecuador*. 2a. edición. Quito, 1931.
- GUEVARA, Darío. *El Castellano y el Quicha en el Ecuador*. Edit. Casa de la Cultura Ecuatoriana. Quito, 1972.
- GUEVARA, Darío. *Exégesis de Toponimias Indígenas Ecuatorianas*. Editorial Ecuatoriana, Quito, 1975.
- HARO, Silvio Luis. *Cuadernos de Historia y Arqueología*. Guayaquil, 1953.
- HARO, Silvio Luis. *Montañas Sagradas del Reino de Quito*. Boletín de la Academia Nacional de Historia. Vol. LVI, No. 121, Quito, Julio, 1973.
- JIJON CAAMAÑO, Jacinto. *Contribuciones al Estudio de las lenguas que se hablaron en el Ecuador*. Boletín de la Sociedad de Estudios Históricos Americanos, No. 6. Quito, 1019.
- JIMENEZ DE LA ESPADA, Marco. *Geografía de Indias*. Madrid, 1897.
- LEMUS RAMIREZ, Gustavo. *Glotología Ecuatoriana: Nombres Toponímicos*. Boletín del Centro de Publicaciones Históricas, No. 3, Tomo III. Guayaquil, 1933.
- MATOVELLE, Julio María. *Cuenca de Tomebamba*. Cuenca, 1921.
- MORENO MORA, Manuel. *Diccionario Etimológico Comparado del Quichua en el Ecuador*. Tomo I. Casa Cultura, núcleo del Azuay, Cuenca, Tomo I, 1965. Tomo II, 1967.
- MURGUEYTIO, Reinaldo. *Yachay-Huasi*, con un Apéndice, Vocabulario Aborígen-Español. Talleres Gráficos Nacionales, Quito, 1941. Hay otra edición.
- ORR, Carolyn y Wrisley Betsy. *Vocabulario Quicha del Oriente*. Vocabulario Indígena No. 11. Instituto Lingüístico de Verano. Quito, 1975.
- ORTIZ, Sergio Elías. *Lingüística Aborígen de Colombia*. Bogotá, 1954.

- PARIS, Julio. *Gramática de la Lengua Quichua actualmente en Uso entre los Indios del Ecuador*. 3a. edición. Quito, 1961.
- PAZ Y MIÑO, Telmo. *Lenguas Indígenas del Ecuador*: I Pasto, II Kara, III Panzaleo, y IV Puruguay. Boletín de la Academia Nacional de Historia, Nos. 56, 57, 58 y 59, de 1940 a 1942. Quito, Ecuador.
- PRESCOTT, G. H. *Historia de la Conquista del Perú*. Buenos Aires, Argentina, 1944.
- RIVET, Paul. *Los Orígenes del Hombre Americano*. México, 1960.
- TALBOT NIEMES, Francisco. *Ensayo de Diccionario Toponímico del Azuay*. Cuenca, 1978.
- TOBAR DONOSO, Julio. *El Lenguaje Rural en la Región Interandina del Ecuador*. Quito, 1964.
- UHLE, Max. *Estado Actual de la Prehistoria Ecuatoriana*. Anales de la Universidad Central No. 254. Quito, 1925.
- UHLE, Max. *Las Antiguas Civilizaciones Esmeraldinas*. Anales de la Universidad Central, No. 259. Quito, 1927.
- UHLE, Max. *Las Antiguas Civilizaciones de Manta*. B.A.H.N. Nos. 33-35. Quito, 1931.
- UHLE, Max. *Estudio sobre las Civilizaciones del Carchi e Imbabura*. Anales de la Universidad Central, No. 284. Quito, 1933.
- VELA F., Orlando. *Gramática y Diccionario Quichua*. Ediciones Studium. Lima, 1965.
- VELASCO, Juan de. *Historia Moderna del Reyno de Quito y Crónica de Jesús del mismo Reyno*. 3 tomos. Biblioteca Amazonas. Quito, 1941.
- VELASCO, Juan de. *Vocabulario de la Lengua Indica*. Llaeta No. 20. Quito, 1964.
- VILLEGAS D., Rodrigo. *La Toponimia en el Area de Caranqui-Cayapa-Colorado*. Boletín del Inst. Pamamer. de Geografía e Historia, Sec. Ecuador, Nos. 21-24. Quito, Marzo, 1977.
- WOLF, Teodoro. *Geografía y Geología del Ecuador*. Leipzig, 1892.

