

CUADERNOS de Geomorfología de Cuba

Número 7, noviembre de 2025



- EL SISTEMA KÁRSTICO DE SAN JUAN, ESTRUCTURA NEOTECTÓNICA Y CAMINOS DEL AGUA SUBTERRÁNEA
Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaia, Cuba surcentral 1

En el estudio del sistema kárstico colgado del pico San Juan fué realizado el levantamiento morfotectónico y la cartografía geomorfológica de las depresiones de recarga, su profundidad y densidad. Este procedimiento permitió identificar los bloques neotectónicos limitados por fracturas que formaron la orografía del relieve y que deformaron escalonadamente el muro de rocas impermeables de la base del karst, determinando su morfología, las direcciones y el sentido de las vías más posibles para la conducción subterránea así como la posición de las zonas de descarga.

El sistema kárstico San Juan, estructura neotectónica y caminos del agua subterránea. Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaya, Cuba surcentral. Por Antonio R. Magaz

El grupo montañoso Guamuhaya, situado a 240 km al Este-sureste de la ciudad de La Habana, es el edificio montañoso de Cuba central. Se extiende por espacio de 80 km junto a la costa Sur de la isla de Cuba en el tramo comprendido entre los valles de los ríos Arimao y Zaza, al Norte de la fosa submarina de Jagua del mar Caribe noroccidental. Con una superficie de 2,700 km² esta formado por dos morfoestructuras elípticas: Las montañas de Sancti Spíritus al oriente, con 843 metros sobre el nivel del mar (en la loma Banao) y las montañas de Trinidad al occidente, donde alcanzan los 1,156 metros de altitud en el mogote denominado Pico San Juan o La Cuca, punto culminante de este grupo orográfico.

Entre los 4 sistemas montañosos de Cuba, el grupo Guamuhaya es el más intrincado y su complejidad se debe a su estructura de bóveda, conformada por bloques fallados desde donde desciende un sistema radial de valles profundamente encajados, acañonados y con saltos de agua escalonados en cuyas cuencas las formas erosivas están relacionadas con las kársticas (de conos, cúpulas mogóticas y depresiones cerradas), donde el drenaje superficial y subterráneo están relacionados de diverso modo a través de numerosas cuevas profundas y simas escalonadas, escenario que está cubierto por tupidos bosques altos de los tipos mesófilo submontano (entre 400-800 m) y pluvial montano (entre 800 -1156 m). El montano de cumbre se caracteriza por su alta humedad, temperaturas moderadas y topografía montañosa. Predominan árboles de dosel denso de 20-30 m de altura, con presencia de plantas epífitas como helechos y musgos, y suelos profundos y ricos en materia orgánica. Además, recibe lluvia abundante y a menudo está cubierto por neblina.

Geológicamente hablando, las montañas de Trinidad pertenecen a las zonas estructuro-faciales de Zaza y Trinidad que se caracterizan por la complejidad estructuro-tectónica y por la presencia de secuencias de rocas metamorizadas de bajo grado (*Millan y Somin, 1981*). En la zona Trinidad se destacan dos complejos rocosos fundamentales cuya expresión geomórfica es diferente:

- Metacarbonatado (grupo San Juan): formado por calizas cristalinas, calizas marmorizadas hasta mármoles y esquistos carbonatados; con contenidos de calcita de 95 a 98 % (*Viciedo et al, 1982*), del J₃ Ox-t y
- Metaterrígeno (fms. Naranjo y otras), integrado por esquistos cuarcíticos hasta cuarcitas, esquistos micáceos y cristalinos del J₁₋₃ Ox. (*Albear et al, 1988*)

Estructuralmente, las rocas carbonatadas e intensamente karstificadas del grupo San Juan integran mantos sobrecorridos sobre las rocas de la formación Naranjo que constituye el acuitado o muro impermeable de la base de los sistemas kársticos colgados y lenticulares de la región tales como los de Potrerillo-La Güira, Río Cabagán-Río Cañas, Asiento Javira-San Juan de Letrán, río Hondo-Cabagán, Pretiles-Hanabanilla-Jibacoa, entre otros, así como el propio sistema San Juan que integran la región del karst de las montañas trinitarias.

Estas geoestructuras antiguas de estilo alpino en mantos están cortadas, elevadas y reestructuradas por la geoestructura neotectónica neógeno superior-cuaternaria de cúpula-bloque que determina, con sus saltos de falla, la morfología escalonada intermacizo de la base del karst en los sistemas, creando su división en subsistemas o aparatos kársticos que tienen unidad estructuro-geomorfológica y en su funcionamiento hidrogeológico (*Magaz y Cisneros, 1994; Magaz, 1995, 2017, 2018, 2025*), **Fig. 1, 2 y 3**.

