



---

La red fluvial de Cuba y su interpretación morfoestructural

Author(s): M.O. Cotilla Rodríguez, E.C. González Clemente, C.C. Cañete Pérez, J.L. Díaz Comesañas and R. Carral Chao

Source: *Revista Geográfica*, No. 134 (JULIO-DICIEMBRE 2003), pp. 23-50

Published by: [Pan American Institute of Geography and History](http://www.jstor.org/stable/40992852)

Stable URL: <http://www.jstor.org/stable/40992852>

Accessed: 07/05/2013 23:54

---

Your use of the JSTOR archive indicates your acceptance of the Terms & Conditions of Use, available at <http://www.jstor.org/page/info/about/policies/terms.jsp>

JSTOR is a not-for-profit service that helps scholars, researchers, and students discover, use, and build upon a wide range of content in a trusted digital archive. We use information technology and tools to increase productivity and facilitate new forms of scholarship. For more information about JSTOR, please contact support@jstor.org.



*Pan American Institute of Geography and History* is collaborating with JSTOR to digitize, preserve and extend access to *Revista Geográfica*.

<http://www.jstor.org>

# La red fluvial de Cuba y su interpretación morfoestructural

M.O. Cotilla Rodríguez\*  
E.C. González Clemente\*\*  
C.C. Cañete Pérez\*\*  
J.L. Díaz Comesañas\*\*  
R. Carral Chao\*\*

## Abstract

The work is an application of the Geomorphology, with the element employment of river type, for the subsequent morphostructural characterization of Cuba. The fluvial net is studied in detail and are categorized the watersheds (water parting or dividing) of the superficial waters in two neither-you watch, principal and secondary, that are reflected in a map of scale 1:250,000. They were delimited 81 and 112 river basins to the north and to the south, respectively, of the dividing principal. The Cauto River possesses the greater level (value seven) of the river classification. There is a principal watershed of 1,260 km of extension, that is drawn from the west (Cape of San Antonio) until the eastern extreme (Headland of Maisí). In the eastern region this element is split into two branches.

## Resumen

El trabajo es una aplicación de la Geomorfología, con el empleo de elementos de tipo fluvial, para la posterior caracterización morfoestructural de Cuba. En él es estudiada con detalle la red fluvial y son categorizados los parteaguas (divisorias) de las aguas superficiales en dos niveles, principales y secundarios, que se reflejan en un mapa de escala 1:250,000. Se delimitaron 81 y 112 cuencas fluviales al norte y al sur, respectivamente, de la divisoria principal. El río Cauto posee el mayor nivel (valor siete) del ordenamiento fluvial. Hay un parteaguas principal de 1,260 km de extensión, que se dibuja desde el occidente (Cabo de San Antonio) hasta el extremo oriental (Punta de Maisí). En la región oriental este elemento se divide en dos ramas.

\* Departamento de Geofísica y Meteorología, Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid. E-mail: macot@fis.ucm.es

\*\* Instituto de Geología y Paleontología, Ministerio de la Industria Básica de Cuba.

## Introducción

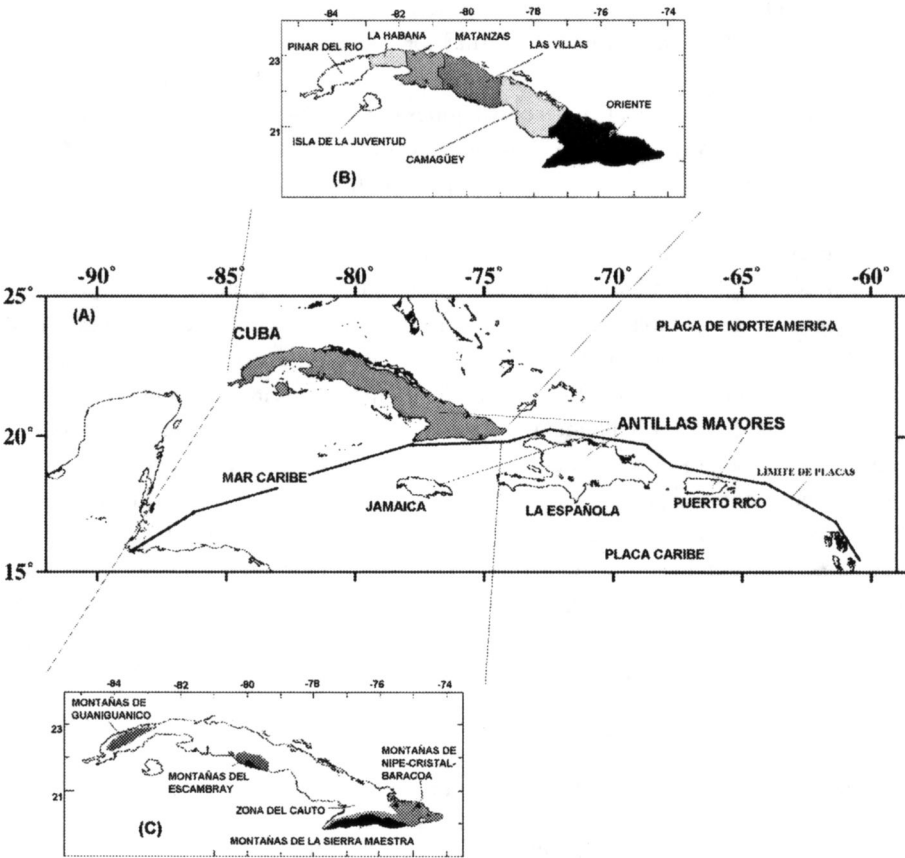
Cada vez más se reconoce la importancia de la aplicación de la Geomorfología en las investigaciones estructurales y de los yacimientos de minerales sólidos. Entre los trabajos geomorfológicos, el levantamiento de la red fluvial y la determinación de sus particularidades fundamentales, permite efectuar un amplio análisis, ya que se vinculan diversos aspectos inherentes a los valles fluviales y sus parteaguas (o divisorias) (Filosofov, 1960, 1967a, b, c; Korzhuev, 1979; Leopold y Wolman, 1957). En este sentido, la determinación de criterios de clasificación de los parteaguas (principales y secundarios) permite una mejor interpretación y un correcto escalonamiento taxonómico con vistas a la clasificación morfoestructural. Un parteaguas no es una línea imaginaria, sino un elemento lineal del relieve (Bates y Jackson, 1987; Whittow, 1984). También, las diferentes particularidades fluviales predominantes dan una prueba de los distintos tipos litológicos de la superficie terrestre y las anomalías derivadas de los movimientos neotectónicos diferenciales (Gorelov *et al.*, 1979).

La escala 1:250,000 aquí utilizada, para la representación final, es adecuada en las investigaciones estructurales regionales y para establecer vinculaciones de la red fluvial en la búsqueda de yacimientos (Filosofov, 1967b); no obstante estos análisis pueden efectuarse, a una escala de mayor detalle y obtener consecuentemente resultados más precisos (Cotilla *et al.*, 1997). Con el estudio de la red fluvial este artículo inicia una serie que tiene como propósito general mostrar la metodología, propuesta por los autores, para el análisis morfoestructural de Cuba. Este camino ha sido desarrollado con éxito por diversos autores, entre ellos Dedrov (1966) y Ferens-Sorotskig *et al.* (1972).

## Datos del relieve, la geología y la tectónica de Cuba

Cuba, desde el punto de vista físico-geográfico, es un archipiélago (110,22 km<sup>2</sup>) localizado en el Caribe. Es la mayor isla del denominado Arco de Las Antillas Mayores (Figura 1). La plataforma insular (≈68.000 km<sup>2</sup>) rodea al archipiélago con un ancho variable (−10 m a −55 m) y en la que hay predominio de llanuras abrasivas y abrasivo-acumulativas; así como también formas sub-aéreas (como escarpas, cauces y depresiones de diferente geometría) (Hernández *et al.*, 1988). El talud insular es un escalón de tipo estructural y tectónico de aproximadamente 5 km de profundidad que marca el límite con las zonas más profundas (fosas y depresiones oceánicas). La extensión de la isla de Cuba, la mayor del archipiélago, es de 1,256.20 km. Mientras que sus costas miden en total 5,745.92 km (3,208.81 km la norte y 2,537.11 km la sur) (González *et al.*, 1989).

De acuerdo con Díaz *et al.* (1990) el relieve actual de Cuba es resultado de la interacción de los procesos endógenos y exógenos en la región América del Norte y Caribe. En ella hay una evidente heterogeneidad por elementos climáticos (zona tro-



**Figura 1.** (A) Localización de Cuba en el contexto del Caribe. (B) División político-administrativa de Cuba para el periodo 1970-1975. (C) Sistemas de montañas mencionados en el texto.

pical húmeda) y geodinámicos (contacto de placas litosféricas Caribe-América del Norte) (Figura 1). Como nuestro propósito es el estudio de la red fluvial basta con saber que es a finales del Paleógeno que comienzan los movimientos verticales y concluyen los movimientos compresivos. Evidentemente, hay una adecuación de las estructuras alpinas a tal contexto geodinámico, pero posteriormente sufren, de conjunto con el resto del territorio, la influencia de otros empujes verticales. Entonces durante el Oligoceno Superior-Mioceno Medio acontece una etapa de estabilidad tectónica general, con la consecuente formación y desarrollo de cuencas sedimentarias que reciben el aporte de las zonas elevadas aledañas. Es de esta etapa la superficie de planación que se aprecia en las elevaciones contemporáneas y que originalmente era muy extensa. A fines del Mioceno tal superficie se fragmenta a consecuencia de los procesos endógenos, y surgen los bloques de diferente altura que constituyen el neoplano cubano (González *et al.*, 1989).