# INFORME DE ACTIVIDADES

Agosto 1984 - 1985

En el período al cual se refiere este Informe, se continuó con la iniciativa, puesta en práctica en los dos períodos anteriores, en el sentido de dar renovado impulso a las labores académicas, propiamente dichas, mediante el ofrecimiento de exposiciones breves, durante las reuniones ordinarias, por parte de los señores académicos, sobre el estado de sus investigaciones o sobre resultados alcanzados en las mismas, que pudieran tener interés general.

Se efectuaron 10 reuniones ordinarias en la sede, y los temas académicos tratados en ellos fueron los siguientes:

- "Sobre la naturaleza de los huecos negros en Astronomía", a cargo del Académico, Profesor Ing. Francisco Lleras Lleras.
- "Los helechos de Mutis", a cargo de la Académica, Profesora María Teresa Murillo.
- "Los símbolos nacionales: Palma de cera, árbol nacional y Cattleya Triana, flor nacional", a cargo del Académico, profesor, Botánico Santiago Díaz Piedrahita.
- "Novedades en el ciclo de una cloroficea", a cargo del Académico, Profesor Schmetter.
- "El nuevo Observatorio Astronómico Nacional", a cargo del Académico, Profesor, Ing. Jorge Arias De Greiff.
- "Avance de las investigaciones antropológicas en regiones cercanas al Canal del Dique", a cargo del Académico, Profesor Dr. Gerardo Reichel-Dolmatoff.
- "Investigaciones sobre arcillas colombianas en el Departamento de Química de la Universidad Nacional", por la Académica, Profesora, Química Inés Bernal de Ramírez.
- "La Ingeniería Nacional y la Astronomía, a propósito del centenario de Jorge Alvarez Lleras", por el Académico, Prof. Jorge Arias De Greiff.

En dos de las Sesiones ordinarias, intervinieron dos expositores no pertenecientes a la corporación, sobre aspectos relevantes de sus trabajos que susci-

taban interés particular. En primer lugar, se escuchó al Sociólogo señor Litto Ríos Buitrago, quien presentó un Proyecto del "Programa Nacional de Metodología y Técnicas para la Educación Superior". Este proyecto fue elaborado por el propio señor Ríos, a solicitud del ICFES y fue sometido a consideración de la Academia por iniciativa de este Instituto. Posteriormente, la Academia hizo un estudio minucioso del Proyecto presentado e informó sobre sus opiniones al Instituto para el Fomento de la Educación Superior.

En otra Sesión Ordinaria, se escuchó al geólogo Jaime Galvis, la exposición de su trabajo: "El precámbrico en la zona andina de Colombia", trabajo que había sido previamente puesto a consideración del Comité Editorial de la Revista de la Academia. Dada la complejidad del tema y la novedad de los enfoques metodológicos utilizados, la exposición despertó gran interés sobre los Académicos presentes.

Durante el período que finalizó el 30 de agosto pasado, la Academia se enriqueció con el ingreso de 7 nuevos Académicos Correspondientes y la promoción de un Académico Correspondiente a la categoría de Numerario. Las Sesiones Solemnes celebradas para recibir a los nuevos Académicos y en ocasión de la posesión del nuevo Numerario, tuvieron lugar en el Auditorio de la Academia Colombiana de la Lengua.

Al iniciarse el período al cual se refiere este Informe, se posesionó como Académico de Número el doctor Gonzalo Correal Urrego, quien ocupa ahora la silla No. 33, que se hallaba vacante por el fallecimiento del doctor Santiago Triana Cortés. El discurso estatutario del nuevo miembro de Número, versó sobre el tema: "Aspectos de Antropología Física en restos óseos precerámicos de Colombia". En él se expusieron, aparte de otros puntos interesantes, los resultados osteométricos obtenidos en excavaciones realizadas en la Cordillera Oriental, departamento de Cundinamarca.

La Academia Colombiana de Ciencias recibió, en calidad de Miembros Correspondientes a los siguientes científicos y profesionales:

Geólogo Hernando Dueñas Jiménez, Ph. D., cuya disertación versó sobre el tema: "Palinología de los sedimentos Pliocénicos y Cuaternarios de la Sabana de Bogotá".

