

# Estudio de los procesos fluviales de cauce recientes del Río Carpintero (Cuba), mediante métodos geodésicos\*

\*\*José R. HERNÁNDEZ SANTANA,

\*\*Rodolfo GONZÁLEZ ORTIZ,

\*\*Armando VENEREO MORALES,

y \*\*\*Jorge ÁVILA HERNÁNDEZ

**RESUMEN.** *Se realizaron mediciones geodésicas estacionarias de precisión sobre la dinámica de los procesos fluviales de cauce del Río Carpintero, en la vertiente meridional del macizo montañoso de la Gran Piedra. En las observaciones instrumentales de los procesos fluviales se ejecutaron nivelaciones geodésicas repetidas (dos veces al año, después de los periodos lluvioso y seco) en perfiles transversales al cauce, en seis sectores estacionarios, distribuidos sobre un mosaico complejo de bloques morfoestructurales longitudinales escalonados. Los resultados de los cuatro primeros ciclos de mediciones mostraron la tendencia a la acumulación (+0,1- +0,5 m) después del periodo seco, en los sectores premontañosos y de llanuras, y a la erosión (-0,5- -0,8 m) después del periodo lluvioso, en las morfoestructuras montañosas, aunque en estas últimas el proceso erosivo predomina todo el año. Al mismo tiempo, las regularidades de la dinámica de los procesos fluviales de cauce en el Río Carpintero están determinadas por el carácter rítmico del régimen climático y del escurrimiento superficial. En los próximos años los datos geodésicos de la línea de nivelación Las Guásimas-Gran Piedra, paralela al Río Carpintero, permitirá conocer las regularidades de la interacción entre los movimientos tectónicos y los procesos exógenos recientes formadores del relieve, en correspondencia con la diferenciación morfoestructural del territorio.*

## INTRODUCCIÓN

En la historia del desarrollo geólogo-geomorfológico de nuestro planeta los procesos de la tectogénesis y de la morfogénesis se encuentran estrechamente correlacionados entre sí, formando un sistema único de interacción geodinámica (GUERÁSIMOV, 1973; LILJENBERG, 1973, 1977). Es por ello que, al estudiar las correlaciones cuantitativas de las fuerzas endógenas y exógenas, posee un

gran significado el empleo sistemático de observaciones geodésicas instrumentales de precisión en diferentes zonas morfoestructurales y climáticas (GORELOV *et al.*, 1973).

\*Manuscrito aprobado en junio de 1986.

\*\*Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de Cuba.

\*\*\*Empresa Oriental del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía.

Las investigaciones sobre la dinámica de los procesos exógenos formadores del relieve (gravitacionales, fluviales de cauce erosivos y acumulativos, de pendientes, cárnicos y otros) y sobre su correlación con los movimientos tectónicos recientes requieren del establecimiento de un complejo general de indicadores geomorfológicos, que permita la evaluación cuantitativa instrumental de su intensidad en espacio y tiempo.

La dificultad de la solución de este problema radica en que los procesos exógenos recientes, formadores del relieve, se encuentran en interrelación compleja no sólo con la manifestación activa de los procesos endógenos, sino también con la morfoestructura pasiva (litológica, condiciones hidrológicas y otros factores) y con la influencia activa y potente del clima (fundamentalmente del régimen de precipitaciones, escurrimiento y otros). Esto último, con frecuencia, tiene un carácter catastrófico en su manifestación (huracanes, tormentas, inundaciones, sequías), capaz de superar, en un corto período de tiempo, la influencia de los procesos endógenos. Por este motivo, todo lo obtenido por la vía instrumental en los diferentes polígonos geodinámicos son correlaciones cuantitativas y cualitativas de los procesos endógenos y exógenos formadores del relieve, que tienen, por ahora, un cierto carácter empírico. Además, en la geodinámica compleja influyen notablemente las diferencias concretas de las condiciones geólogo-geomorfológicas locales.

Por cuanto los movimientos tectónicos experimentan cambios de su intensidad y sentido en cortos intervalos de tiempo, es necesario seleccionar los procesos exógenos adecuados a este estudio, en primer orden, los más dinámicos y móviles. Las investigaciones geomorfológicas de distinto tipo (regionales, experimentales, estacionarias) muestran que los procesos exógenos que más rápidamente reaccionan ante los cambios del régimen endógeno son los procesos fluviales (erosión y acumulación de cauce), los cuales tratan de restablecer su estado de

equilibrio, tanto en espacio como en tiempo, lo cual es muy efectivo para los estudios instrumentales estacionarios.

En la literatura internacional sobre geodinámica exógena reciente no son numerosos los resultados cuantitativos obtenidos mediante el empleo de métodos geodésicos de precisión, y los éxitos alcanzados se corresponden, en su mayoría, con zonas geográficas templadas y frías; en las regiones tropicales sólo existe alguna información para el territorio centro-septentrional de África.

Para Cuba, los resultados preliminares brindados en el presente trabajo representan los primeros pasos en el estudio cuantitativo de la dinámica de los procesos fluviales de cauce recientes, en condiciones morfoestructurales y climáticas bien diferenciadas, dentro del área del polígono geodinámico complejo de Santiago de Cuba.

#### MÉTODOS DE INVESTIGACIÓN E INSTRUMENTAL CIENTÍFICO

Valorando lo expresado anteriormente, en la primera etapa del establecimiento de la base geomorfológica instrumental en el polígono geodinámico de Santiago de Cuba, se consideró de gran utilidad el inicio de las investigaciones instrumentales de los procesos fluviales de cauce. Para su estudio se seleccionó la metódica de las nivelaciones repetidas de los perfiles transversales del cauce del Río Carpintero, en seis sectores estacionarios, ubicados en la vertiente meridional del macizo montañoso de la Gran Piedra (Fig. 1).

En los diferentes bloques morfoestructurales locales, divididos por elementos disyuntivos de distinto rango, fue seleccionada un área representativa para el estudio de la intensidad de los procesos erosivo-acumulativos y sus cambios en espacio y en tiempo.

En los lugares de las áreas estacionarias se confeccionaron los perfiles geólogo-geo-