La corteza de Cuba se divide en dos grandes mosaicos geológicos superpuestos, los cuales se corresponden con diferentes etapas de su desarrollo: un cinturón plegado y un neoa autóctono (Iturralde, 1992). El neoa autóctono comprende la etapa desde el Eoceno Superior (parte alta) hasta el Reciente donde predominan los movimientos verticales oscilatorios, con fallas supeditadas transcurrentes y sinistras (dirección NE-SO), probablemente relacionados con la transpresión a lo largo del margen norte de la placa Caribe; también se desarrollan cuencas sobre el cinturón deformado con una deposición clástica y carbonatada, pero sin actividad magmática. A pesar de que se destacan tres etapas principales en la evolución de esas cuencas, cada una con un ciclo completo de transgresión-regresión, los levantamientos dominaron en la evolución tectónica general. La etapa neoa autóctona comenzó a partir de la activación de la fosa de Bartlett-Caimán y su sistema de *pull-apart*, cuando los procesos de tectónica convergente de la placa Caribe se trasladaron sucesiva y progresivamente hacia el este (Ross y Scotese, 1988).

### Particularidades generales de los sistemas fluviales

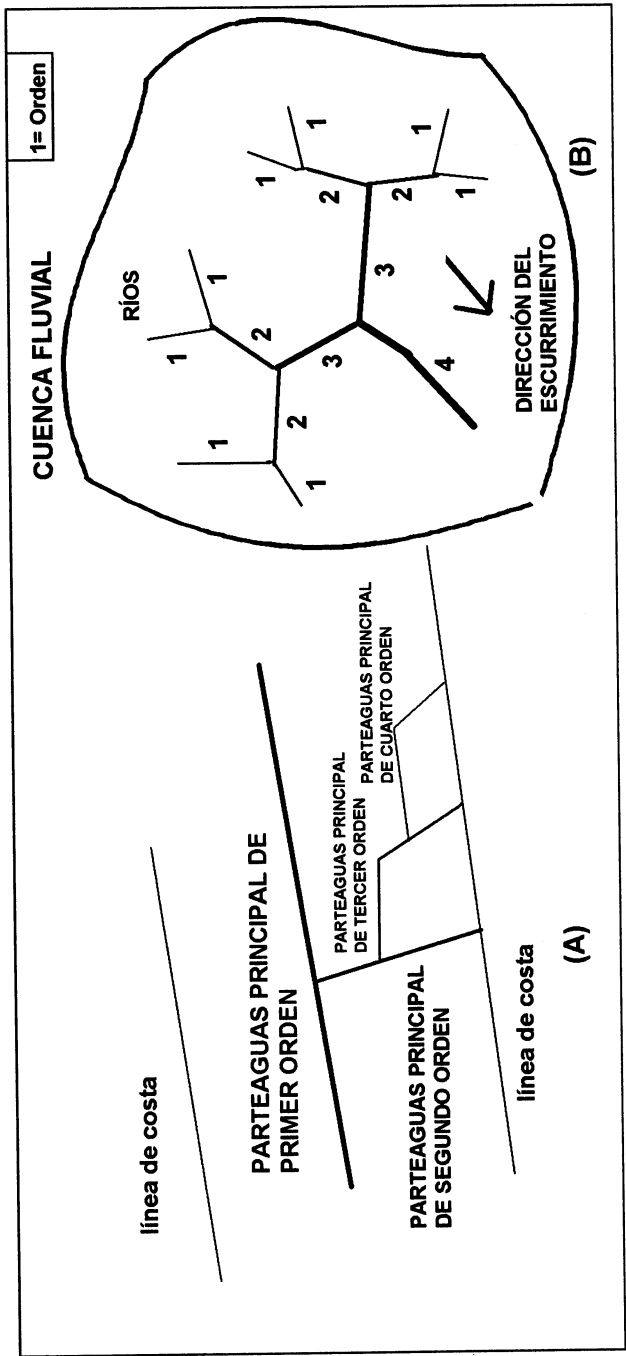
Al evaluar el carácter de los sistemas fluviales, con el propósito morfoestructural, consideramos, como Filosofov (1960), que es necesario apoyarse en el planteamiento teórico de que al río le es inherente la tendencia a la elaboración de la vía más corta hacia la base de la erosión. Además considerando que las redes de drenaje son afectadas por muchos factores, su análisis es muy útil en la interpretación de las características geomorfológicas, la comprensión del control estructural y la evolución de las formas del relieve (Zennitz, 1932).

Cada cuenca fluvial contiene una red de valles fluviales de diferentes edades. El análisis de los valles de edad diferente es de interés para la aclaración de la historia del desarrollo del relieve y de la propia red fluvial, y también para la restitución de ciertas condiciones paleogeográficas y movimientos jóvenes de la corteza terrestre

(Dedrov, 1966). De otra parte, la posibilidad de superponer el mapa de la red fluvial sobre una base geológica permite apreciar la interrelación de los dibujos diferentes de los sistemas fluviales con la litología. No obstante, algunas formas que adopta el conjunto de valles fluviales son causadas por los movimientos neotectónicos, y en general así se asocian a diferentes formas estructurales (Ferens-Sorotskig *et al.*, 1972; Gorelov *et al.*, 1979; Howard, 1967; Leopold y Wolman, 1957).

En nuestro caso, la determinación de las particularidades que adoptan los sistemas fluviales se hizo sobre mapas a escala 1:10,000, 1:25,000, 1:50,000, 1:100,000 y 1:250,000 (Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1986) y valorando la información de las fotos aéreas pancromáticas, escala 1:37,000 y 1:62,000 (Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, 1982). El interés de los autores es mostrar la necesidad de hacer estas investigaciones, por la información que se obtiene de la litología, la estructura y la geomorfología. Se debe considerar que la escala del mapa que se utilice para el levantamiento y el ordenamiento de la red fluvial determina la exactitud de los órdenes de los valles principales de las cuencas fluviales (Filosofov, 1967c). Obviamente, en un mapa a escala 1:50,000 el orden podría ser dos o tres veces mayor (quizás más) que el determinado en el mapa de escala 1:250,000 (Cotilla *et al.*, 1997). No obstante, no existe ninguna dependencia proporcional, entre los órdenes de los valles y la escala del mapa, pero en general con la disminución de la escala, disminuye también el orden de los valles (Filosofov, 1967).

La clasificación taxonómica aquí empleada para la red fluvial es la denominada “dicotómica” de Filosofov (1960, 1967c) (Figura 2). Ella es similar, pero no igual, a la utilizada en el denominado “Mundo Occidental”, aunque en realidad debe decirse “Mundo anglo-sajón”, excluyendo abiertamente las partes hispana y latina, ver por ejemplo Horton (1932, 1945) y Strahler (1952, 1953, 1957). Esta clasificación del orden de los ríos y los criterios sobre la edad de los mismos la resume Filosofov (1967b) en la siguiente frase: “...con seguridad se puede decir que los valles de órdenes elevados, se originaron, mucho antes que los más bajos”. Se comprende entonces, que el orden de los ríos crece hacia los cursos inferiores, por lo que el río principal de la cuenca tiene consecuentemente el orden más alto. Esta regularidad tiene una amplia difusión. Pocas veces se observa lo contrario. Por lo que de acuerdo con Filosofov, los escalones más bajos de la red fluvial deben tener una edad más joven que los escalones superiores. Esto aparece, por ejemplo, en el ascenso de las partes más bajas de la red de valles, inmediatamente después que retrocede la cuenca marina. Un fenómeno semejante puede observarse también en el caso de la intersección de los valles más antiguos, con las formas erosionadas jóvenes. Sin embargo, en los casos antes mencionados, la ley de que “cuanto mayor es el orden tanto más antiguo es el valle”, no pierde totalmente su valor. Realmente, la parte superior del valle en virtud de cualesquiera de las causas enumeradas, puede ser la más antigua, pero esta parte más antigua del sistema siempre recibe los afluentes de órdenes más bajos, que tienen una edad más joven. En este sentido, la existencia de un gran nú-



**Figura 2.** Esquema de la clasificación taxonómica utilizada para: A) los parteaguas (divisoria) principales, B) los ríos.



mero de valles antiguos de órdenes pequeños está asociada con las particulares anómalas del desarrollo de algunas cuencas (Filosofov, 1967c).

Se plantea que los valles diferentes en cuanto a la edad tienen diferencias morfológicas (Dedrov, 1966). Los ríos más grandes tienen valles del Plioceno y pre Plioceno. Sus afluentes y sectores superiores, poseen valles del Pleistoceno medio, con una menor elaboración. En su orden los afluentes de estos ríos y también raramente sus cursos superiores, tienen valles post Plioceno. Por último, en los cursos superiores de los ríos, los valles cambian por precipicios y barrancos. En esta línea de razonamientos es factible proponer que los valles fluviales del mismo orden son de la misma edad. Así el vínculo regular del orden y la edad de los valles fluviales confirma que el desarrollo de los mismos ocurrió precisamente mediante erosión regresiva. De igual forma los valles de diferente orden tienen una correlación desigual con la estructura tectónica. Los valles antiguos de órdenes elevados se encuentran en un vínculo más exacto con la estructura tectónica que los valles jóvenes de órdenes pequeños (Filosofov, 1967b, c).

Sobre la base de los resultados de Dedrov (1966) y Filosofov (1967c) en cuanto al desarrollo del orden de los valles es posible asegurar que éste avanza desigualmente en los distintos tipos de relieve. En condiciones de llanuras, el desarrollo es más lento que en las regiones de montañas. Mientras que en condiciones de un levantamiento tectónico prolongado, el crecimiento del orden de los valles avanza considerablemente más rápido que en condiciones de un descenso tectónico. Se ha visto que la longitud de los valles de un orden dado depende de las condiciones geológicas y geomorfológicas. En las regiones montañosas habitualmente se observa un rápido crecimiento del orden, mientras la longitud de los valles, particularmente de los de orden más joven, es pequeña. Pero en las regiones de llanura, el orden de los valles crece más lentamente, mientras la longitud de los valles de un orden correspondiente aumenta significativamente.