Químico Daniel Díaz Delgado, quien disertó sobre: "La investigación científica y tecnológica aplicada al desarrollo del país".

El Historiador y Maestro Guillermo Hernández de Alba Lesmes, se refirió a "La obra científica del prócer tulueno Juan María Luis Ceferino Céspedes Vivas" en su exposición que intituló: "Un olvidado botánico del siglo XIX".

En el mes de marzo tomaron posesión como Académicos Correspondientes el Geógrafo Alvaro González Fletcher, quien disertó sobre: "El uso de la estereofotografía en la elaboración de mapas", y el Geólogo Hermann Duque Caro, quien presentó un informe sobre "El diapiroismo y evolución de la costa noroccidental Colombiana".

También se recibió en el presente período, como Académico Correspondiente, al Geólogo Alfonso López Reina, cuya conferencia estatutaria versó sobre el tema: "Los nódulos polimetálicos de los fondos marinos para el desarrollo de Colombia".

#### OTRAS ACTIVIDADES

En el curso de varias sesiones ordinarias se programó el diálogo inter-disciplinario con el fin de aprovechar la experiencia de todos en el examen de temas de interés común.

Los temas tratados fueron: "Medio Ambiente", "Alimentación y Nutrición", "El Parque Natural Serranía de La Macarena" y "Programa Nacional de Educación Superior". A manera de conclusiones sobre los dos últimos temas mencionados, se redactaron sendos documentos que recogen los puntos debatidos de mayor relevancia. El documento sobre Educación Superior se envió al ICFES y el pronunciamiento sobre la necesidad de mantener la Reserva Natural de La Macarena se le dio amplia difusión, enviándolo a las entidades que podían estar interesadas en el tema y al público en general, a través de la prensa.

Como conclusión de estas actividades se considera que los diálogos interdisciplinarios, enriquecen las experiencias individuales y fortalecen la Institución, en cuanto le permiten proyectarse hacia la sociedad.

#### CONSULTAS

La Academia efectuó por encargo de otras entidades el estudio de dos documentos titulados: "Metafísica del pre y pos Universo" y "Nuove Strategie per Farmaci Orfani".

#### BIBLIOGRAFIA

La Biblioteca de la Academia se enriqueció con las publicaciones de dos de sus miembros de Núme-

ro: "Manual para la interpretación de espectros infrarrojos" del Académico Carlos Eduardo Calderón Gómez y "FLora de Colombia – Familia Haloragáceas" del Académico Luis Eduardo Mora Osejo.

Por otra parte la Biblioteca de la Academia se enriqueció mediante la adquisición de obras científicas, en los campos de la Química, Fitoquímica y Botánica.

#### RELACIONES CON OTRAS ACADEMIAS DE CIENCIAS

El Presidente doctor Luis Eduardo Mora Osejo asistió, en representación de la Academia, a la Conferencia reunida en Trieste (Italia) del 5 al 10 de julio/85, bajo los auspicios de la Academia de Ciencias del tercer mundo, sobre "South-South, north-south cooperation in sciences".

Asistieron también a esta reunión los Académicos Gerardo Reichel-Dolmatoff, quien es miembro de Número de la Academia de Ciencias del tercer mundo, Alicia Dussan de Reichel-Dolmatoff, miembro correspondiente de nuestra entidad, y el secretario titular, Académico, Santiago Díaz Piedrahita.

El objetivo principal de esta Conferencia fue el de explorar los medios y recursos más apropiados para desarrollar la Ciencia en el Tercer Mundo, con el mismo fin fortalecer la cooperación Sur-Sur, y Sur-Norte, incrementar los nexos entre las Academias y, en general, entre las comunidades científicas de la región. Por iniciativa de la delegación colombiana se verificaron varias reuniones de los Presidentes de las Academias Latinoamericanas, como resultado de lo cual se firmó un Acta de intención, en la cual expresan los Presidentes y demás miembros de las Academias representadas, la voluntad de trabajar de consuno en busca de lograr el acercamiento de las Academias. También se propuso una reunión de Presidentes de las Academias Latinoamericanas para el próximo año y se sugirió a Bogotá como sede de esta reunión. A manera de una primera estrategia encaminada a concertar el acercamiento de las Academias, se sugirió consultar la posibilidad de incorporar, como miembros correspondientes, de una Academia a los miembros de número de otra Academia Latinoamericana. Dentro de las reuniones celebradas para estudiar la posible creación de centros de investigación científica en el Tercer Mundo, se propuso también la idea de crear un centro regional de estudios de las micorrizas, hongos simbióticos que posibilitan la existencia de las grandes selvas tropicales, sobre los suelos relativamente pobres de las regiones tropicales húmedas.