El sistema merokárstico del Pico San Juan es un sombrero calcáreo de cumbre que esta claramente delimitado en la estructura geológica por la traza de una falla de sobrecorrimiento de un klippen o resto de un manto que en el relieve puede cartografiarse con facilidad a través del cambio que se produce entre los

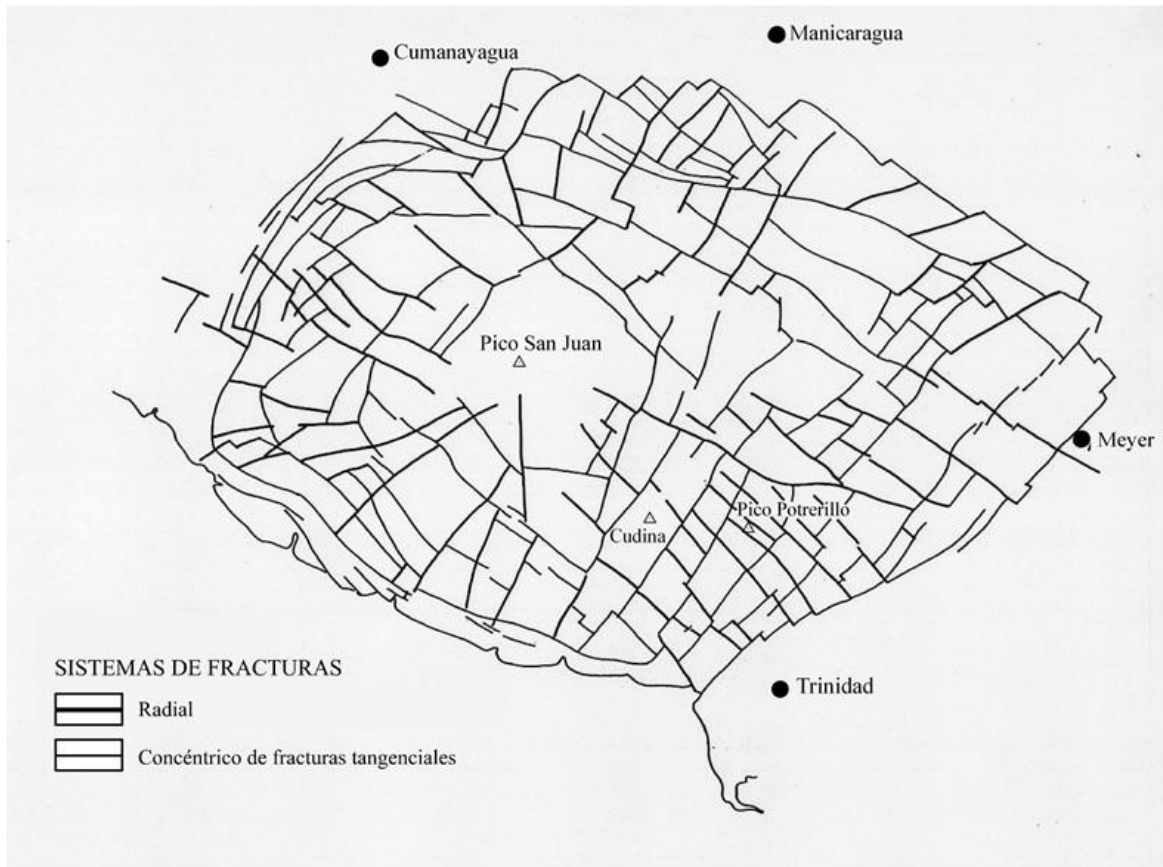


Fig. 1. Geoestructura de cúpula-bloque y sus elementos geomórficos lineales.

valles externos del relieve de erosión, elaborado en las rocas metaterrígenas y el karstificado interno modelado en las rocas metacarbonatadas, caracterizado por alturas en forma de conos y cúpulas separadas por depresiones kársticas poligonales. El sistema kárstico esta incluido en el escalón cimero de montañas bajas, y comprende una superficie de 76 Km² y un perímetro de 40 km.

La altitud de afloramiento de la base del klippen calcáreo es mas baja por el norte (432 – 443 m snm) entre las localidades de Cien Rosas y el Nicho y es entre 277 y 373 m mas alta por el sur (cuya altitud alcanza en ese borde meridional 709-816 m snm) como se aprecia en la sección regional de la fig. 3 y en la sección detallada de la **Fig. 4**. En esta sección la suma de los desniveles entre escalones morfotectónicos de bloque es mayor hacia el norte. Por sus bordes este y oeste, el techo de la fm. Naranja no presenta un desnivel tan notable, se encuentra entre 733 y 774 m de altitud respectivamente, con dos puntos bajos hacia Cien Rosas y Las Vegas (526 m y 646 m), Ver **Fig. 5** de la sección este-oeste.

Los desniveles entre las superficies de cima de la divisoria central y las bases erosivas de los ríos surgentes en el limite del klippen por la vertiente norte fluctua entre 500 y 567 m y un gradiente topográfico del 14 -16 % (9.09 °). En la vertiente sur el desnivel es menor, entre 244-296 m así como la pendiente del terreno, que solo alcanza el 5.6 % (3.21 °). El escalonamiento del muro impermeable

causado por las fallas que lo cortan suponen gradientes escalonados mas fuertes de las cavidades subterráneas de conducción en al menos 4 fracturas con saltos de falla de 50-190 m.