Es conocido que las formas negativas del relieve acusan el traslado de un volumen determinado de sedimentos y rocas por la acción de las corrientes de agua, formando así los valles fluviales. Las rocas así acumuladas tienen una función importante, ya que conformarán la divisoria de aguas (o interfluvio) entre ellos (o parteaguas para los autores). Estas formas casi siempre son singenéticas, porque la divisoria de agua surge simultáneamente, con las cuencas fluviales separadas por ellas. Es decir, las líneas parteaguas surgen al mismo tiempo que los valles cuyo escurrimiento delimitan. Esto se ve claramente en el caso de los valles de órdenes inferiores. A medida que aumentan los órdenes de los valles y se complica el dibujo de los sistemas fluviales, la relación, entre las líneas de parteaguas y los valles de la misma edad, es difícil y a veces desaparece (Filosofov, 1967b).

Los parteaguas son formas de relieve más estables que los valles. Estas últimas, durante los movimientos, son colmadas por sedimentos y se convierten en enterrados, mientras que los parteaguas bastante más altos se conservan en la superficie del



relieve, delimitando el escurrimiento del agua entre valles más jóvenes. El problema entre la edad de los valles y los parteaguas requiere ser analizado independientemente y después de haber realizado todas las tareas geomorfológicas de campo y de gabinete (Filosofov, 1967b, c).

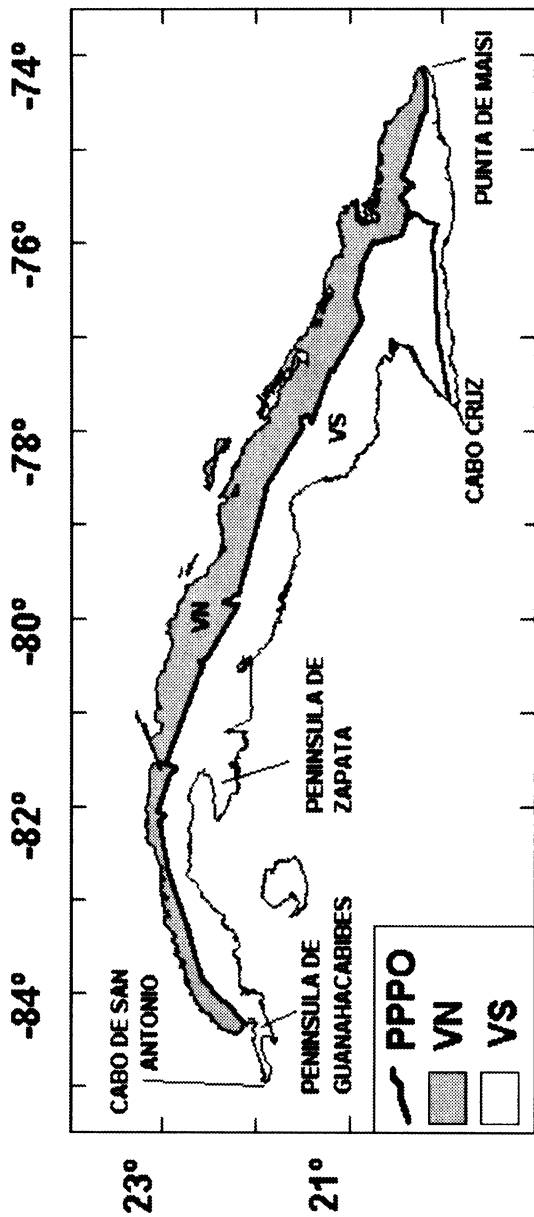
Es práctica común en los estudios morfoestructurales con metodología rusa realizar un ordenamiento taxonómico de los parteaguas (González *et al.*, 1989). Así, el parteaguas principal (PP) delimita cuencas fluviales completas hasta la línea de costa o zona pantanosa. Por su parte el parteaguas secundario (PS) delimita parcialmente ríos o afluentes de una misma cuenca fluvial (Figura 2). Estos dos grupos de parteaguas tienen a su vez un nivel de clasificación de primer a cuarto órdenes. El parteaguas principal de primer orden (PPPO) es aquel parteaguas que define las vertientes principales que en el caso de la estructura geológica de Cuba son dos; obviamente considerando el carácter insular y la extensión en sentido longitudinal, las vertientes norte y sur que corren hacia las costas homónimas correspondientes (Figura 3). Existe una regularidad en la clasificación propuesta, y es que los parteaguas de los restantes órdenes se extienden a partir de los de órdenes superiores.

La determinación de los órdenes de los valles y de los parteaguas, es necesario y posible utilizarlo en muchas tareas geológicas y geomorfológicas, como por ejemplo en el muestreo de los depósitos minerales, las búsquedas de placeres y flujos de dispersión, la determinación de la edad de los valles, las terrazas, etc. (Howard, 1967). Pero también es útil emplear la organización de la red fluvial de un territorio para la regionalización morfoestructural, puesto que permite interpretar la disposición y características cuantitativas de las zonas y elementos del relieve (González *et al.*, 1989; Cotilla *et al.*, 1997).

## Método

El método de trabajo utilizado fue el geomorfológico. Éste tuvo dos etapas, siempre interrelacionadas, gabinete y campo. En específico se procedió como recomendó Filosofov (1960): 1) Delimitación y representación de todas las corrientes fluviales (superficiales) y sus parteaguas, para nuestro caso se emplearon las escalas 1:50,000 y 1:100,000; 2) Clasificación de los elementos fluviales; 3) Caracterización cuantitativa de esos elementos; 4) Análisis e interpretación de la base de datos.

Para cada cuenca fluvial se realizó un perfil longitudinal y cuatro perfiles transversales. Además se determinaron los siguientes parámetros que se incluyeron en una base de datos relacional: 1) Número de orden; 2) Nombre; 3) Vertiente (norte o sur); 4) Altura máxima (m); 5) Perímetro de la cuenca (km); 6) Índice de Gravelius (IG); 7) Área de la cuenca (km<sup>2</sup>); 8) Cantidad de ríos por orden; 9) Relación de bifurcación (Rb); 10) Longitud del río principal (km); 11) Coeficiente de sinuosidad del río principal (Ks); 12) Pendiente media de la cuenca (%); 13) Pendiente media del río (%); 14) Ancho medio de la cuenca (km); 15) Cantidad de valles tipo "V"; 16) Canti-



**Figura 3.** Representación del Parteaguas Principal de Primer Orden (PPPO) y de las dos vertientes principales de la Isla de Cuba (VN= vertiente norte; VS= vertiente sur).

dad de valles tipo “U”; 17) Orientación media de la cuenca; 18) Disección vertical media de la cuenca (m/km<sup>2</sup>); 19) Disección horizontal media de la cuenca (km/km<sup>2</sup>); 20) Intensidad potencial de la erosión fluvial (m km/km<sup>2</sup>). La explicación y la descripción de cada uno de los métodos utilizados para la determinación de los parámetros antes mencionados se puede localizar, entre otras fuentes, en: Brice (1964), Filosofov (1960), Korzhuev (1979), Hack (1973), Leopold y Wolman (1957), Shreve (1966), y Strahler (1957).

**Resultados: Análisis por provincias**

La red hidrográfica superficial de Cuba no está uniformemente distribuida en el territorio. El área aproximada determinada, para las 580 cuencas superficiales delimitadas, es de 81,000 km<sup>2</sup> y las de ciénagas y pantanos de 26,000 km<sup>2</sup>. Existen zonas con buen desarrollo de la red fluvial y otras en las que ésta es escasa o nula. Así se ha determinado que la densidad de la red fluvial varía de 0.19 a 4.1 km/km<sup>2</sup>, estando determinada la mayor densidad en el río Tánamo en el norte de la región oriental. El 23% de los pantanos y ciénagas está al norte del PPPO y el resto, 77%, al sur.

En la Tabla 4 se presenta un ejemplo para tres ríos de los parámetros incluidos en el estudio. También se obtuvo de la relación entre el ancho de la cuenca y la longitud del río principal una recta por mínimos cuadrados. Esa recta tiene valores de pendiente y de intercepto de 0.65 y 16, respectivamente.

La interpretación de los aspectos predominantes de la red fluvial de Cuba se realiza de occidente a oriente. Por comodidad se usa la división político-administrativa del periodo 1970-1975 (provincias: Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Las Villas, Camagüey y Oriente), analizándose de forma independiente la Isla de la Juventud (Figura 1). En ningún caso se tratan las restantes islas y cayos que constituyen al archipiélago. Las cantidades de ríos de acuerdo a su orden (a partir de 3) por vertientes aparecen en la Tabla 1.

**Tabla 1**  
**Cantidad de ríos con orden igual o mayor que 3**

Isla de Cuba				Isla de la Juventud			
Orden	Vertiente		Total	Orden	Vertiente		Total
	Norte	Sur			Norte	Sur	
7	–	1	1	–	–	–	–
6	11	16	27	–	–	–	–
5	42	44	86	5	1	–	1
4	82	66	148	4	1	9	10
3	74	66	140	3	7	6	13
Total	209	193	402	Total	9	15	24

### ***Pinar del Río***

De la Figura 4 se aprecia que el extremo sur de la provincia de Pinar del Río (península de Guanahacabibes) no tiene organizado un sistema fluvial superficial. El parteaguas principal de primer orden se origina a partir de la bahía de Guadiana y se extiende por toda la Cordillera de Guaniguanico (CG), presentándose en casi toda su extensión más próximo a la costa norte. Existen numerosas cuencas subterráneas, en su mayoría muy cerca de la divisoria principal. La densidad de la red fluvial al sur de la falla Pinar va descendiendo, en lógica relación con la litología. Solamente tres ríos alcanzan el sexto orden: Feo, Ajiconal y Cuyaguaje precisamente en la vertiente sur (Figura 4). La mayor parte de los ríos en esta vertiente alcanza órdenes altos en tramos cortos a partir de su origen; en las llanuras, la red fluvial es menos densa y los afluentes tienen mayor longitud. Resulta muy significativo que en la llanura sur los valles fluviales tienen un mayor desarrollo que los de la llanura costera del norte, pues son más anchos y con un predominio de la acumulación.

Las áreas al sur de la Sierra de los Órganos (parte este de la CG) presentan preponderancia de las arenas sobre la arcilla en los sedimentos que la componen. Por el contrario, al sur de la Sierra del Rosario (parte oeste de la CG) predominan los depósitos arcillosos. Esta peculiaridad está directamente relacionada con el carácter diferente de la litología y del grado de desmembramiento de esas sierras como consecuencia de una diferente condición morfoestructural.