Por otra parte, los programas que se adelanten por iniciativa de la Academia de Ciencias del Tercer Mundo, dirigidos al fortalecimiento de la Investigación Científica, y, en general de la Ciencia, para el caso de Colombia, serán canalizados por la Academia Colombiana de Ciencias. Entre tales programas cabe mencionar, entre otros, el de otorgamiento de becas y/o subsidios a investigadores colombianos

sobresalientes, la realización de mesas redondas y ciclos de conferencias con la participación de personalidades científicas de reconocida prestancia internacional, el establecimiento de centros regionales de Investigación Científica, referida a problemas que afecten a la población.

#### **PROGRAMA "EL HOMBRE Y LA BIOSFERA"**

En atención a la invitación formulada por Colciencias para que la Academia participe en el Comité Nacional del Programa Mundial, auspiciado por la UNESCO, "El hombre y la Biosfera", está asistiendo a las reuniones de este Comité, el Presidente doctor Luis Eduardo Mora Osejo, con la suplencia del Académico doctor Lorenzo Panizzo Durán.

#### **ACTUALIZACION DE LOS ESTATUTOS**

Los miembros de la actual Mesa Directiva consideraron importante asumir, cuanto antes, la tarea de actualizar los estatutos de la entidad, para lo cual se escuchó en primer lugar, la propuesta del Académico Profesor Luis Guillermo Durán y se continuó la revisión de los mismos, a la luz del documento redactado por los Académicos doctor Luis Enrique Gaviria Salazar e Ingeniero Eduardo Caro Cayzedo.

#### **REUNION ESTATUTARIA**

El día 30 de agosto culminó el año académico, mediante la celebración de una Sesión Solemne, en la cual se rindió homenaje a la memoria del Académico Fundador, Ingeniero Jorge Alvarez Lleras. En calidad de invitados especiales se hicieron presentes en esta reunión el doctor Hernando Bernal, director del Instituto Colombiano para el Fomento de la Educación Superior (ICFES), el doctor Luis Blanco, vicerector académico de la Universidad Nacional de Colombia, y el doctor Gonzalo Jiménez Escobar, presidente de la Sociedad Colombiana de Ingenieros; así mismo, se contó con la asistencia de algunas de las esposas de los académicos presentes. Durante la reunión y como acto especial, se descubrió el retrato al óleo del homenajeado y el Académico, Ingeniero Jorge Arias De Greiff, leyó el discurso alusivo, intitulado "La Ingeniería Nacional y la Astronomía, a propósito del centenario del nacimiento de Jorge Alvarez Lleras.

El Presidente, doctor Luis Eduardo Mora Osejo, además de rendir sentido homenaje a la memoria del ilustre Académico fundador, reafirmó los propósitos que animan el trabajo de la Corporación e invitó a los asistentes a adoptar estos propósitos co-

mo marco de referencia que oriente el compromiso de la Academia con el país.

La reunión culminó con un sencillo acto social.

#### **LABORES ADMINISTRATIVAS**

En el presente período se avanzó notablemente en la consolidación administrativa de la Academia, se obtuvo del Gobierno Nacional un aporte por la suma de \$4.000.000 que no solamente ha permitido asegurar su funcionamiento, sino completar la instalación de la sede.

Se inició la instalación de la estantería para la biblioteca y se complementaron los muebles necesarios para la sala de reuniones. La sede es ahora un recinto acogedor para las labores de todos los Académicos.

Se continúa también la labor de organización de la Biblioteca y la Hemoteca, la cual se aspira a abrir a la comunidad científica el próximo año.

#### **PUBLICACIONES**

Se inició la preparación de los números 60 y 61 de la Revista de la Academia. El número 60 aparecerá en este mes y se espera que el número 61 se publique a mediados del presente año.