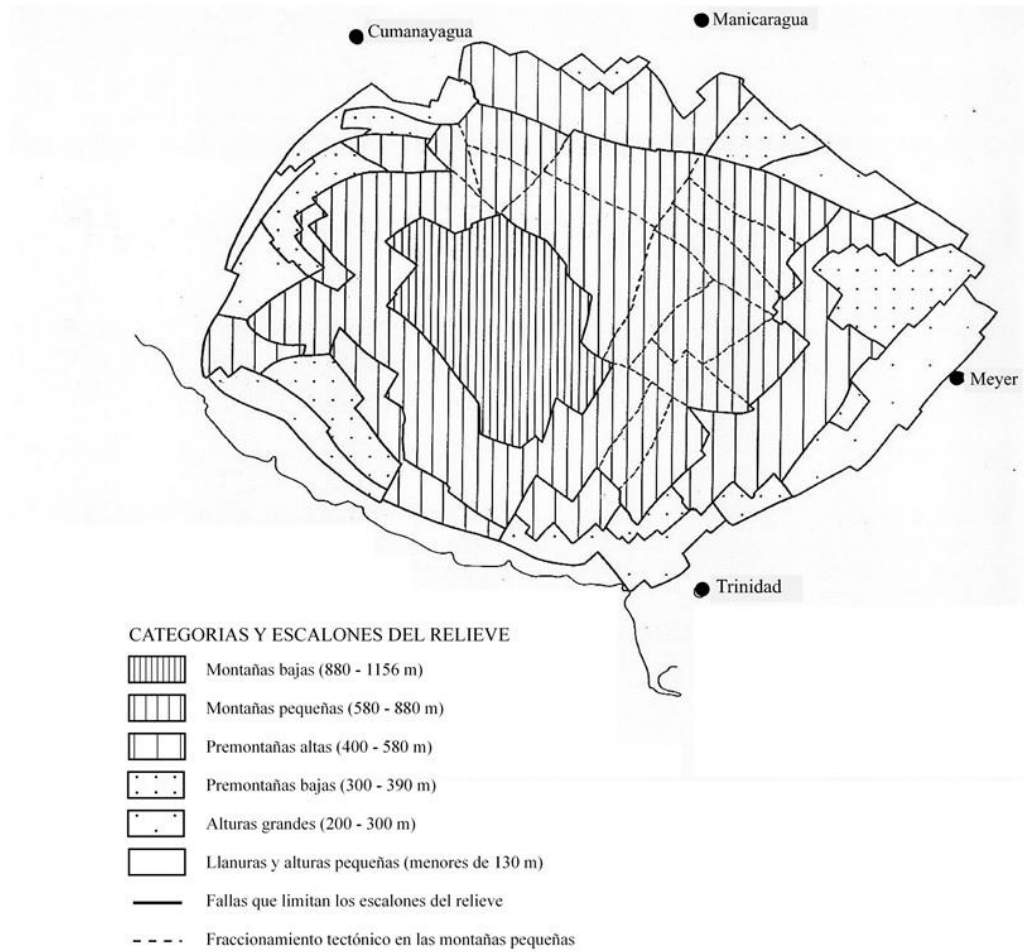
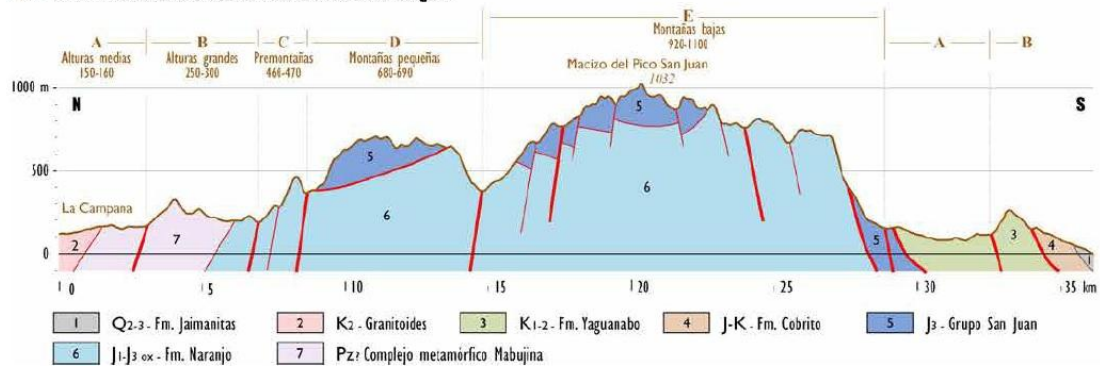


Fig. 2 . Geoestructura de cúpula-bloque y unidades orográficas.

Fig. 3 **RELIEVE ESTRUCTURAL DE CÚPULA-BLOQUE**



A partir de las cotas de la base del klippen por sus bordes en vertientes y bases erosivas, se estimó matemáticamente la base del karst intermacizo, usando los saltos de falla interescalones morfotectónicos, fijados por los desniveles entre las superficies de cima de los bloques. El espesor karstificable fué estimado entre 313 m (al norte), 304-340 m al centro, 170 m al sur de Cien Rosas y 78 m en Gaviña.