Los ríos que alcanzan el cuarto orden a partir del PPPO, están al sur de la falla Pinar y asociados a las regiones miocénicas. Más al sur, los ríos se presentan con una menor densidad y coinciden con algunas áreas miocénico-cuaternarias y en parte con áreas pantanosas. Debe resaltarse que los ríos sufren modificaciones en su curso al atravesar la falla Pinar, lo que puede reflejar el carácter activo de la misma. Muchos ríos van en dirección perpendicular al PPPO, pero algunos corren en sentido paralelo o casi paralelo a él, causado esto a nuestro juicio por problemas estructurales. Así, los ríos Mantua, Cuyaguaje, Malas Aguas, Santiago, Ajiconal, Rosario y otros dirigen total o parcialmente sus cursos de aguas en el sentido paralelo al PPPO, lo que obviamente representa una anomalía estructural en el comportamiento de estos sistemas fluviales.

### ***La Habana***

El PPPO a excepción de una inflexión hacia el norte cerca de la localidad de Santa Cruz del Norte, divide prácticamente la provincia en dos mitades (Figura 5). La dirección predominante de las cuencas fluviales en la vertiente sur es perpendicular (con excepción del Mayabeque) a la divisoria principal; en la vertiente norte es más irregular. El río Almendares, corre en su mayor extensión paralelo al PPPO, con un cambio brusco de dirección al norte. En las alturas Bejucal-Madruga-Coliseo se

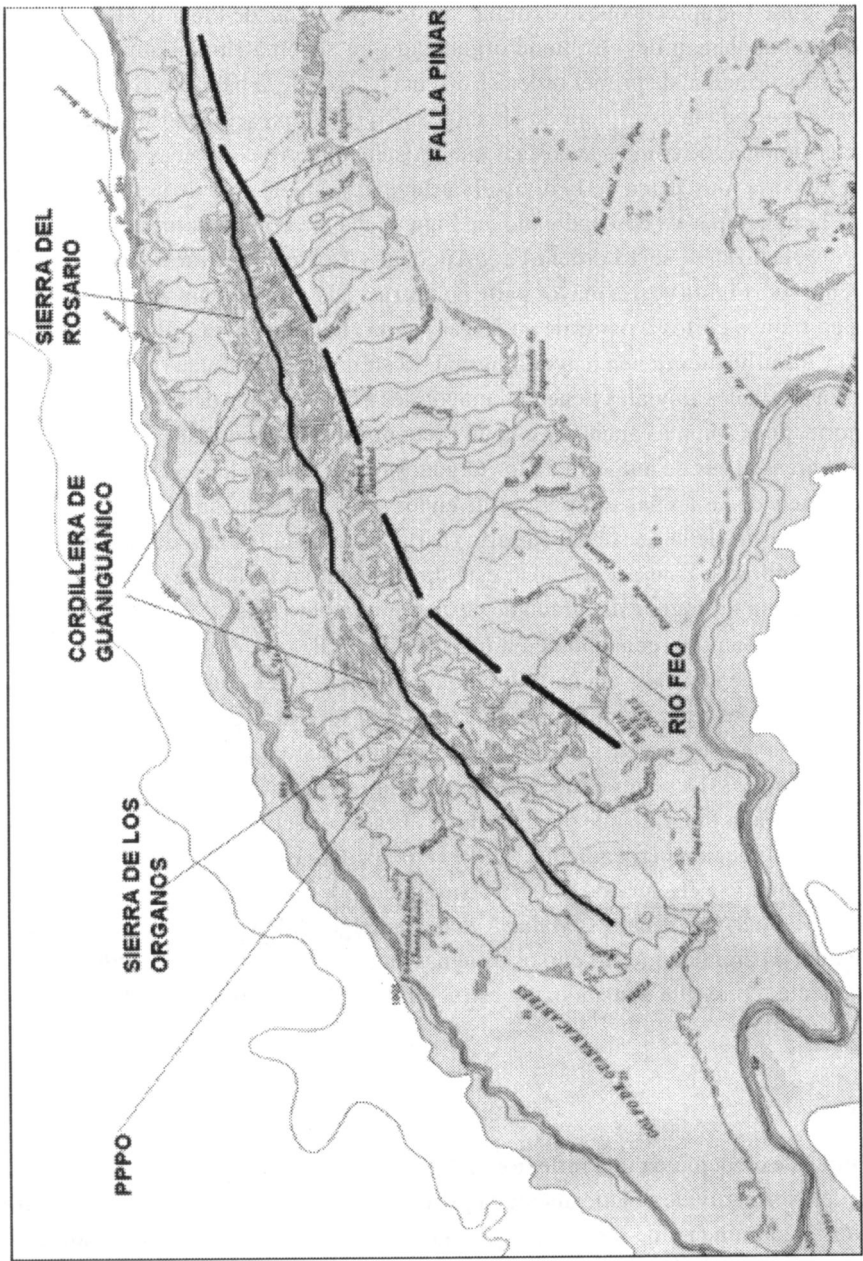


Figura 4. Esquema fluvial de la provincia Pinar del Río.



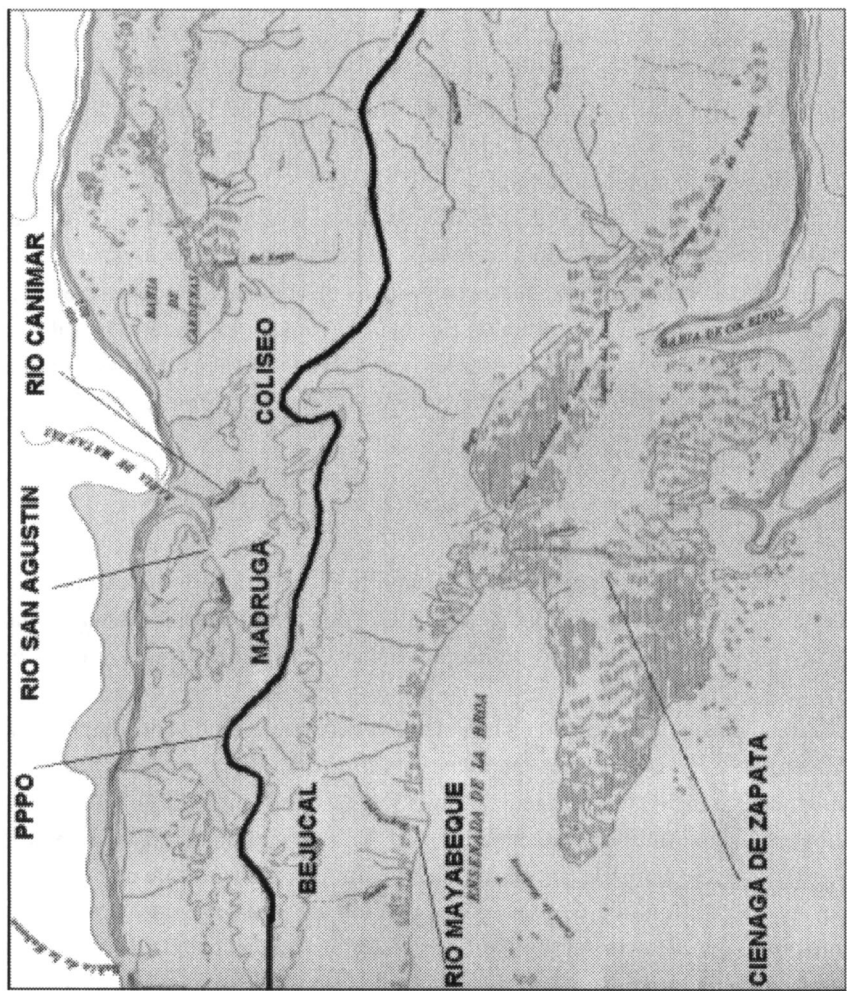


Figura 5. Esquema fluvial de las provincias La Habana y Matanzas.

observa un predominio a la configuración radial, índice de la existencia de una morfoestructura activa elevada.

La llanura costera septentrional está labrada en sedimentos carbonatados del Mioceno y rocas del Cuaternario de origen marino y eólico. Por estas razones el carso está bien desarrollado, dando lugar a extensos campos de lapiez. Algunos ríos antecedentes cortan espectacularmente la superficie de esta llanura. Mientras que la vertiente sur está constituida por una llanura muy plana y más extensa que la anterior. En su conjunto tiene una gran similitud litológica, pues en ella predominan las calizas, y por tramos, calizas y margas interestratificadas, todas del Mioceno. Estos elementos crean las condiciones favorables para el desarrollo del carso cubierto y la definición de un tipo morfoestructural.

La densidad de la red fluvial es mayor en la parte septentrional de la provincia, exceptuando las cabezadas del río Mayabeque (localidades de Bainoa y Caraballo) y en la cuenca del río Santa Cruz, que es un *graben* del Mioceno. Las rocas plegadas ofiolíticas y las vulcanitas, en forma de escamas, favorecen al drenaje irregular, a diferencia de los ríos en las rocas miocénicas, no plegadas y sin estructura compleja. Los ríos de mayor orden (quinto) están en las dos vertientes: Almendares y Jaruco en la norte; y Mayabeque y la Zanja San Luis en la sur.

### **Matanzas**

Los procesos cársticos tienen un gran desarrollo en toda la provincia (más del 50% del área total). Y aunque en la Ciénaga de Zapata no hay un sistema fluvial organizado en ella confluyen ríos de las provincias de Matanzas y Las Villas (Figura 5).