Durante este período se inició la preparación de una segunda edición de los Diarios de Humboldt, publicados en primera edición por la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales en colaboración con la Academia de Ciencias de la República Democrática alemana en 1983. Se acordó que los textos de Humboldt irían acompañados de anotaciones explicativas, con el objeto de facilitar la lectura. Se solicitó autorización a la Academia de Ciencias de la República Democrática Alemana para incluir en la segunda edición los diarios relativos al viaje de Humboldt por el Ecuador, especialmente los relacionados con el encuentro de Humboldt y nuestro compatriota Francisco José de Caldas. Para la preparación de esta segunda edición se creó un Comité que quedó integrado así: Académicos Jorge Arias De Greiff, Santiago Díaz Piedrahita, Ernesto Guhl, Jairo Mojica, Luis Eduardo Mora Osejo y Gerardo Arboleda.

**LUIS EDUARDO MORA OSEJO**

Presidente

**INES BERNAL DE RAMIREZ**

Secretaria (E.)

## ACUERDO No. 1/84

LA ACADEMIA COLOMBIANA  
DE CIENCIAS EXACTAS,  
FISICAS Y NATURALES,

### Considerando:

Que ha fallecido en esta ciudad el doctor Federico Medem Medem, miembro correspondiente de esta Academia.

Que el doctor Medem Medem se distinguió como uno de los más sobresalientes herpetólogos de Sudamérica.

Que realizó y publicó numerosos trabajos en el campo de la Herpetología,

Que dirigió con gran acierto la Estación de Biología Tropical "Roberto Franco" de la Universidad Nacional, en la ciudad de Villavicencio, convirtiéndola en uno de los centros principales para el estudio de la herpetofauna del continente,

### ACUERDA:

ARTICULO 1o. Lamenta el fallecimiento del doctor Federico Medem Medem, miembro correspondiente de la Academia.

ARTICULO 2o. Destinar un espacio de la Revista para publicar su biografía y algunos de sus más importantes trabajos.

ARTICULO 3o. Celebrar una reunión extraordinaria en la cual se honrará su memoria, conjuntamente con la de otros ilustres Académicos fallecidos recientemente.

Copia del presente Acuerdo se enviará en nota de estilo a los familiares del doctor Medem Medem, a la Rectoría e Instituto de Ciencias Naturales de la Universidad Nacional de Colombia y se publicará en la Revista de la Academia.

LUIS EDUARDO MORA OSEJO  
Presidente

INES BERNAL DE RAMIREZ  
Secretario (E.)

## ACUERDO No. 2/84

LA ACADEMIA COLOMBIANA  
DE CIENCIAS EXACTAS,  
FISICAS Y NATURALES,

### Considerando:

Que el día 12 de mayo pasado se cumplió el primer aniversario del fallecimiento, en esta ciudad, del doctor Augusto Gast Galvis, miembro numerario de esta Academia,

Que el doctor Gast Galvis se distinguió como uno de los científicos más connotados de Colombia en el área de la Entomología Médica y como catedrático universitario,

Que realizó y publicó valiosos trabajos, en particular, en referencia a insectos transmisores de enfermedades en Colombia, especialmente fiebre amarilla y paludismo,

Que desempeñó importantes cargos en entidades particulares y gubernamentales,

Que impulsó y dirigió con gran acierto el Laboratorio Samper Martínez, que participó en varios congresos Médicos y Programas de Salud, contribuyendo al bienestar de la comunidad colombiana,

Que obtuvo numerosas condecoraciones por sus valiosas investigaciones,

### ACUERDA:

ARTICULO 1o. Lamentar el fallecimiento del doctor Gast Galvis, miembro del número de la Academia,

ARTICULO 2o. Destinar un espacio de la Revista para publicar su biografía y algunos de sus más importantes trabajos,

ARTICULO 3o. Celebrar una reunión extraordinaria en la cual se honrará su memoria, conjuntamente con la de otros ilustres académicos fallecidos recientemente.

Copia del presente acuerdo se enviará a los familiares del doctor Gast Galvis, y se publicará en la Revista de la Academia.

LUIS EDUARDO MORA OSEJO  
Presidente

INES BERNAL DE RAMIREZ  
Secretario (E.)