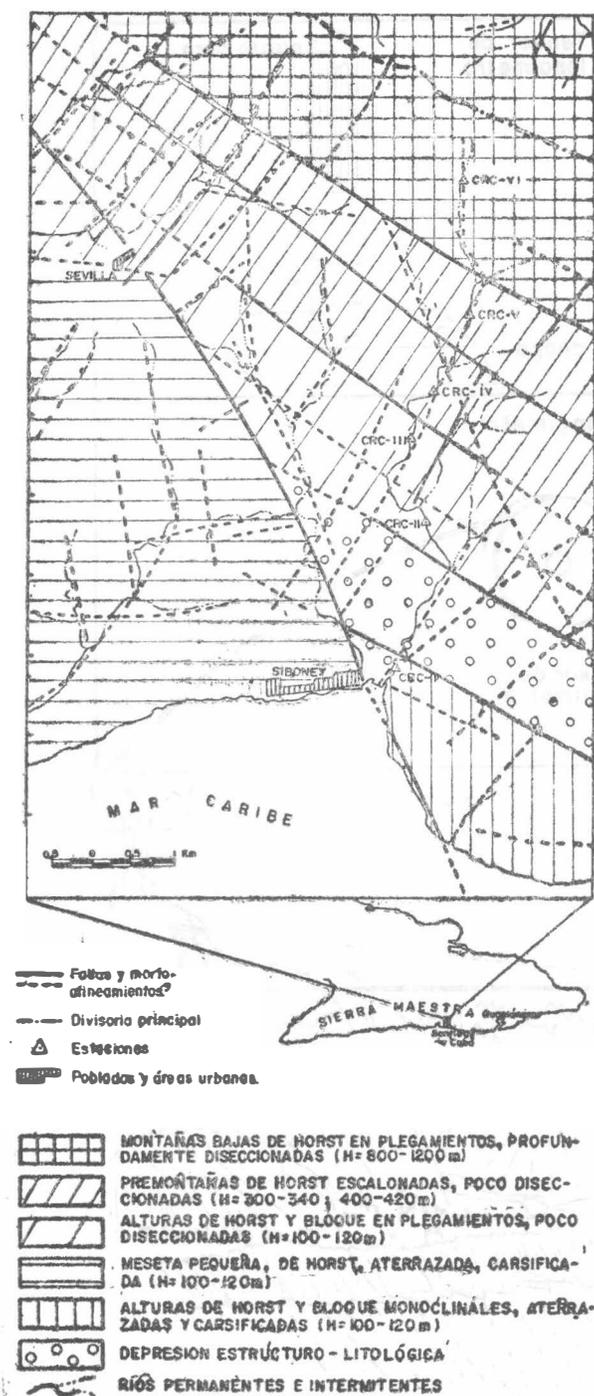


Fig. 1. Esquema geomorfológico-estructural generalizado con la ubicación de las áreas estacionarias de estudio.

morfológicos transversales del cauce. Al mismo tiempo, en cada orilla, en lugares altos y a ambos lados del cauce fluvial, se establecieron monumentos de apoyo de especial construcción. En la estructura de los mismos existe un tubo metálico, el cual atraviesa su parte central, quedando enclavado en el fundamento rocoso, de forma tal que no menos de 0,2 m se encuentra sobre la superficie del terreno.

En los casos en que el zócalo de la primera terraza o el plano de inundación presentaron sedimentos no consolidados, la longitud del tubo se hizo corresponder con la necesaria para que la parte inferior del mismo siempre estuviera clavada en el zócalo resistente. Por otra parte, con la finalidad de mantener el tubo metálico en posición vertical, la superficie del terreno fue reforzada con la construcción de un monolito de hormigón (Fig. 2).

Durante las observaciones realizadas, sobre los monumentos se situaron tensores de longímetro (Fig. 2), desde los cuales se creó un nivel de base horizontal para las mediciones instrumentales con la ayuda de un cable metálico de acero tenso (longímetro) de un diámetro de 0,5 cm (Fig. 2). La posición horizontal del mismo fue verificada con el nivel, con una precisión de 0,1 cm.

Con el propósito de obtener la máxima tensión del longímetro se colocaron, en los puntos extremos establecidos en ambas márgenes del río, contrapesos de 10 kg (Fig. 2), con lo cual se redujo enormemente la curva catenaria producida por el cable tendido y, a su vez, se garantizó la precisión de las observaciones.

A lo largo del longímetro se realizaron marcas cada 0,5 m. con una precisión de 0,1 cm, desde las cuales y con la ayuda de un nivel y una mira invar se midieron las profundidades del cauce cada 0,5 m, con una precisión de 0,1 cm. Durante las mediciones se utilizó un nivel N-2 de la firma WILD, el cual fue instalado en un punto fijo, para garantizar aún más la precisión de las nivelaciones repetidas.

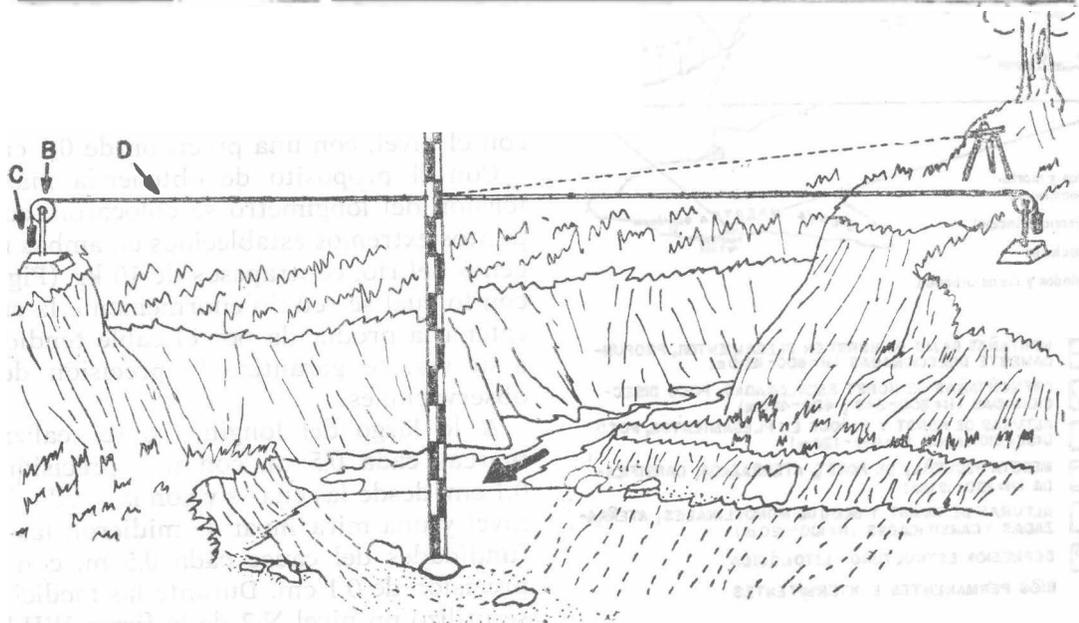
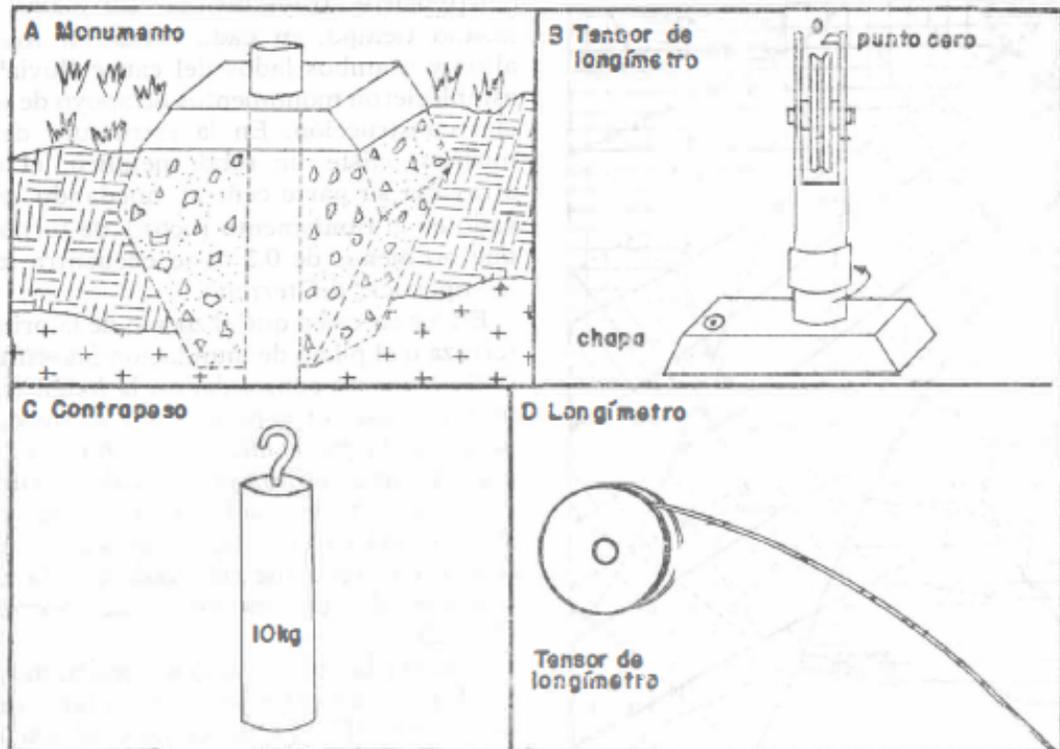


Fig. 2. Sectores estacionarios para el estudio de los procesos fluviales de cauce recientes, con el empleo de métodos geodésicos.