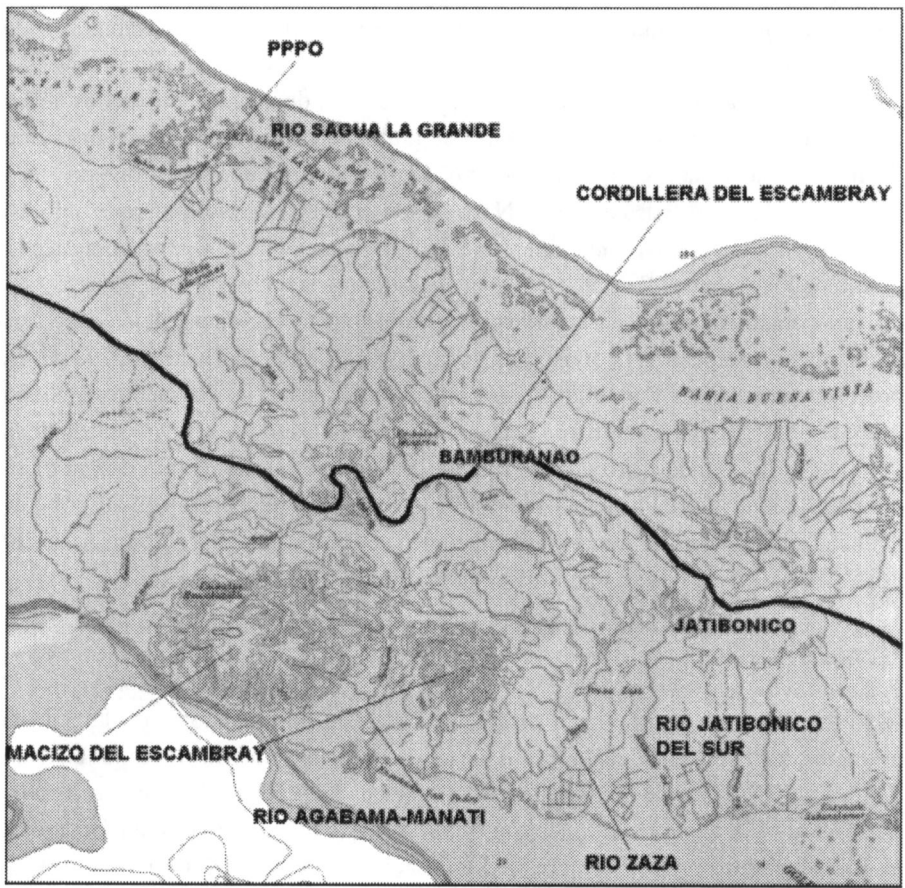
El PPPO presenta una inflexión hacia el norte, cerca de la ciudad de Coliseo (Figura 5). En tanto la vertiente sur mantiene una dirección de las cuencas fluviales perpendiculares a la divisoria principal, la vertiente norte es muy irregular, con distinto dibujo en la configuración de la red fluvial. En este sentido la red fluvial radial se observa sólo en la Loma Jacán, de rocas serpentiniticas. Los ríos de mayor orden son San Agustín y Canímar con una configuración arbórea muy ramificada en la vertiente norte, que alcanzan el sexto orden y desembocan en la bahía de Matanzas. De quinto orden en esta misma vertiente aparece el río Cimarrones que drena a través del Canal de Roque, en la bahía de Cárdenas. En la vertiente sur, el río de mayor orden es San José (quinto). El río Camarones tiene cambios bruscos en su dirección, y en un tramo del recorrido es paralelo al PPPO. También en la Loma Triana nace un río que corre hacia el sudeste y luego cambia su curso bruscamente hacia el norte, desembocando en la bahía de Cárdenas. Se considera que dichas configuraciones son por causa estructural.



**Las Villas**

Son muchos los cambios bruscos de las direcciones de los ríos en esta provincia. Ellos están debidos fundamentalmente a problemas estructurales, aunque es posible la influencia de la litología. Así se concede una mayor importancia estructural al río Agabama-Manatí (sexto orden) que atraviesa de norte a sur al macizo metamórfico Escambray, macrobloque en ascenso, de forma antecedente y que se encuentra enmarcado en un sistema regular de parteaguas principales de segundo orden.

El PPPO casi sigue la dirección de la línea media (a lo ancho) de la provincia (Figura 6). Pasa por el norte de la Cordillera del Escambray y continúa al nordeste por Placetas en dirección a la provincia de Camagüey. Así la mayor densidad de la



**Figura 6.** Esquema fluvial de la provincia Las Villas.

red fluvial se observa en la Cordillera del Escambray, aunque hay un manifiesto incremento en toda la provincia de oeste a este. En la vertiente norte los ríos de mayor orden son: La Palma, Estero de Granadillo y Manacas (todos de quinto); y Sagua La Grande y Sagua La Chica (ambos de sexto). Y para la vertiente sur son: Damují (quinto orden) y Caonao, Hanabanilla, Manatí y Zaza (todos estos de sexto orden). Además hay varias cuencas de drenaje subterráneo.

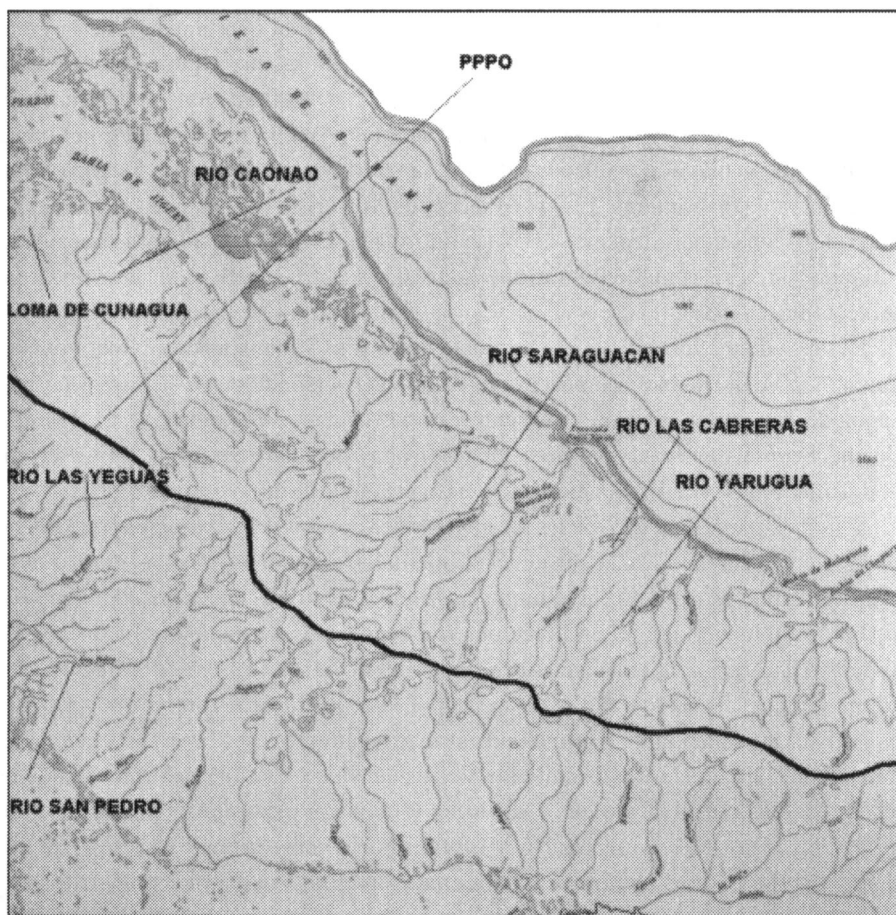
### ***Camagüey***

Uno de los rasgos más notables de la geomorfología de Camagüey es la existencia de una sucesión escalonada de amplias llanuras denudativas. Los niveles hipsométricos más altos de este sistema ocupan el eje central del territorio y constituyen el parteaguas principal de la provincia. No obstante, las llanuras fluviales tienen una distribución muy restringida y sólo aparecen en los valles de los ríos principales. Todo esto es una evidencia del control estructural.

El PPPO se acerca más a la costa norte cuando sale de la provincia de Las Villas pasando por las Sierras de Bamburanao y de Jatibónico; luego continúa en dirección SE hasta alcanzar la provincia de Oriente (Figura 7). Las cuencas de mayor orden en la vertiente norte son: Jatibónico Norte, Caonao, Ciego de Molina, Las Cabrerías, Yanigua y La Caña (todas de quinto); y Vigil y Saramaguacán (ambas de sexto). El dibujo de los sistemas fluviales de las cuencas de esta vertiente es irregular, es decir, tiene cambios bruscos en su dirección, o sigue una dirección paralela o con cierta inclinación respecto a la divisoria principal, que es en definitiva resultado de los procesos estructurales. Por otra parte, la Loma de Yeso, la Isla de Turiguanó y la Sierra de Judas de Cunagua constituyen parteaguas principales locales. Las cuencas de la vertiente sur son menos irregulares que en la vertiente norte, aunque más perpendiculares a la divisoria principal, siguiendo los cambios que ocurren en la forma de la costa sur. Los ríos de mayor orden (quinto) son: Limones, Itabo, Jiquí, Las Yeguas, Malpai y San Pedro; mientras que el Jatibónico del Sur es de sexto.