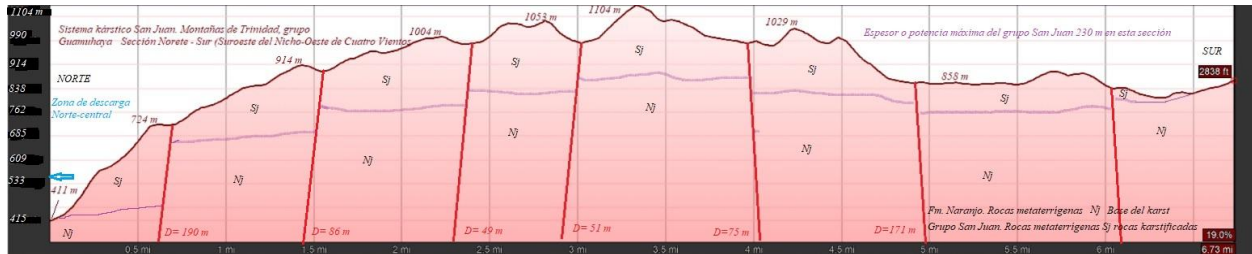


Fig. 4. Sección Norte-Sur. Sistema kárstico San Juan. Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaya

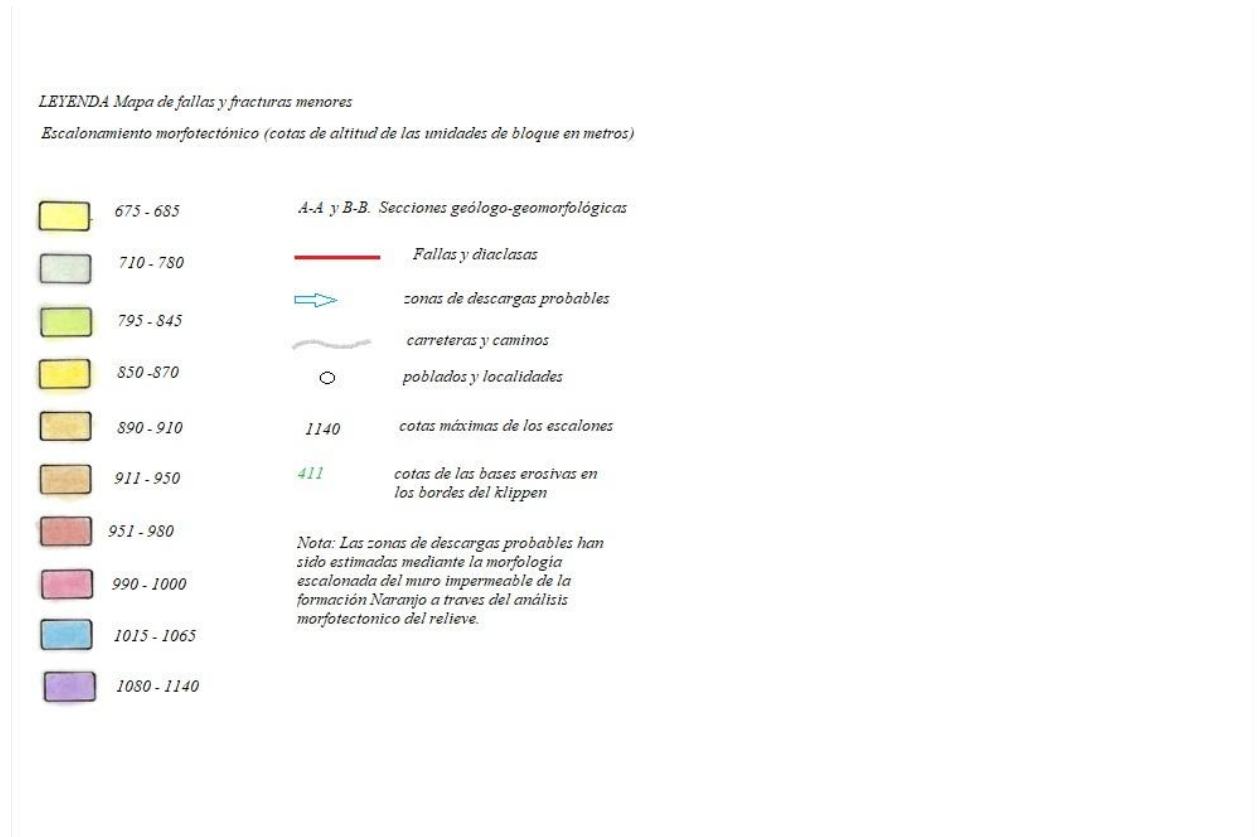


Fig. 5. Sección Este-Oeste. Sistema kárstico San Juan. Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaya.