En las mediciones geodésicas realizadas se utilizó el nivel WILD N-2 de semiprecisión, No. 29262, el cual presenta las características técnicas siguientes: error medio para 1 km de nivelación doble:  $\pm 2$  mm, anteojo de imagen real directa, aumento:  $30\times$ , diámetro del objetivo: 40 mm, campo visual a 100 m: 2,8 m, distancia mínima de enfoque: 1,8 m, constante de multiplicación: 100, constante de adición: 0, longitud del anteojo: 196 mm, sensibilidad del nivel esférico: 8,5 mm, sensibilidad del nivel tubular:  $30''/2$  m, precisión de centrado:  $\pm 0,8''$ .

### PARTICULARIDADES MORFOESTRUCTURALES DEL TERRITORIO

El macizo montañoso de la Gran Piedra constituye el mesobloque oriental del sistema montañoso de la Sierra Maestra, caracterizado por un plano morfoestructural de tipo bloque en plegamientos y en monoclinales (HERNÁNDEZ *et al.*, en prensa). La tectónica de bloque en plegamientos se desarrolla de S a N, en grandes unidades longitudinales de carácter sublatitudinal, las cuales reflejan la configuración del plano nororiental de una estructura semicircular (Fig. 1).

El plano morfoestructural, elaborado sobre el basamento de los complejos plegados preeocénicos, se divide en tres unidades morfoestructurales longitudinales: las montañas bajas de bloque en plegamientos erosivo-tectónicas (bloque central principal del Pico Kentucky - Gran Piedra - Ermitaño), con alturas de 900 - 1 200 m; las montañas pequeñas de bloque en plegamientos erosivo-tectónicas (cadenas Bárbara-Felicidad; Alto de Villalón - Alto del Escandel), con alturas de 600-800 m, elaboradas sobre rocas de la formación Cobre, del complejo vulcanógeno-sedimentario preeocénico; y las montañas pequeñas de tipo horst y bloque en monoclinales (Sierra Larga - Meseta de Santa María de Loreto - Loma de La Campana - El Car-

men), con alturas de 500-600 m, elaboradas sobre rocas de las formaciones Charco Redondo, Puerto Boniato y Camarones, de edad Eoceno Superior - Oligoceno, representadas por calizas y conglomerados.

A lo largo de la periferia septentrional se extienden cadenas premontañosas de tipo bloque con estructura compleja no diferenciada, con alturas de 250-350 m, con una orientación similar a las morfoestructuras montañosas. Entre estos sistemas montañosos longitudinales existen algunas depresiones de tipo graben, como Río Indio - Las Delicias y Río Baconao - San Juan. Este último se continúa hasta el W, a lo largo del Río Guaninicún.

Todas estas morfoestructuras son atravesadas por el sistema de fallas regionales y grietas recientes de dirección transversodiagonal (NE-SW), el cual determina el complejo mosaico de bloques transversales más jóvenes.

La vertiente meridional del macizo es escalonada con bloques de diferentes alturas (100-120, 300-340, 400-420, y 500-600 m) concordantes con el plano morfoestructural central y septentrional del territorio y con una alta densidad de cuerpos intrusivos granodioríticos (Fig. 1).

Para el estudio de las variaciones cuantitativas y cualitativas de la dinámica de los procesos fluviales de cauce, se seleccionó un área de observaciones estacionarias en cada unidad tipológica morfoestructural, lo cual permitirá en el futuro la interrelación con el vector endógeno formador del relieve en condiciones morfoestructurales concretas y bien diferenciadas.

En las pendientes meridionales, muy abruptas, se desarrollan intensos procesos de deslizamiento, controlados por elementos disyuntivos, y estimulados fundamentalmente cuando ocurren terremotos fuertes.

En algunos cauces de los ríos se observan desplazamientos por las fallas activas, como ocurre en el Río Carpintero, lo cual, unido al fuerte contraste morfoestructural, nos ha permitido estudiar, en la actualidad, la diná-

mica exógena fluvial, y en el futuro próximo, las correlaciones de ésta con la geodinámica endógena, a través de la línea de nivelación de II orden Las Guásimas - Gran Piedra - Ramón de las Yaguas - Yerba Guinea.

En el extremo oriental del macizo, las fallas derivadas del fraccionamiento tectónico del sistema de la falla Baconao han originado depresiones de tipo graben, tales como Baconao y Sigua. La intensa actividad de este sistema se refleja en la manifestación sísmica a lo largo de su prolongación submarina, sobre todo en el nudo morfoestructural existente en su interacción con el sistema de fallas de la fosa de Bartlett. En esta zona los epicentros alcanzan profundidades mayores de 50 km.

Las otras zonas de mayor actividad sísmica coinciden con las zonas de articulación, de carácter escalonado, entre el macizo montañoso de la Gran Piedra y la meseta submarina de Siboney, donde los epicentros se corresponden con terremotos menos profundos.

El carácter complejo del plano morfoestructural de este territorio, así como su alta actividad sismotectónica ofrecen amplias posibilidades para el estudio complejo del desarrollo del relieve, dentro del polígono geodinámico de Santiago de Cuba.

#### ·CARACTERÍSTICAS CLIMÁTICAS E HIDROLÓGICAS GENERALES DE LA CUENCA DEL RÍO CARPINTERO

La macropendiente meridional de Cuba oriental, en la cual se encuentra la cuenca del Río Carpintero, presenta particularidades climáticas que la distinguen del resto de las zonas montañosas y litorales del país, convirtiéndose en un área con características físico-geográficas diferenciadas.

Ello se debe, en parte, a la enorme cantidad de radiación solar recibida en la franja Santiago de Cuba - Guantánamo, limitada por la vertiente meridional del macizo mon-

tañoso de la Gran Piedra, y a las condiciones especiales de circulación atmosférica, que determinan la sequedad de esta faja geográfica, fundamentalmente en los pisos premontañosos y de alturas pequeñas.

Para el territorio del tercio medio o inferior de la cuenca del Río Carpintero las características climáticas se corresponden con el tipo de llanuras y montañas con humedecimiento estacional, relativamente estable, alta evaporación y altas temperaturas, subtipo 6 de la regionalización climática general de Cuba (DÍAZ, 1985), con 1 000 - 1 200 mm de precipitación anual, de la cual 70-86% se produce en el período lluvioso; con un promedio de 60-80 días con lluvia al año; con una evaporación anual de 1 800 - 2 200 mm; y con una temperatura media anual de 25-27°C (23-25°C en enero; 27-29°C en julio).