### ***Oriente***

El PPPO tiene en esta provincia sus peculiaridades. Continuando cerca de la costa norte, bordea la cuenca del río Cauto (el único de séptimo orden) hasta las cabezas del río Gibara, donde toma dirección NE, alcanzando el nordeste de la bahía de Santiago de Cuba, para continuar con rumbo E hasta el extremo oriental de la isla, al sur de la Punta de Maisí (Figura 8). También forma parte del PPPO el tramo aproximadamente rectilíneo desde la intersección anterior, es decir, al nordeste de la ciudad de San Luis, siguiendo hacia el sur (Yerba de Güinea) y después con rumbo



**Figura 7.** Esquema fluvial de la provincia Camagüey.



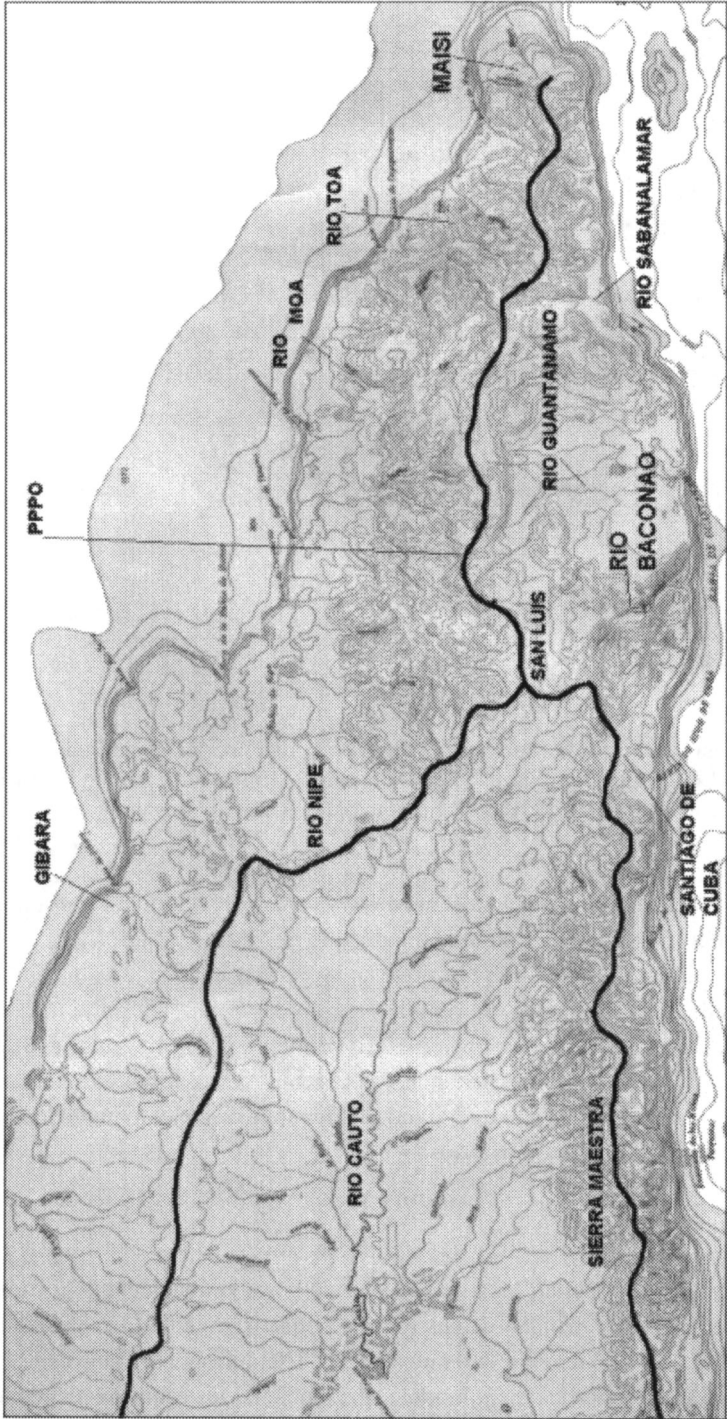
oeste, el cual corta toda la Sierra Maestra hasta las inmediaciones de Cabo Cruz (Figura 8).

El PPPO en la Sierra Maestra no se localiza precisamente sobre los máximos niveles hipsométricos del macizo montañoso, lo que es muy significativo desde el punto de vista estructural y de búsqueda de yacimientos. Sin embargo, el aspecto fluvial más interesante de esta provincia, lo constituye la combinación de la gran cuenca del río Cauto y el rodeo del PPPO antes señalado, que asumimos es debido al control estructural y a la actividad neotectónica. La densidad de los ríos de la cuenca del Cauto no es la mayor de la provincia, aunque posee la mayor área en el país. Mientras que la mayor densidad (global) de la red fluvial de Cuba está localizada en la región bahía de Santiago de Cuba-Pinares de Mayarí-Moa-bahía de Guantánamo (Figura 9). Sin embargo, al este del Turquino se aprecia una considerable densidad, aunque el área sea mucho menor que la anterior. Esto es reflejo de la influencia neotectónica.

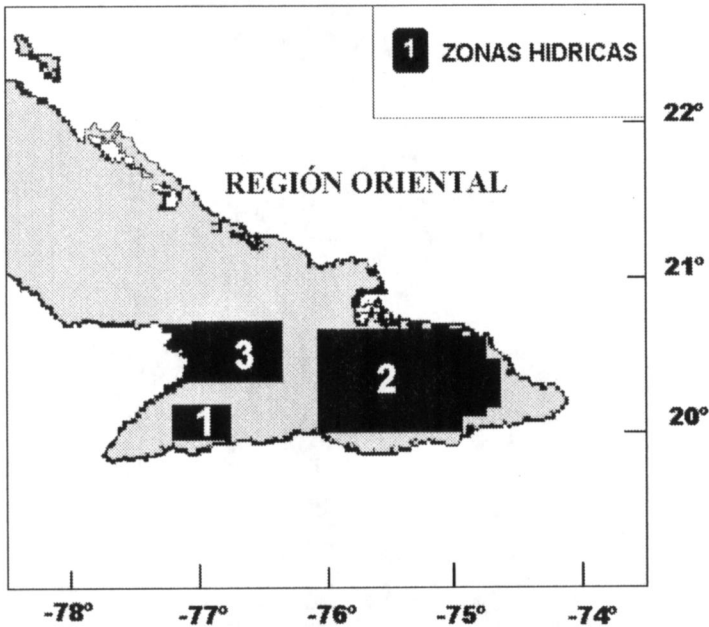
Los ríos de mayor orden en la vertiente norte son: Tana, Hicacos, Nipe, Levisa, Cananova, Moa, Duaba y Yumurí (todos de quinto); y Hondo, Yara, Tacajó, Mayarí, Sagua de Tanámo y Toa (todos de sexto). En la vertiente sur son los ríos: La Mula, Guamá, Sevilla, San Juan, Sardinero, Hondo, Cañas, Sabanalamar, Imías, Jajo y Javen (todos de quinto orden); Guantánamo (sexto orden) y Cauto (séptimo orden).

Según el mapa geológico de las Academias de Ciencias de Cuba y Hungría (1981) las corrientes fluviales en las provincias orientales están determinadas por los elementos tectónicos disyuntivos, aunque un gran número de cañadas primarias se origina sin ninguna relación con la tectónica. No obstante, se ha determinado que la dirección E-O que se aprecia en las cabezadas del río Mayarí (Sierras de Nipe y Cristal) hasta el río Toa sólo tiene explicación por la neotectónica. También se propone que existe una relación de continuidad estructural entre el río Mayarí (el cual corre francamente en dirección S-N entre las Sierras de Nipe y Cristal) y el tramo de idéntica dirección del PPPO, aunque este último está un tanto desplazado al oeste por la influencia de posibles esfuerzos NO y E-O. Es decir, sobre la base del diseño de los elementos fluviales es factible proponer una evolución geodinámica del territorio.

En este sentido señalamos como característico en la región de la Sierra Maestra el fuerte gradiente del relieve de la vertiente sur (VS) en comparación con el que posee la vertiente norte (VN) hasta el río Cauto, lo que motiva que los ríos alcancen un alto orden en tramos muy cortos en contraposición a las áreas tan pequeñas de sus correspondientes cuencas. Además las direcciones E-O del PPPO y N-S de las corrientes fluviales de esta VS son muy significativas y se considera corresponden al control tectónico regional. Las vertientes norte y sur de la Sierra Maestra tienen apreciables diferencias no sólo en el gradiente del relieve, la extensión de los ríos, sino también en el diseño de sus cuencas. Mientras en la parte sur las cuencas son prácticamente perpendiculares a la línea de costa y al PPPO, las correspondientes a la parte norte



**Figura 8.** Esquema fluvial de la provincia Oriente.



**Figura 9.** Representación de tres zonas hídricas de la región oriental (1: Inmediaciones del Pico Turquino, en la Sierra Maestra; 2: Entorno de Santiago de Cuba-Guantánamo-Moa-Mayarí; 3: Entorno del río Cauto en Bayamo).

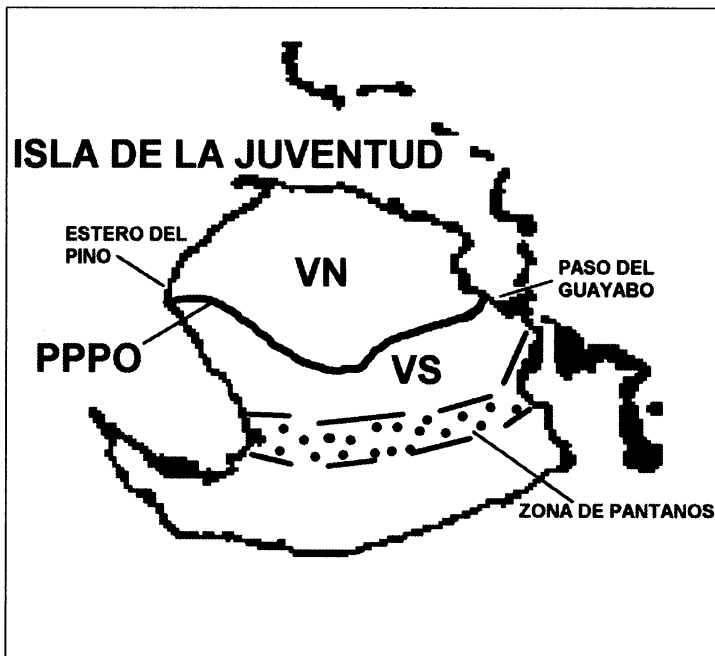
son más heterogéneas con tendencia al noroeste y este-oeste (como un transciente a la dirección del río Cauto). Es factible añadir que el sistema de terrazas fluviales en la VS es totalmente erosivo, mientras que en la VN hay una manifiesta combinación de tipos de tales elementos. Se reitera que esto es debido a la influencia de la neotectónica. De esta forma se destaca por vez primera que las irregularidades del parteaguas principal de primer orden en Cuba Oriental se observan también en La Española (Cotilla *et al.*, 1997), lo que es indudablemente otro elemento de la vinculación geológica entre ambos territorios.