En el mapa de fallas y diaclasas del sistema kárstico y su leyenda (**Fig. 6**), se muestran los escalones locales en que esta dividido este karst de cumbre según dos direcciones principales de fracturas (NE a NNE y NW a NNW y rumbos próximos). Los bloques internos están separados por fallas con saltos máximos de 50-184 m en un 70 % y diaclasas y fallas con saltos mínimos de 15-48 m en un 30 %. Siguiendo las superficies de cima de los bloques más elevados y su disposición en el plano se puede observar un diseño de divisoria de disposición latitudinal entre las cercanías de la localidad Las Vegas en el oeste y el sur de Cien Rosas al este. A partir de ella, los bloques descienden en saltos hacia el norte y el sur como se muestra en la sección Norte-Sur. Es de esperar que el muro impermeable (Fm. Naranja) este desplazado en correspondencia con los bloques como se muestran en las secciones que cortan el sistema San Juan de N-S y de E-W; ya que la geoestructura de cúpula-bloque cortó y desplazó los antiguos mantos después de establecidos en la postorogénea.

Este levantamiento morfotectónico (*Ranstman, E.Y. 1979; Hernández et al, 1991*) permitió reconocer agrosomodo las direcciones y el sentido de la circulación de los acuíferos kársticos en sus zonas de conducción a través de las fracturas y, en conformidad con los bloques, que rigen la posición altitudinal del muro impermeable, base del sistema. Así inicialmente, fueron estimadas varias zonas de descarga, entre las que se cuentan: dos al norte hacia el río Mamey (localidad de El Nicho), una la Sureste hacia el río Guanayara, dos hacia el este al sur de Cien Rosas y tres más hacia el sur y suroeste en las localidades de Las Vegas, Gaviña y Mayarí.

La disección vertical o profundidad de la disección kárstica (diferencia de altura entre el tope de los conos y cúpulas y el fondo de depresiones) en la vertiente norte alcanza valores máximos de 81-140 m y promedio de 87 m y en la vertiente sur entre 44-100 m, con promedio de 65 m. La DV es el 12 % de la altitud máxima. La densidad de sumideros del fondo de las depresiones alargadas y lobuladas alcanza en la mitad oriental de la vertiente sur el máximo de 60-70 vías de influencia (6 formas / Km²).



Es conocido que en el karst de montaña, las depresiones más evolucionadas en profundidad, densidad, área de distribución y puntos de recarga (concentrada o difusa), están sustentadas a nivel subterráneo por las zonas de conducción más importantes en capacidad transmisiva que les han dado origen. Partiendo de esta regularidad, las depresiones permiten pronosticar las vías más importantes que conducen el agua y exportan el lavado mineral en los acuíferos kársticos de grieta. Partiendo de la cartografía de las formas de recarga en sus características y de esta correlación entre ellas y las formas de conducción se pudieron trazar las direcciones de transmisividad más favorables hasta las zonas de emisión o descargas más probables. Las depresiones del karst comienzan su desarrollo cuando se han establecido las conexiones entre los sumideros y las surgencias a través de conductos embrionarios de disolución controlados por grietas y contactos estratigráficos. Las depresiones kársticas (como dolinas y poljés) son formas de relieve superficial que resultan de la evolución del sistema subterráneo.

Como resultado de este análisis geomorfológico fueron identificadas las siguientes vías más factibles a la conducción:

8 vías de dirección y sentido hacia el norte, cuyas surgencias deben descargar los recursos hacia la cuenca del río Mamey, afluente del Hanabanilla en la localidad de El Nicho.

7 direcciones y sentido hacia el sureste, que descargan hacia corrientes surgentes que tributan al río Guanayara (**Fig. 7**, del aparato Kárstico San Juan-Guanayara).