Para el tercio superior de la cuenca, ubicada en el bloque montañoso central de la Gran Piedra, las características climáticas se corresponden con el tipo montañoso con humedecimiento alto y estable, baja evaporación y temperaturas frescas, subtipo 3, planteado por DÍAZ (1985), con 1 600 - 1 900 m de precipitación anual, de la cual 75-82% se produce en el período lluvioso; con un promedio de 90-120 días con lluvia al año; con una evaporación anual de 1 400 - 1 800 mm; y con una temperatura anual de 20-24°C (18-22°C en enero; 25-27°C en julio).

Como puede apreciarse, la cuenca presenta un carácter climático azonal motivado por el relieve.

Paralelamente a los estudios regionales descritos anteriormente, se analizaron las precipitaciones medias anuales, tomando en consideración los valores medios de muchos años (norma), obtenidos mediante cálculos y ajustando las series cortas de observaciones (10 años) a las largas (42 años, con un período principal de 1931-1972), de acuerdo con el método de las relaciones (gráficas de correlaciones).

A los fines de conocer la precipitación media anual de la cuenca hidrológica, se utilizaron los pluviómetros Siboney y Gran

Piedra, a 10 y 1 120 m de altitud, respectivamente. La norma para 42 años del pluviómetro Siboney es de 960 mm y del pluviómetro Gran Piedra de 1 650 mm; en este último se registraron 1 191 mm (72,2%) durante el período lluvioso y 459 mm (27,8%) durante el período seco.

La cuenca del Río Carpintero se caracteriza por una densidad de la red fluvial de 1,5 a 2,0 km/km<sup>2</sup> (J. L. Batista, comun. pers.) y presenta los siguientes parámetros morfométricos: coordenadas de la desembocadura del río, 145,6 N, 618,3 E; con un área de 17,3 km<sup>2</sup>; una altura máxima de 1 000 m y media de 224 m; y una longitud de 8,9 km.

En general, la información hidrológica sistemática disponible de esta cuenca es muy escasa, por lo que el gasto promedio hiper-

anual (*Q*) para el Río Carpintero se determinó por el método de cálculo indirecto (BATISTA, 1974), tomando en consideración las precipitaciones medias de la cuenca y su altura media, como se expresa a continuación: área (*A*) = 17,3 km<sup>2</sup>; altura media de la cuenca (*Hm*) = 224 m; pendiente media de la cuenca (*Yc*) = 284‰; pendiente media del río (*Yr*) = 49,4‰; longitud del río (*L*) = 8,9 km; densidad de drenaje (*Dd*) = 1,9 km/km<sup>2</sup>; lámina de escurrimiento medio hiperanual (*y*), en función de las precipitaciones y de los parámetros morfométricos de la cuenca = 251 mm.

$$Q = \frac{251 \times 17,3}{31\,540} = 0,14 \text{ m}^3/\text{s}$$

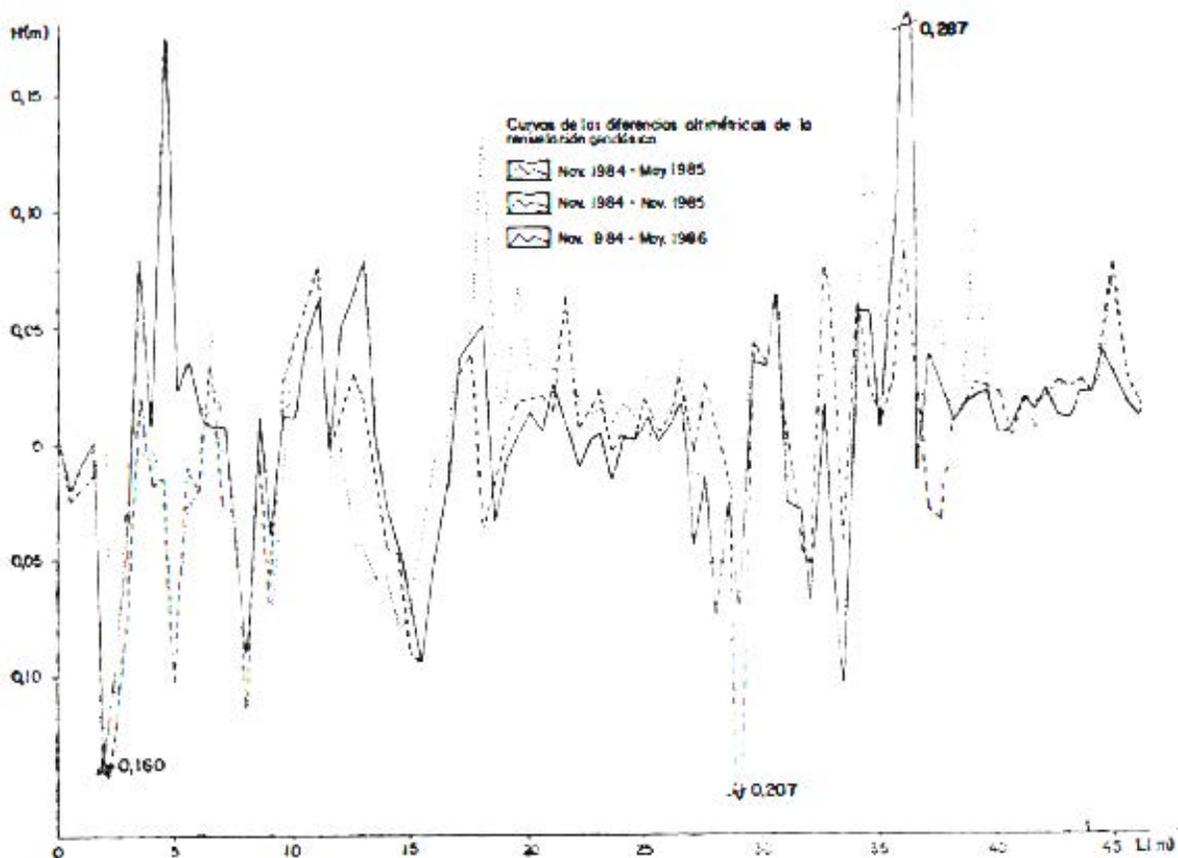


Fig. 3. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación I.

El valor del gasto promedio hiperanual es bajo, lo cual se refleja de cierta manera en la dinámica de los procesos fluviales de cauce, aunque en el desarrollo de éstos desempeña un papel fundamental el estado de equilibrio del perfil longitudinal del río, en cada uno de los sectores estudiados, representativos de las características morfoestructurales y endodinámicas del relieve.

#### RESULTADOS SOBRE LA DINÁMICA DE LOS PROCESOS FLUVIALES DE CAUCE

Los resultados obtenidos en el presente trabajo corresponden a cuatro ciclos de nivelación repetida de los sectores transversales estacionarios, planificados dos veces al año, con el objetivo de conocer la dinámica de los procesos en el período seco (a principios de mayo) y en el lluvioso (a principios de noviembre).