### ***Isla de la Juventud***

Este pequeño territorio insular localizado al sur de la región occidental de Cuba se caracteriza por el metamorfismo de sus rocas y se ha argumentado la vinculación espacio-temporal con el macizo metamórfico del Escambray (Millán, 1992). Sin embargo, a pesar de conocer que el modelo de drenaje en los esquistos depende de

la dureza, del grado de metamorfismo y el tipo de clima, no es posible por la figura del drenaje identificar este tipo de roca, aunque el espaciado de los valles fluviales puede mostrar la variación de la dureza y del grado de metamorfismo de la roca. En cuanto a las calizas, tampoco el drenaje es un dato que ayude mucho en su identificación, salvo en las rocas que están muy carstificadas. En sentido general, para las calizas, el drenaje es pobre y se favorece la formación de valles ciegos, aunque es mayor el encajonamiento de los ríos.

El PPPO se extiende sobre la Sierra de la Cañada desde el Estero del Pino al oeste, hasta el Paso de Guayabo al este (Figura 10). Su forma geométrica es un arco cóncavo al norte. Ningún río alcanza un orden mayor de cinco. Hay seis cuencas fluviales en la vertiente norte y doce en la sur. La configuración predominante y característica, de tipo radial, hacen pensar en un amplio desarrollo de los procesos esculturales. El curso superior de los ríos está libre casi por completo de formaciones aluviales; sólo se encuentran guijarros y lenguas de arena. En el curso inferior se forma un aluvio de tipo areno-arcilloso (ejemplo: ríos Júcaro y San Juan) con potencia de 2-3 metros. Una característica singular del drenaje es la distribución periférica de áreas con tendencia a la acumulación de sedimentos. La parte meridio-



**Figura 10.** Esquema fluvial de la Isla de la Juventud.



nal que no tiene un sistema fluvial organizado posee un sustrato geológico homogéneo (Fm. Jaimanitas de calizas órgano-detríticas y organógenas y calcarenitas, de color gris pardo, débilmente consolidadas, de edad Pleistoceno Medio-Superior).

Apuntes finales

La red fluvial de Cuba se caracteriza por la gran cantidad de ríos con curso corto. Esto es debido a dos factores: 1) el relieve, 2) la configuración de la isla. Todos los ríos tienen, principalmente, un caudal pobre dada la baja orografía y las condiciones climáticas. La región oriental resulta ser la de mayor irrigación en cuanto al número de ríos y al caudal. Por todo esto se puede sostener que la red fluvial de Cuba está determinada por dos grupos de factores: 1) Físico-geográficos (que se pueden considerar para la escala de trabajo estables), 2) Climáticos (principalmente la lluvia que es muy inestable).

En la Tabla 2 se presenta un resumen de estimados morfométricos para algunas zonas de Cuba. Además, se obtuvieron valores de 39.6 cuencas / 50 km<sup>2</sup> y 22.5 cuencas / 50 km<sup>2</sup> para las vertientes norte y sur, respectivamente. También hay una significativa diferencia en cuanto a cantidad de cuencas fluviales entre la parte occidental (provincias Pinar del Río, La Habana, Matanzas, Las Villas y Camagüey, con aproximadamente el 80% del total) y la parte oriental. Estas cifras pueden interpretarse como una diferenciación de la estructura geológica contemporánea, que ha sido reconocida en trabajos de geofísica (Bush y Shcherbakova, 1986; Otero *et al.*, 1998).

Tabla 2  
Estimados morfométricos por zonas

Provincia	Altura máxima (m)	Altura media (m)	Distancia (m) entre divisorias (o vaguadas)
Pinar del Río	SO 591; SR 699	120	SO 400-500; SR 500-750; LLS 1,000-3,000
La Habana	309	80	SA 500-1,000; LLS 2,000-3,000
Matanzas	381	60	400-1,000
Las Villas	1,140	100	400-750
Camagüey	330	60	750-2,000
Oriente	NCB 1.231; SM 1.974	200	NCB <400; SM 400-750
Isla de la Juventud	310	40	440-750

**Leyenda:** LLS: Llanura del Sur; NCB: Grupo Montañoso Nipe-Cristal-Baracoa; SA: Sistema de Alturas; SM: Sierra Maestra; SO: Sierra de los Órganos; SR: Sierra del Rosario.

El PPPO de Cuba en su trazado guarda una importante relación estructural con las neoformas. Al superponer al mapa confeccionado los sectores de levantamientos neotectónicos obtenidos de la composición de las diferencias de las superficies básicas (isobasitas) de 2do-3er órdenes y 4to-5to órdenes (González *et al.*, 1989), se ve que el mayor número de ellos está concentrado en las zonas elevadas, donde los órdenes de los ríos son menores, por consiguiente, son más intensos los procesos neotectónicos y hay una importante erosión. En la Tabla 3 se incluyen algunos datos. Con independencia que la densidad de drenaje y las áreas son diferentes para las dos vertientes principales (norte y sur) de la isla de Cuba se obtuvo un mismo valor —2.4— para la relación del número de sectores de levantamientos neotectónicos / número de corrientes fluviales (a partir del 3er orden).

Tabla 3  
Cantidad de sectores de levantamientos neotectónicos de orden 2-3 y 4-5  
con relación al Parteaguas Principal de Primer Orden

<i>Isla de Cuba</i>					<i>Isla de la Juventud</i>				
	<i>Situación</i>					<i>Situación</i>			
	<i>Al</i>	<i>Al</i>				<i>Al</i>	<i>Al</i>		
<i>Órdenes</i>	<i>norte</i>	<i>sur</i>	<i>Sobre</i>	<i>Total</i>	<i>Órdenes</i>	<i>norte</i>	<i>sur</i>	<i>Sobre</i>	<i>Total</i>
2°-3°	501	456	117	1,074	2°-3°	5	3	3	11
4°-5°	14	13	27	54	4°-5°	1	0	2	3
Total	515	469	149	1,128	Total	6	3	5	14

Se considera que para la isla de Cuba existe una relación directa entre los tipos de costas delimitados y los elementos fluviales. Así, en la provincia Oriente, donde los valores de la densidad fluvial y las pendientes de los ríos y cuencas son los mayores, hay un predominio de costas dentadas, abrasivas y erosivo-tectónicas vinculadas a montañas y alturas diseccionadas y con terrazas marinas. Mientras que en la inmensa mayoría del resto del territorio cubano predominan las costas de llanuras bajas, planas, fluvio-marinas (deltáicas) y marinas en las cuales las pendientes de los ríos son mucho menores que en Oriente. Esto es un elemento que puede ser empleado para la clasificación morfoestructural.

Se ha determinado que en Cuba hay muchos tramos rectilíneos de cursos fluviales, pero no todos son debidos a la existencia de fallas. Sin embargo, algunos ríos o tramos de ellos sí están relacionados con fallas activas. Entre ellos están: 1) el río Baconao (en el sudeste de la región oriental); 2) el río San Agustín (en el norte de la provincia Matanzas); 3) el río Zaza (en el sur de la provincia Las Villas).

Es posible confirmar con los resultados de Hernández *et al.* (1989) nuestras observaciones de que el entorno del río Cauto está afectado por movimientos neotectónicos de distinta intensidad. Esos autores aseguran que hay una importante diferencia, en cuanto a la cantidad de las terrazas fluviales y los valores hipsométricos, entre los flancos meridional y septentrional de la cuenca del río Cauto. De nuestros datos, entre otras cosas, se determina que las cuencas y las divisorias, con las terrazas asociadas, son diferentes en cantidad y disposición.

De acuerdo con la idea de Ferens-Sorotskig *et al.* (1972) se seleccionaron tres de los grupos montañosos de la isla de Cuba (Guaniguanico, Nipe-Cristal-Baracoa y Sierra Maestra) (Figura 1) para los que se determinó previamente un conjunto de características (orientación espacial de los ríos y las cuencas, y la forma de las cuencas y de los valles de los ríos) y morfométricas (cantidad de ríos y cuencas, longitud máxima del río y de la cuenca, ancho máximo de la cuenca, asimetría de la cuenca, pendientes máximas del río y de la cuenca). Con esos datos es factible proponer que la zona de la Sierra Maestra tiene el mayor nivel de actividad neotectónica y que la zona de Nipe-Cristal-Baracoa posee la mayor heterogeneidad hídrica superficial. Estos elementos también pueden ser utilizados para la clasificación morfoestructural.

**Tabla 4**  
**Datos de tres cuencas fluviales**

<i>Parámetro</i>	<i>Cauto</i>	<i>Río Sagua la Grande</i>	<i>Zaza</i>
No. de orden	7	6	6
Vertiente	sur	norte	sur
Altura media de la cuenca (m)	172	90	120
Índice de Gravelius	0.71	0.67	0.74
Área de la cuenca (km <sup>2</sup> )	8,950	2,105	2,400
Longitud del río principal (km)	350	151	150
Coefficiente de sinuosidad del río	0.51	0.68	0.77
Pendiente media de la cuenca (%)	7.11	2.70	5.10
Pendiente media del río (%)	0.10	0.12	0.21
Ancho medio de la cuenca (km)	27.0	16.1	17.0
Cantidad de valles “V”	55	25	27
Cantidad de valles “U”	88	43	46
Orientación media de la cuenca	Este-Oeste	Nordeste	Suroeste
Disección vertical media (m/km <sup>2</sup> )	56.0	49.3	85.0
Disección horizontal media (km/km <sup>2</sup> )	0.89	0.72	1.2
Intensidad potencial de la erosión fluvial (m/km/km <sup>2</sup> )	49.8	50.0	102.0

Consideramos que la provincia Oriente y el conjunto de provincias del occidente se diferencian sobre la base de los datos hidrológicos. Así la provincia Oriente posee: 1) un PPPO con dos ramas; 2) la mayor densidad de drenaje; 3) las mayores pendientes de ríos y de cuencas; 4) la mayor cuenca fluvial; 5) la mayor cantidad de sectores anómalos; 6) la mayor cantidad de tramos fluviales rectos asociados a fallas; 7) la mayor cantidad de valles de ríos tipo "V". Evidentemente, todos estos datos pueden ser utilizados para la diferenciación morfoestructural del territorio cubano.