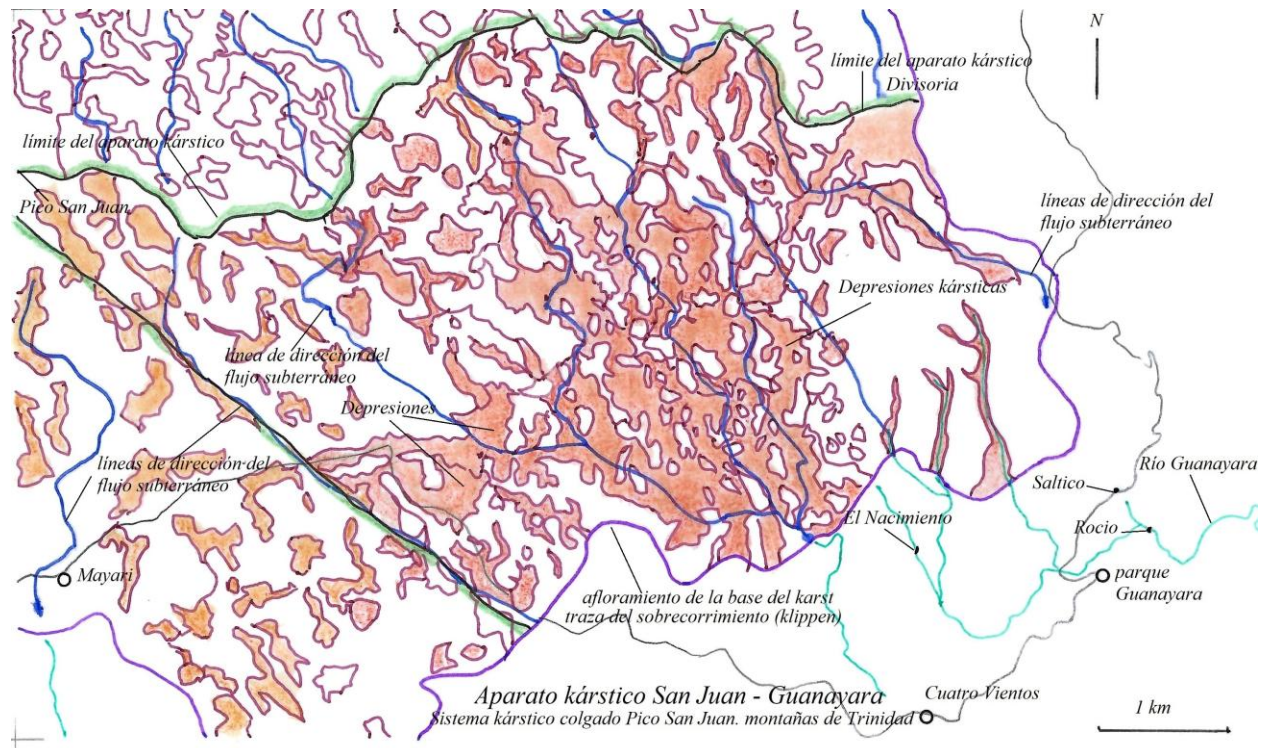


Fig. 7. Aparato kárstico San Juan- Guanayara. Sistema San Juan. Montañas de Trinidad, Guamuhaya

4 direcciones hacia el suroeste, que surgen entre las localidades de Gaviña y Mayarí y que descargan a los ríos San Juan y Hondo y

2 direcciones que descargan al oeste, hacia el río que corre por el norte de la loma de La Ventana y San Blas que tributa al río Matagua.

Recapitulando, el procedimiento para examinar el sistema kárstico del Pico San Juan en su estructura y funcionamiento comprendió al inicio, el levantamiento geomorfológico-estructural a través del método morfotectónico que consideró el levantamiento de los sistemas direccionales de morfoalineamientos y su clasificación mediante las diferencias entre superficies de cima. Se elaboró el mapa de fallas que limitan bloques morfotectónicos y fracturas menores, obteniéndose la morfología escalonada intermacizo de la base o muro del karst colgado. Siguió la cartografía y caracterización morfogenética y morfométrica del complejo de formas kársticas de la zona de recarga de cumbre, lo cual precisó más las direcciones y el sentido de la circulación de los acuíferos sobre la base de la correlación natural entre las depresiones y las correspondientes vías de conducción.

Esto permitió elaborar el mapa de los subsistemas o aparatos kársticos que tienen unidad geomorfológica e hidrogeológica y que dividen el sistema a través del plano morfoestructural neotectónico que modificó la posición de los mantos de sobrecorrimiento, formó el relieve actual y definió en su naturaleza físico-geográfica el karst más elevado de Cuba.

En la **figura 8** aparece el Mapa que muestra los aparatos kársticos en que se divide el sistema del Pico San Juan que se proponen y que hemos nombrado en este estudio como: I. San Juan-Cien Rosas; II. San Juan-Guanayara (ampliado en la figura 7), III. Gaviña-Mayarí y IV. Las Vegas.