En el mes de noviembre de 1984, concluido el período lluvioso, se realizó, empleando la metodología descrita anteriormente, el primer ciclo de nivelación para las seis áreas estacionarias; en mayo de 1985, al final del período seco, se efectuó la segunda nivelación; en noviembre de 1985 y en mayo de

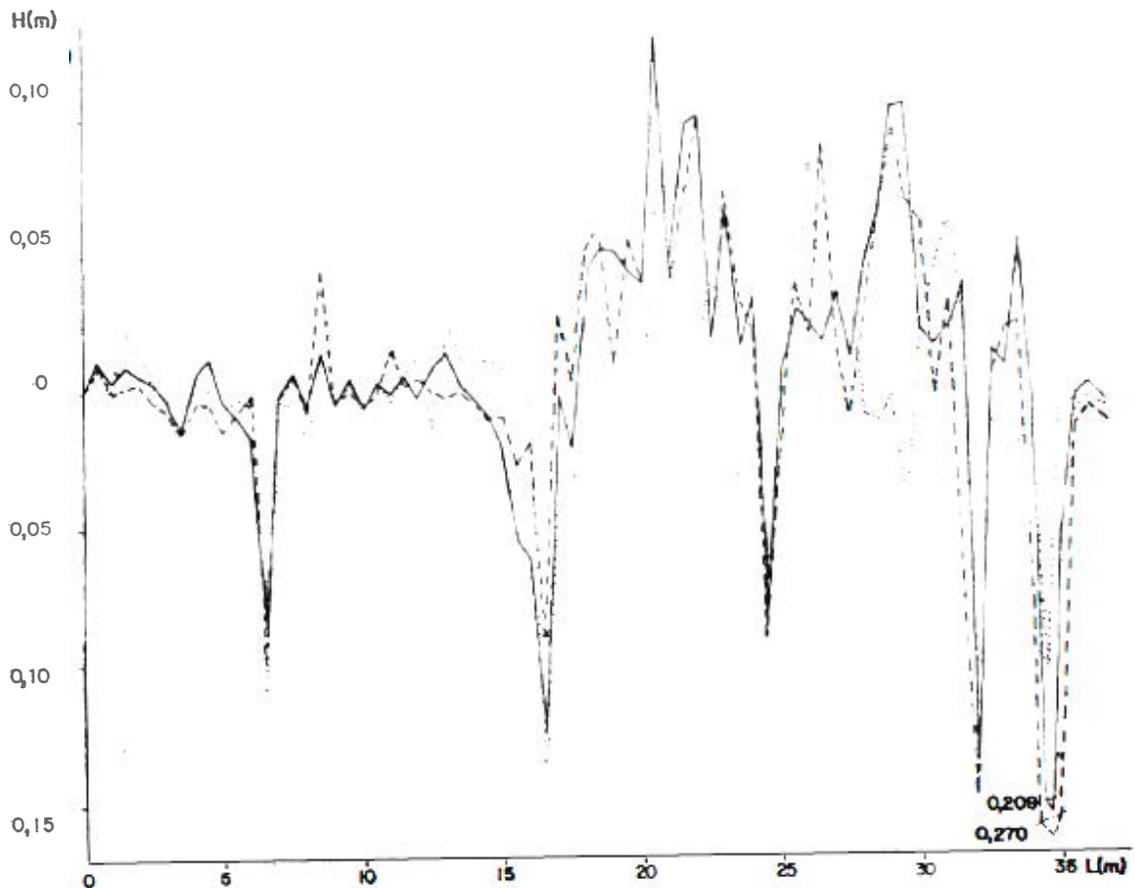


Fig. 4. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación II. Símbolos como en la Fig. 3.

1986 se realizaron los otros dos ciclos, también en correspondencia con los períodos climáticos anuales.

Uno de los aspectos esenciales para el estudio de los procesos fluviales de cauce lo constituye la confección, en condiciones de levantamiento de campo, del perfil geólogo-geomorfológico del cauce, la caracterización morfológica, litólogo-facial y granulométrica de los sedimentos aluviales, así como del zócalo sobre el cual éstos yacen. En los perfiles elaborados para cada sector estacionario (Figs. 3 a 8) se destacan no sólo las características geológicas, sino se ofrecen los elementos geomorfológicos del cauce y el plano de inundación del río, destacándose el cauce principal y el secundario (de avenidas), el

interfluvio entre ellos, y su configuración exacta cada 0,5 m.

De acuerdo con el método de las nivelaciones geodésicas repetidas, la magnitud y la tendencia del proceso fluvial de cauce se determinaron mediante la diferencia altimétrica entre la primera nivelación o nivelación de referencia, efectuada en noviembre de 1984, y las otras tres realizadas posteriormente, con lo cual se trazaron las curvas de las magnitudes y el carácter erosivo o acumulativo del proceso.

Las curvas elaboradas para cada período de renivelación han sido exageradas con relación a la escala del perfil geólogo-geomorfológico, que aparece en la parte inferior de cada figura, manteniendo una estrecha co-

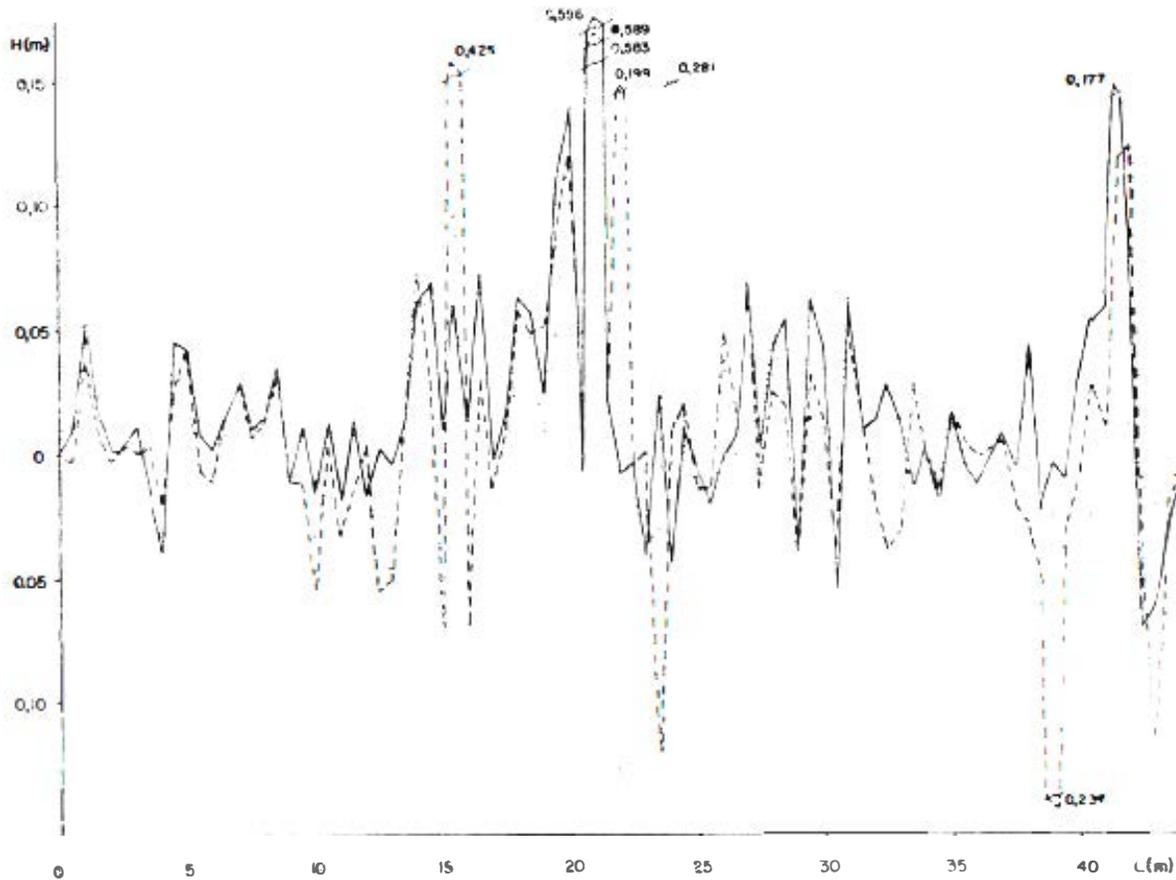


Fig. 5. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación III. Símbolos como en la Fig. 3.

rrespondencia con el mismo, así como con las características granulométricas del aluvio existente en el cauce.