Por último, con el propósito de verificar la idea de la relación entre la escala del mapa y el orden de los ríos se usaron tres regiones, dos de la parte oriental [1) la Sierra Maestra; 2) el norte de Holguín, sector Gibara-Banes] y una de la parte occidental (Pinar del Río, sector de la Sierra del Rosario). Para la Sierra Maestra se empleó un conjunto de hojas topográficas escala 1:50,000, y en particular para la cuenca de Santiago de Cuba el grupo de hojas es de escala 1:25,000. En Holguín se empleó de conjunto la escala 1:50,000 y para el sector de las inmediaciones de la bahía de Bariay la escala 1:10,000. Y para la Sierra del Rosario en Pinar del Río se empleó la escala 1:25,000. Se comprobó, para todos los casos, que el orden de los ríos aumentó. Sin embargo, no se determinó que existiese una relación de proporcionalidad entre la escala del mapa y el orden de los ríos.

## Conclusiones

Se ha confeccionado el mapa de la red fluvial de Cuba a escala 1:250,000 donde aparecen los parteaguas principales y los parteaguas secundarios con sus órdenes según los criterios establecidos, y se determinaron las cuencas fluviales con el orden máximo de su río principal. También se tiene una base de datos relacional con veinte parámetros para cada una de las cuencas.

Entre las conclusiones más importantes están las siguientes:

- La provincia Oriente se diferencia sobre la base de los datos hidrológicos del conjunto de provincias del occidente cubano
- El mayor orden de río alcanzado es siete y corresponde al Cauto. No existe dependencia proporcional entre los órdenes de los valles y la escala de los mapas, pero en general, con la disminución de la escala disminuye también el orden de los valles
- El PPPO de Cuba se extiende a lo largo de la isla por 1,260 km y la divide en dos ramas en las inmediaciones de la provincia Oriente como fiel reflejo de su complejidad morfoestructural
- Para el caso de la isla de Cuba se determinaron 580 cuencas. Se representan por orden de importancia 81 cuencas en la vertiente norte del parteaguas principal de primer orden y 112 en la vertiente sur. Para la Isla de la Juventud hay 6 cuencas en la vertiente norte y 12 en la vertiente sur

- La relación del número de sectores de levantamientos neotectónicos / número de corrientes fluviales (a partir del 3er orden) para las vertientes norte y sur alcanza idéntico valor —2.4—
- Muy pocos tramos rectos de las corrientes fluviales son fallas
- Los órdenes de los valles fluviales propuestos ayudan en alguna medida a establecer la edad relativa de los mismos.

Otras conclusiones se refieren a la comprobación de la validez de las ideas de los autores rusos mencionados en el trabajo en cuanto a: 1) Que al río le es inherente la tendencia a la elaboración de la vía más corta hacia la base de erosión; 2) Las cuencas fluviales contienen redes de ríos de edades diferentes; 3) Algunas de las formas adoptadas por la red fluvial son debidas a la actividad neotectónica; 4) No hay una dependencia proporcional entre los órdenes de los ríos y la escala del mapa topográfico utilizado; 5) Los ríos de mayor orden, generalmente, son los más antiguos; 6) El orden de los ríos crece más rápidamente en las zonas de montaña que en las de llanura.

### Agradecimientos

A los Institutos de Geofísica y Astronomía, y de Geología y Paleontología, pertenecientes a la Academia de Ciencias de Cuba y al Ministerio de la Industria Básica de Cuba, respectivamente, por todos los recursos facilitados. Parte de la financiación del trabajo se obtuvo de los proyectos EU Project BIGSETS, No. ENV4-CT97-0547; de los Proyectos CICYT No MAR98-1837-CE (PARSIFAL) y MAR98-0962 (MAIAE), y de la Acción Integrada HP98-74. Otros fondos monetarios utilizados provinieron del Ministerio de Educación y Cultura de España (SB97 00134623). Fueron empleadas las instalaciones y equipos del Departamento de Geofísica y Meteorología, de la Facultad de Ciencias Físicas, Universidad Complutense de Madrid.

### Bibliografía

- Academias de Ciencias de Cuba y Hungría, *Levantamiento geológico de las provincias orientales, escala 1:250,000*, Instituto de Geología y Paleontología, 1981.
- Bates, R.L. y Jackson, J.A., *Glossary of Geology*, American Geological Institute, Alexandria, Virginia, 788 pp., (1987) Third Edition.
- Brice, J.C., "Channel patterns and terraces of the Loup River in Nebraska", *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 422-D, 1964.
- Bush, V. y Shcherbakova, I., "New data on the deep tectonics of Cuba", *Geotectonics*, Vol. 20, 3:192-203, 1986.

- Cotilla, M.; Díaz, L.; González, D.; Fundora, M. y Pacheco, M., "Estudio morfoestructural de La Española", *Revista Minería y Geología*, XIV, 3:73-88, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, 1997.
- Dedrov, A.P., *Sobre el vínculo del orden y la edad de los valles fluviales*, Editorial Universidad de Kazan, URSS (en ruso), 1966.
- Díaz, J.L.; Magaz, A.; Portela, A.; Bouza, O. y Hernández, J.R., "El relieve de Cuba", *Revista Ciencias de la Tierra y del Espacio*, 18:33-44, Academia de Ciencias de Cuba, 1990.
- Ferens-Sorotskig, A.A.; Satranov, P.N. y Alakseen, V.I., "Configuración de la red hidráulica, como índice de los movimientos tectónicos locales en la parte norte de la depresión del Pichora", *Revista Geomorfología*, no. 4: 52-57 (en ruso), 1972.
- Filosofov, V.P., *Manual breve de búsqueda de las estructuras tectónicas por el método morfométrico*, Editorial Nedrá, Moscú (en ruso), 1960.
- , *Metodología para cálculo e interpretación geológica y geomorfológica del coeficiente de desmembramiento del relieve en cuestiones de morfometría*, Editorial Nedrá, Moscú (en ruso), 1967a.
- , *Sobre la importancia del orden de los valles y de las líneas divisorias de aguas durante las investigaciones geomorfológicas*, Universidad de Saratov, URSS (en ruso), 1967b.
- , *Vínculo de los órdenes de los valles y divisorias de aguas con su edad geológica en el territorio de Saratov, junto al Volga*, Universidad de Saratov, URSS (en ruso), 1967c.
- González, E.; Cañete, C.; Díaz, J.; Pérez, L. y Cotilla, M., "Esquema neotectónico de Cuba, escala 1:250,000", *Revista Serie Geológica*, 1:16-34, Centro de Investigaciones y Desarrollo del Petróleo, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, 1989.
- Gorelov, S.K.; Kulamammedov, M. y Kurbanov, M., *Relación del relieve del Kopetdag con las estructuras profundas y la sismicidad*, Editorial Nauka, Moscú, 108 pp. (en ruso), 1979.
- Hack, J., "Stream profile analysis and stream gradient index", *U.S. Geol. Survey J. Res.*, 1:421-429, 1973.
- Hernández, J.R.; Blanco, P. y Díaz, J.L., *Rasgos estructuro-geomorfológicos del fondo de los mares y océanos circundantes a Cuba*, Editorial Academia, 14 pp., 1988.
- Hernández, J.R.; Díaz, J.L.; Bouza, O. y González, R., *Influencia de las particularidades morfoestructurales de Cuba Sudoriental en la formación de los valles y terrazas fluviales*, Academia de Ciencias de Cuba, 20 pp., 1989.
- Horton, R.E., "Drainage basin characteristics", *Trans. Amer. Geophys. Union*, 13:350-361, 1932.

- , “Erosional development of streams and their drainage basins, hydrological approach to quantitative morphology”, *Geol. Soc. Am. Bull.*, 56:275-370, 1945.
- Howard, A.D., “Drainage analysis in geologic interpretation: a summation”, *Bull. Am. Assoc. Petroleum Geologists*, 51:2246-2259, 1967.
- Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, Fotos aéreas de Cuba, escala 1:62,000, 1956.
- , Fotos aéreas de Cuba, escala 1:37,000, 1982.
- , Mapas topográficos de Cuba, escala 1:50,000, 1:100,000 y 1:250,000, 1986.
- , Mapas topográficos de Cuba, escala 1:10,000, 1988.
- Iturralde, M., “Cuban geology: a new plate-tectonic síntesis”, *J. Petrol. Geol.*, 17:39-70, 1992.
- Korzhuev, S.S., “Estudio del diseño general de la red fluvial”, en: *Análisis morfoestructural de la red fluvial de la URSS*, Editorial Nauka, Moscú, 5-9 pp. (en ruso), 1979.
- Leopold, L.B. y Wolman, M.G., “River channel patterns: braided, meandering, and straight”, *U.S. Geol. Survey Prof. Paper*, 28L-B, 1957.
- Millán, G., “Análisis comparativo entre los macizos metamórficos de Isla de la Juventud y Escambray”, *Revista Minería y Geología*, vol. 2, 2:11-16, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, 1992.
- Otero, R.; Prol, J.; Tenreiro, R. y Arriaza, G., “Características de la corteza terrestre de Cuba y su plataforma marina”, *Revista Minería y Geología*, vol. XV, 2:31-35, Ministerio de la Industria Básica de Cuba, 1998.
- Ross, M.I. y Scotese, CH., “A hierarchical tectonic model of the Gulf of Mexico and Caribbean region”, *Tectonophysics*, 155:139-168, 1988.
- Shreve, R.L., “Statistical law of stream numbers”, *J. of Geology*, 74:17-37, 1966.
- Strahler, A.N., “Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography”, *Bull. of the Geol. Soc. of Am.*, 63:1117-1142, 1952.
- , “Revisions of Horton’s quantitative factors in erosional terrain”, *Am. Geophys. Union Trans. (Abstr.)* 2:345, 1953.
- , “Quantitative analysis of watershed geomorphology”, *A. Geophys. Union Trans.*, 38(6):913-920, 1957.
- Whittow, J.B., *Diccionario de Geografía Física*, Alianza Editorial, 557 pp., 1984.
- Zennitz, E.R., “Drainage patterns and their significance”, *J. of Geol.*, 40:498-521, 1932.