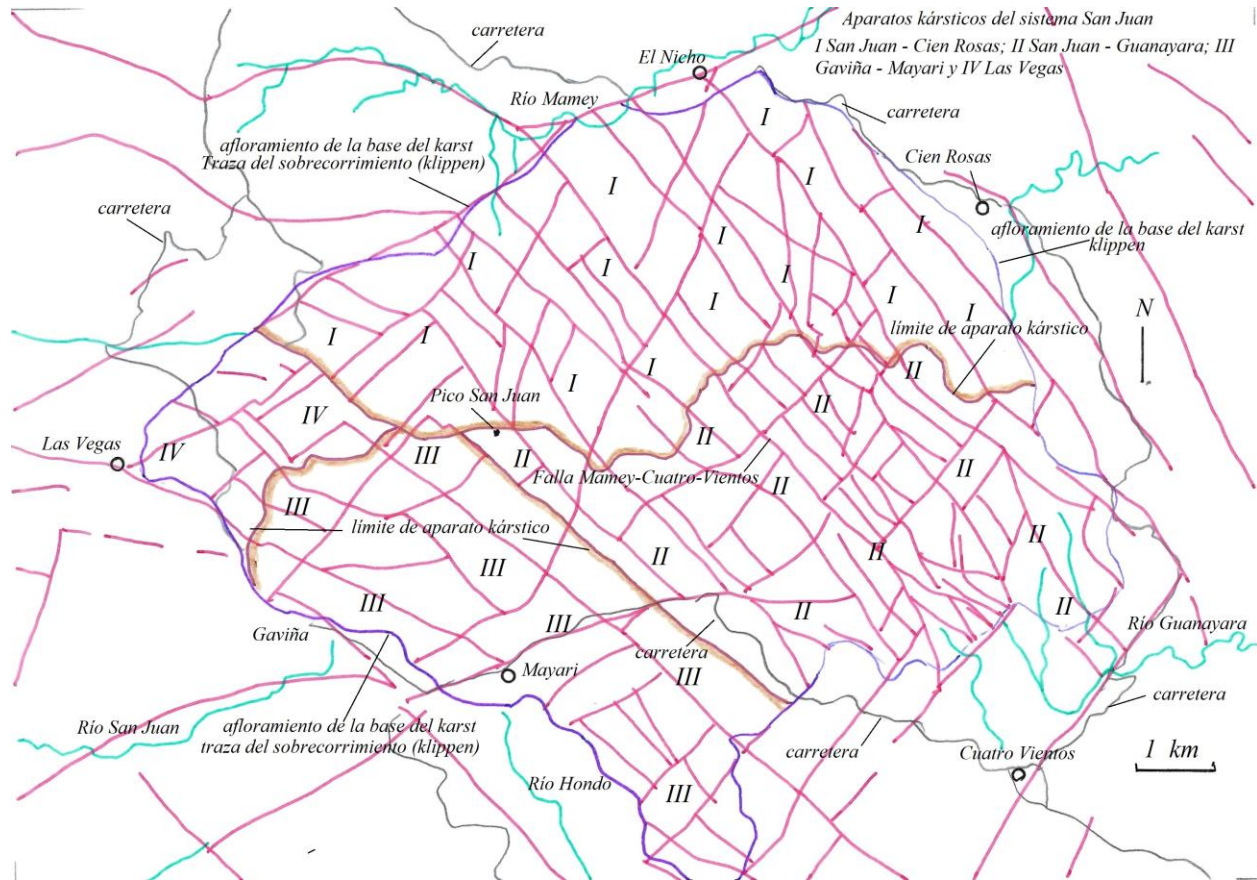


Fig. 8. Aparatos kársticos del Sistema colgado San Juan

Donde los elementos más importantes en la definición de los límites han sido el resultado de la composición de los bloques morfotectónicos que determinaron la divisoria E-W de los niveles de cima de los bloques más elevados y además las fallas morfotectónicas de dirección NW-SE que tienen importancia en las direcciones del flujo subterráneo como el caso de la falla Mamey-Cuatro Vientos que es una barrera hidrogeológica cuyo salto de falla forma un muro impermeable en el bloque colgante que conduce las aguas en dirección SE hacia la cuenca Guanayara y que puede ser considerada un límite que divide el aparato II (San Juan-Guanayara) en dos zonas kársticas. De noroeste a sureste el salto de esta falla aumenta escalonado desde 10 hasta 50 m.

El análisis geomorfológico-estructural y la cartografía morfogenética y morfométrica del relieve de las regiones con manifestaciones kársticas, es un procedimiento básico que contribuye eficientemente a los estudios hidrogeológicos e hidrodinámicos necesarios para la implantación de estaciones de medición para valorar los acuíferos, su captación, para la utilización de los recursos contenidos en estos territorios. Además de contribuir a la identificación de las zonas de recarga y de las vías de conducción preferencial más importantes, al proponer las zonas de emisión, facilita el estudio de la denudación kárstica a través de las respuestas naturales en las surgencias.

Parte de los recursos contenidos en los aparatos kársticos San Juan-Cien Rosas y San Juan-Guanayara fueron considerados para la construcción de la hidroeléctrica Hanabanilla con los objetivos de generar electricidad y aprovechar el recurso hídrico del río Hanabanilla para el sistema electroenergético de Cuba, buscando diversificar la matriz energética del país y reducir la dependencia de las termoeléctricas. Su propósito fue complementar la generación de las centrales termoeléctricas, que son dependientes de combustibles fósiles como el petróleo. Formó parte de la estrategia de Cuba para explotar su potencial hidroeléctrico, que incluye otras pequeñas instalaciones distribuidas a lo largo del país.

Además de sus usos principales para generación de energía hidroeléctrica y como abastecimiento de agua, el embalse Hanabanilla ofrece otros usos relacionados con el turismo. Estos incluyen la pesca deportiva y actividades recreativas-educativas como el senderismo por los alrededores de montaña y la navegación por el lago. También ecoturismo, observación de fauna y condiciones de alojamiento en el hotel construido a orillas del embalse.

Sin embargo otra parte de los recursos contenidos en el sistema colgado San Juan pueden ser aprovechados para el desarrollo de la costa sur, en particular el subsistema o aparato kárstico Gaviña-Mayarí que descarga sus recursos hacia los ríos San Juan y Hondo y también el aparato Las Vegas que descarga en dirección a San Blas hasta el río Arimao. Esto expresado en área comprende el 45 % del área del sistema San Juan (que tiene en total 76 km²) si extendemos la superficie útil hasta la barrera hidrogeológica de la falla Mamey-Cuatro Vientos.

Referencias.

Albear, J.F., I. Boyanov, K. Brezsniansky y otros (1988): *Mapa geológico de Cuba*. Instituto de Geología, Academia de Ciencias de la URSS, Moscú, 40 hojas, Escala 1: 250,000.