Paralelamente a las nivelaciones repetidas de los perfiles transversales al cauce se realizaron observaciones visuales y parcialmente instrumentales de los distintos elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce, con vistas a diferenciar, en nivelaciones futuras, las deformaciones debidas al desarrollo normal de los procesos fluviales de cauce, de aquéllas originadas por otros

fenómenos naturales de carácter catastrófico.

Los resultados obtenidos y expresados sintéticamente en las Tablas 1 y 6 reflejan la significativa complejidad de los procesos fluviales de cauce recientes. En las seis estaciones se aprecia una marcada tendencia a la acumulación en las estaciones ubicadas en las morfoestructuras de llanuras y premontañas; pero no ocurre así en el caso de la estación situada en las montañas bajas de la Gran Piedra, donde la erosión en el cauce

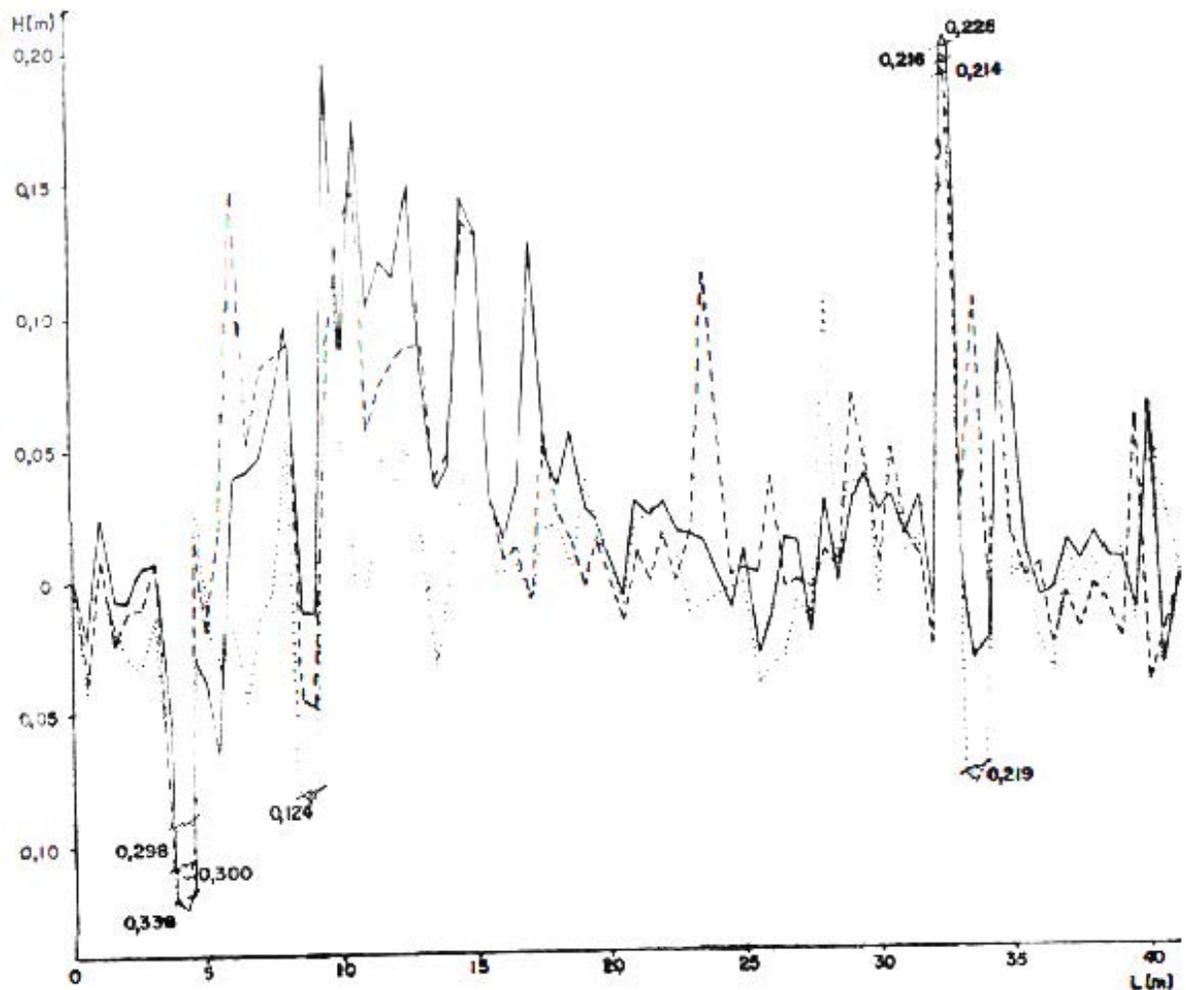


Fig. 6. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación IV. Símbolos como en la Fig. 3.

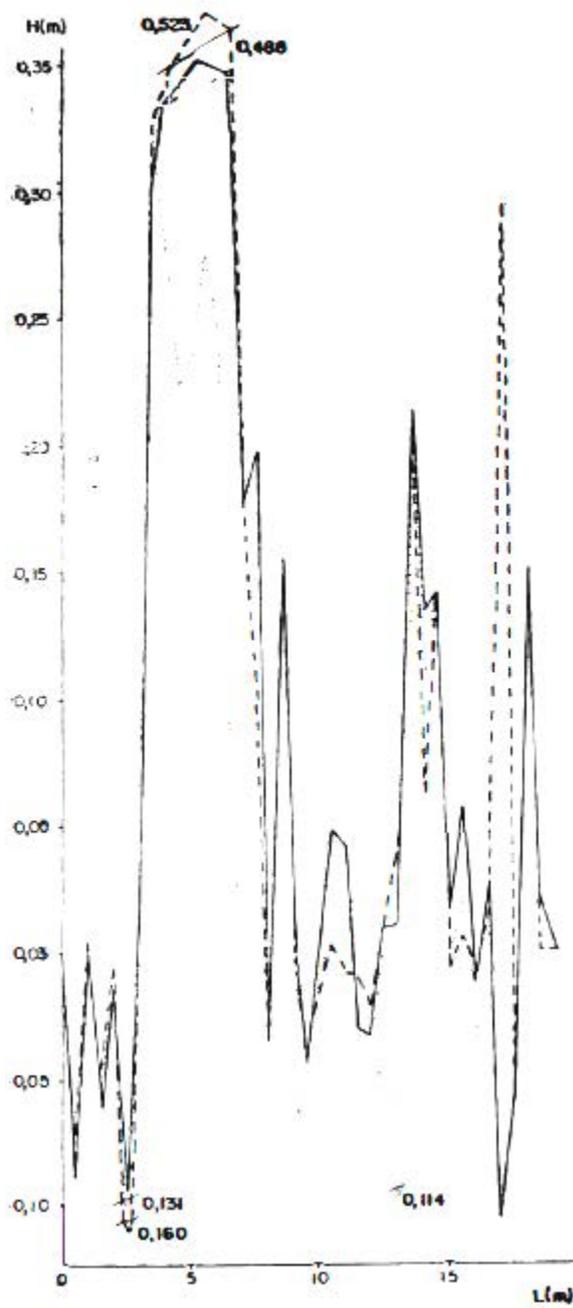


Fig. 7. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación V. Símbolos como en la Fig. 3.

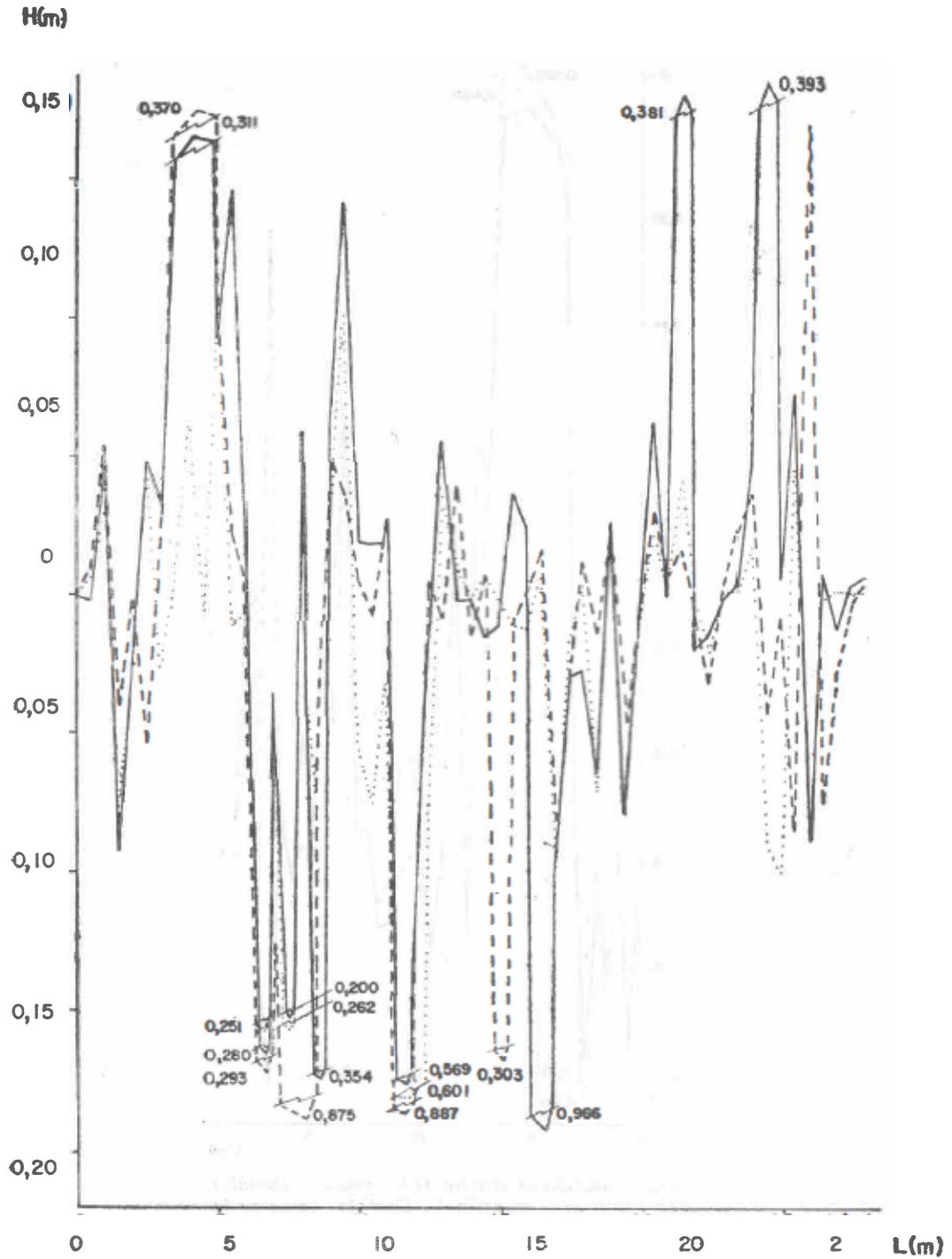


Fig. 8. Sección de estudio de los procesos fluviales de cauce en la estación VI. Símbolos como en la Fig. 3.

**TABLA 1.** Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación I del Río Carpintero (coordenadas N y E: 145,2 y 618,6).

Períodos	Plano de inundación	Sector acumulativo del cauce principal	Cauce principal	Sector intercauce principal y secundario	Cauce secundario	Plano de inundación
Valores de las renivelaciones						
Nov. 1984-mayo 1985	+0,01 - +0,02	+0,05 - +0,07	-0,07	+0,04 - +0,14	+0,03 - +0,15	+0,07 - +0,09
Nov. 1984-nov. 1985	0	+0,06 - +0,08	-0,09	+0,01 - +0,07	+0,05 - +0,08	+0,02 - +0,07
Nov. 1984-mayo 1986	-0,01 - -0,02	+0,02 - +0,08	-0,09	+0,01 - +0,05	+0,02 - +0,07	+0,02 - +0,03
Tendencia predominante del proceso						
	Acumulación y erosión en dependencia del período climático	Acumulación	Erosión	Acumulación	Acumulación	Acumulación

**TABLA 2.** Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación II del Río Carpintero (coordenadas N y E: 147,8 y 618,9).

Períodos	Plano de inundación (sector acumulativo)	Cauce	Plano de inundación (sector erosivo)
Valores de la renivelación			
Nov. 1984-mayo 1985	0 - +0,02	-0,01 - +0,08	0 - +0,01
Nov. 1984-nov. 1985	0 - +0,04	+0,02 - +0,10	-0,01 - -0,005
Nov. 1984-mayo 1986	0 - +0,01	0 - +0,13	-0,005 - 0
Tendencia predominante del proceso			
	Acumulación	Acumulación	Acumulación predominante con erosión en el período lluvioso

**TABLA 3.** Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación III del Río Carpintero (coordenadas N y E: 148,8 y 618,7).

Períodos	Plano de inundación (sector acumulativo)	Cauce	Plano de inundación (sector erosivo)
Valores de la renivelación			
Nov. 1984- mayo 1985	0 - +0,09	-0,02 - +0,12	-0,02 - +0,07
Nov. 1984- nov. 1985	0 - +0,04	-0,01 - +0,11	0 - +0,11
Nov. 1984- mayo 1986	0 - +0,05	-0,01 - +0,13	-0,01 - +0,17
Tendencia predominante del proceso			
	Acumulación	Acumulación	Acumulación

**TABLA 4.** Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación IV del Río Carpintero (coordenadas N y E: 149,3 y 619,1).

Períodos	Cauce principal	Sector intercauce principal y secundario	Cauce secundario
Valores de la renivelación			
Nov. 1984- mayo 1985	-0,02 - +0,05	0 - +0,10	-0,05 - +0,08
Nov. 1984- nov. 1985	+0,01 - +0,15	+0,01 - +0,11	0 - +0,08
Nov. 1984- mayo 1985	+0,04 - +0,20	+0,01 - +0,05	0 - +0,06
Tendencia predominante del proceso			
	Acumulación	Acumulación	Acumulación

TABLA 5. *Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación V del Río Carpintero (coordenadas N y E: 150,3 y 619,4).*

Períodos	Cauce	Sector acumulativo del cauce
Valores de las renivelaciones		
Nov. 1984- mayo 1985	+0,23 - +0,32	+0,01 - +0,21
Nov. 1984- nov. 1985	+0,16 - +0,52	0 - +0,30
Nov. 1984- mayo 1986	+0,16 - +0,48	+0,01 - +0,22
Tendencia predominante del proceso		
	Acumulación	Acumulación

TABLA 6. *Magnitud y tendencia del desarrollo de los procesos de cauce recientes en correspondencia con los elementos morfológicos del plano de inundación y del cauce en la estación VI del Río Carpintero (coordenadas N y E: 152,0 y 619,4).*

Períodos	Cauce principal	Sector intercauce principal y secundario	Cauce secundario
Valores de la renivelación			
Nov. 1984- mayo 1985	0 - -0,60	0 - +0,04	0 - +0,04
Nov. 1984- nov. 1985	+0,01 - -0,87	0 - +0,04	-0,01 - +0,16
Nov. 1984- mayo 1986	+0,15 - -0,56	-0,04 - +0,06	0 - +0,39
Tendencia predominante del desarrollo			
	Erosión	Acumulación	Acumulación

principal aumenta, con sus correspondientes variaciones estacionales del régimen de precipitaciones.