Hernández, J.R., J.L. Diaz., A.R. Magaz., R.G. Ortiz., A.H. Portela. Y F.A. Barrios (1991): *Criterios geomorfológicos para la clasificación morfotectónica de Cuba oriental*. En: Morfotectónica de Cuba oriental. Ed. Academia, La Habana pp.10-18.

Magaz, G.A. y L. R. Cisneros (1994): *Geomorfología del complejo Topes de Collantes. Montañas de Trinidad*. En: Estudio geográfico integral del complejo sanatorial Topes de Collantes. Ed. Científico-Técnica, Instituto cubano de Geodesia y Cartografía. 30 pp.y 8 mapas a escala 1:25,000.

Magaz, G.A. (1995): *Morfoestructura y sistemas kársticos en el ejemplo de las montañas de Trinidad, Guamuhaya, Cuba*. En: El Karst y los acuíferos kársticos. Ejemplos y métodos de estudio. Universidad de Granada, G.I. Recursos Hídricos y Geología Ambiental. España, pp. 81-95.

----- (2017): *Geomorfología de Cuba*. Amazon Books, Kindle Editions. 477 pp

----- (2018): *Morfoestructuras, karst montañoso y las rutas del agua subterránea. La meseta del Guaso*. En: Rev. Cubageográfica. Vol. IV, N° 7, Enero-Junio. Págs. 1-11.

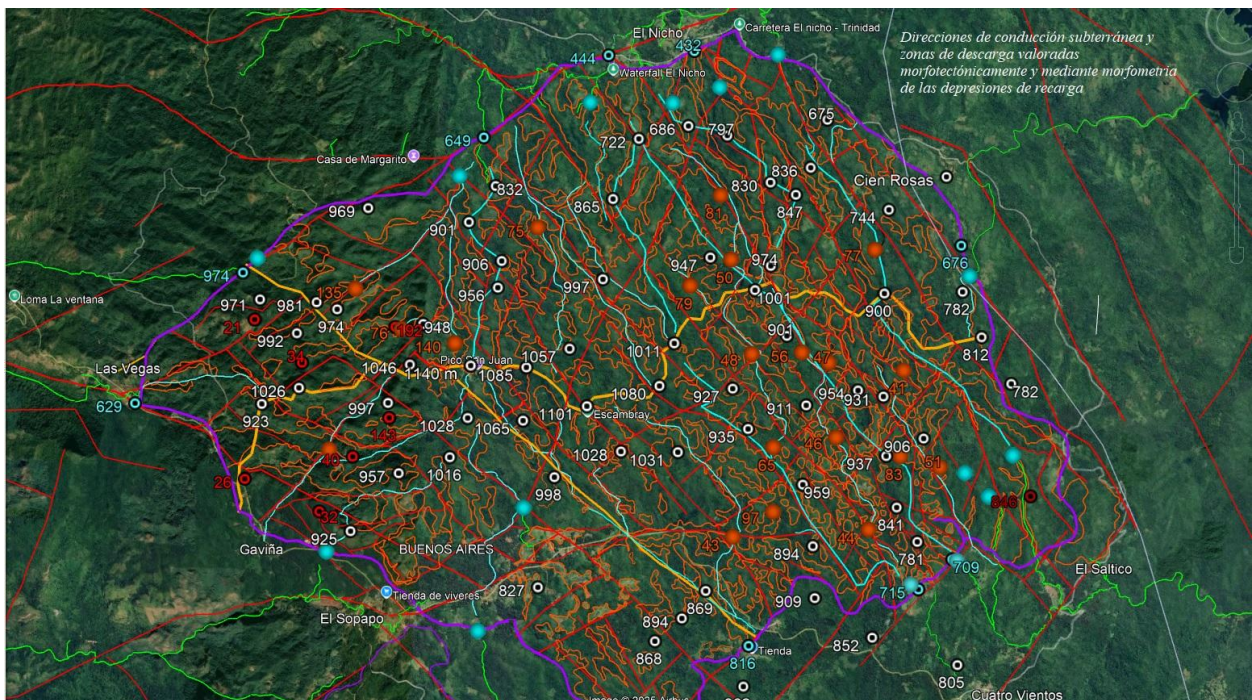
----- (2025): *El relieve de Cuba*. Amazon Books, Kindle Editions. 710 pp.

Millan. G. y Somin, M. L. (1981): *Litología, estratigrafía, tectónica y metamorfismo del macizo de Escambray*, Editorial Academia de Ciencias de Cuba. 104 pp

Pulido Bosch, A. (2001): *Investigación y exploración de acuíferos kársticos*. Bol. Geológico y Minero, Vol 112, Numero especial, pp 65-76.

Ranstman, E.Y. (1979): *Los lugares de terremoto y la morfoestructura de los países montañosos.* (en ruso), Ed. Nauka, Moscú, 169 pp.

Viciedo, E., et al (1982): *Informe de aguas minerales Topes-San Juan-Yaguanabo.* Archivo Fondo geológico de Cuba. Mecanografiado, 126 pp.



Arriba: Fotografía del sistema kárstico colgado del Pico San Juan; abajo: Direcciones de conducción subterránea (en color cian) y zonas de descarga en la imagen de satélite de la plataforma Google Earth, un material de trabajo.