Son notables las tendencias acumulativas en los cauces de las estaciones premontañas (II, III, IV, V) con relación a la estación ubicada en la llanura (I), donde la erosión es creciente. Este último sector está asociado con las morfoestructuras longitudinales de tipo "horst" y bloque monoclinial de Daiquirí-Juraguá-Siboney.

En el análisis realizado sobre el desarrollo de los procesos fluviales de cauce se tomaron

los valores de las tendencias generales, obviando los casos extremos, en ocasiones debidos a irregularidades del lecho o a zonas de acumulación de material grueso originadas en períodos históricos por grandes avenidas, o al desarrollo de los procesos de pendiente, intensos a ambos lados del cauce y del plano de inundación. Los resultados preliminares se han obtenido en un período climático promedio, sin la ocurrencia de fenómenos meteorológicos extremos o de sismos de gran intensidad.

## CONCLUSIONES

De manera preliminar fueron estudiadas las particularidades climáticas e hidrológicas de la región. Las investigaciones arrojaron que, durante todo el año, tanto las precipitaciones como el escurrimiento son característicos para el clima tropical, formado por un período seco y un período lluvioso. La presencia de estos períodos determina correspondientes cambios en la intensidad y en los tipos de procesos fluviales de cauce. En ocasiones se produce la alternancia de los procesos, de acuerdo con el régimen climático, como ocurre en las estaciones I y II, ubicadas en el tercio inferior del Río. En el resto, se observa, dentro de una misma tendencia, variaciones en función del período climático (III, IV, V); en otras la tendencia es creciente (VI).

Existe una marcada correspondencia entre las amplitudes de las variaciones de los tipos de procesos fluviales y los elementos morfológicos del cauce. En este sentido, las mayores amplitudes (0,5-0,6 m) se corresponden con los cauces principales, mientras que las amplitudes mínimas (0-0,5 m) están presentes, en la generalidad de los casos, en

los sectores intercauce principal y secundario y en los planes de inundación.

La diferenciación morfoestructural del territorio se refleja en el comportamiento de la dinámica de los procesos fluviales de cauce recientes, en su intensidad y tendencia, y existen diferencias notables de su régimen entre los sectores montañosos, premontañosos y de llanuras.

Las características morfológicas del valle varían en correspondencia con la diferenciación morfoestructural, pues existe en la llanura plano de inundación, cauce principal y secundario, y el sector intercauce entre ellos; en las alturas pequeñas longitudinales, un amplio plano de inundación y el cauce; mientras que en las premontañas y montañas es característico un cauce principal y uno secundario (de avenidas) con un sector intercauce entre ellos.

De esta forma, queda evidenciado el papel de los procesos endogenéticos en la formación de las redes fluviales y las particularidades morfológicas de los valles y los cauces fluviales.

## RECONOCIMIENTOS

*Agradecemos al Ing. Rolando Valle Landa, delegado del I.C.G.C. en la Provincia San-*

*tiago de Cuba, la ayuda ofrecida en la realización de las observaciones geodésicas de*

campo. Reconocemos la labor tesonera de Fernando Núñez Leyva, Leonardo Rodríguez Carrió, Pedro Batista Ricardo, Rafael Ricardo Alfonso y Jesús Miguel Hernández González, miembros de la brigada geodésica; su dedicación, interés y resultados precisos obtenidos, sin los cuales los autores no hubiesen podido realizar las evaluaciones geodinámicas cuantitativas ofrecidas en el pre-

sente trabajo. Nuestro sincero agradecimiento a Luis Hernández Avalo y Luis Carbonell, exponentes del apoyo desinteresado y de la colaboración que brinda nuestro pueblo al desarrollo de las investigaciones científicas, fundamentalmente en las condiciones difíciles de las zonas montañosas. Una vez más, damos las gracias a Bertha Benítez por su cuidadoso trabajo mecanográfico.

## REFERENCIAS

- Batista Silva, J. L. (1974): Escurrimiento medio anual de los ríos de Cuba. *Voluntad Hidrául.*, 31:23-28.
- Díaz Cisneros, L. R. (1985): "Metódica de la regionalización climática de países tropicales en el ejemplo de Cuba" [en ruso]. Tesis de Candidato a Doctor en Ciencias Geográficas, Instituto de Geografía, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú.
- Gorelov, S. K., S. T. Taguiev, y S. S. Chelpanov (1973): Metódica y resultados de las observaciones instrumentales de los movimientos de la corteza terrestre y del desarrollo de los procesos fluviales en el Kopetdag Central [en ruso]. *Rev. Geomorfol.*, 4:35-42.
- Guerásimov, I. P. (1973): Interrelación dinámica de los movimientos recientes de la corteza terrestre y los procesos exógenos formadores del relieve desarrollados en su superficie [en ruso]. En *Sovremennye dvizhenia zemnoy kory*, Ed. Akad. Nauk, Estonian SSSR, Tartu.
- Hernández Santana, J. R., D. A. Lilienberg, y R. González Ortiz (1986): Regionalización morfoestructural de la Sierra Maestra y las depresiones circundantes. *Cien. Tierra Espacio.* 15.
- Lilienberg, D. A. (1973): Besonderheiten rezenter Erdkrustenbewegungen in der Raum und zeit auf ausgedehnten territorium. En *II International Symposium on Geodesy and Physics of the Earth*, Postdam, Resúmenes.
- (1977): "Movimientos recientes y diferenciación morfoestructural de la corteza terrestre" [en ruso]. En *Sovremennye dvizhenia zemnoy kory* (Tezisy VII Vsesoiuznovo soveshanía), Ed. VINITI, Moscú.

### A STUDY OF THE RECENT BED LOAD PROCESSES OF THE CARPINTERO RIVER (CUBA) USING GEODETIC METHODS

**ABSTRACT.** Stationary geodetic measurements on the dynamic of the bed load process of the Carpintero River were made on the southern slope of the mountain massif of the Gran Piedra. Repeated geodetic levelings (twice a year, after rainy and dry seasons) were made on transversal profiles of the bed in six stationary sections, distributed on a complex mosaic of longitudinal morphostructural blocks. The first four cycles of measurements showed a tendency to the accumulation (+0,1 - +0,5 m) after the dry season in premountain and plain sectors, and erosion (-0,5 - -0,8 m) after the rainy season in mountain morphostructures; although in the last ones the erosive process predominates throughout the year. At the same time, the regularities of the dynamics of the bed load processes in the Carpintero River are determined by the rhythmic character of the climatic regime and the normal river flow. The geodetic data of the leveling line Las Guásimas - Gran Piedra, parallel to the Carpintero River, will allow in the following years the determination of regularities in the interactions between tectonic movements and recent exogenous processes in correspondence with the morphostructural differentiation of the territory.