

# CUADERNOS de Geomorfología de Cuba

Número 8, enero de 2026



■ LOS SISTEMAS KÁRSTICOS DE LAS MONTAÑAS DE TRINIDAD  
ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO DE INTERCAMBIO ENTRE ELLOS  
Y CON LOS MEDIOS NO KÁRSTICOS ..... 3



Queridos colegas y amigos:

En los estudios del karst cubano es frecuente ver cómo, de manera inconexa, se examinan las formas del paisaje, como las cuevas, las depresiones y las surgencias, lo que limita considerablemente el conocimiento integral de estas formas al estar fuera de la observación factores regionales fundamentales sobre la naturaleza de las mismos.

Tanto en Cuba Geográfica como en los Cuadernos de Geomorfología de Cuba han aparecido varios artículos sobre el karst cubano que consideran básica la geoestructura regional del paisaje para alcanzar conocimientos más elevados sobre el origen, el desarrollo, la estructura, el funcionamiento, los recursos, la protección y la edad de estos territorios.

Así, nuestros lectores pudieron alcanzar artículos como los del karst de Farallones de Moa, la meseta del Guaso, la formación del relieve subterráneo y superficial en las Alturas del Norte de La Habana y Matanzas, la evolución del relieve de Cuba y su significado en el karst y la formación de la sierra de los Organos, entre otros.

En la práctica investigativa geocientífica se comprendió la importancia que tiene el estudio de la relación entre el relieve y la estructura geológica para reconocer los tipos de sistemas regionales de acuerdo con la estructura física del medio kárstico. Este procedimiento permitió comprender que el estilo morfoestructural de una región es un factor importante para reconocer las diferencias y semejanzas estructurales y funcionales del karst, los llamados complejos morfoestructuro-kársticos. Y entonces se logró comprender realmente las causas de la posición y la evolución de los complejos de formas kársticas.

La aplicación de este principio que considera la morfoestructura regional permitió alcanzar un conocimiento holístico más elevado que posibilitó la elaboración del mapa tipológico de los sistemas kársticos que integran la región montañosa de Trinidad sobre bases sólidas de clasificación.

Les invitamos a adentrarnos en el interesante mundo de una de las regiones karstificadas más cautivadoras, intrincadas e interesantes de Cuba.

Gracias.

Antonio R. Magaz  
Editor



## ***Los sistemas kársticos de las montañas de Trinidad. Su estructura y funcionamiento de intercambio entre ellos y con los medios no kársticos.***

El objetivo fundamental de esta monografía es el estudio de 15 sistemas kársticos identificados en las montañas de Trinidad, unidad orográfica occidental del grupo Guamuha, lo cual permitió adelantar el conocimiento sobre la estructura física de los medios kársticos y un bosquejo de su funcionamiento diferenciado e intercambio con otros medios. Para ello fueron empleados métodos de la cartografía geomorfológica detallada del relieve estructural y escultural a través del análisis morfotectónico y del complejo de las formas de origen kárstico.

Entre los materiales utilizados para estos fines, fueron básicos los mapas topográficos de Cuba a escalas 1: 250, 000 y 1: 25, 000; las hojas del mapa Geológico de Cuba a escala media 1: 250, 000, las imágenes de satélite de la plataforma Google con escalas variables para interpretación y los datos de campo colectados por el grupo de Geomorfología del Instituto de Geografía de la antigua Academia de Ciencias de Cuba en varias expediciones llevadas a cabo en las década de 1980 y 1990 para la elaboración de los mapas del relieve del Nuevo Atlas Nacional de Cuba de 1989 y para otros trabajos locales como el Estudio Geográfico integral del complejo sanatorial Topes de Collantes (1993). Como resultado principal de este nuevo estudio se obtuvo el *mapa tipológico detallado de la región karstificada de estas montañas* y las características más notables de los sistemas que la integran.

Esta investigación geográfica estuvo motivada por la necesidad de reconocer la naturaleza geólogo-geomorfológica de los sistemas portadores de acuíferos subterráneos, como base imprescindible para apoyar los trabajos hidrogeológicos e hidrodinámicos, en la valoración de los recursos hídricos mediante la implantación de estaciones de medición en sitios clave, las formas de captación del agua, transportación del recurso y situación de reservorios en favor de saciar la sed urbana y de poblados rurales de las llanuras y alturas que circundan la montaña.

### *Antecedentes*

Como fué explicado en estudios previos, las montañas trinitarias fueron formadas por una geoestructura neotectónica heredada de cúpula-bloque, cuyas fallas radiales y concéntricas modificaron una antigua estructura de mantos, cortándola, verticalizándola y elevándola en bloques que forman escalones orográficos con plano y perfil tipo caparazón de Tortuga. Este mecanismo diapírico (\*) propició unidades morfotectónicas de altitud en forma de anillos escalonados y el afloramiento concéntrico regional de los materiales calcáreos karstificables y los terrígenos silicatados que, indistintamente, pueden formar las bases infrayacentes del karst o pueden estar interdigitados con los carbonatados (Somin y Millán, 1975; Magaz, 1995, 2017, 2021, 2023, 2025).

La erosión estuvo controlada principalmente con la energía potencial de éstos bloques escalonados y sus límites fallados durante cada fase de levantamiento de la cúpula montañosa, así como por las diferencias en la resistencia de los materiales involucrados. De acuerdo con la posición de los mantos de sobrecorrimiento, de su composición rocosa en el corte vertical geológico, y la distribución de la profundidad del corte erosivo tectocondicionado, fueron identificados tres grupos regionales de sistemas del karst que explican las diferencias en estructura del medio kárstico y los cambios en su funcionamiento hidrogeológico. Así, fueron identificados y designados tres tipos de sistemas kársticos: colgados, lenticulares someros y lenticulas profundos (Magaz, obras citadas). **Fig. 1, 2 y 3**

Entre los estudios geomorfológicos realizados con estos fines, en otras zonas montañosas de Cuba, pueden ser

---

(\*). *El Mecanismo geotectónico diapírico es la ascensión o empuje de material menos denso y más plástico a través de capas de rocas suprayacentes más densas y rígidas, impulsado por el desequilibrio de densidades y la presión hidrostática, creando estructuras como domos o pliegues. En el área que nos ocupa, este mecanismo fue desencadenado por la inversión de densidades de los materiales rocosos por efecto tectónico cuando las rocas pesadas de la zona estructuro-facial de Zaza (vulcanitas y el complejo anfibolítico Mabujina) se sobrecorrió sobre los materiales metasedimentarios mas ligeros de la Zona estructuro facial de Trinidad.*

señalados el ejecutado en la meseta del Guaso de la provincia de Guantánamo (Magaz, 2018), el de Magaz y Danieli en Farallones de Moa en 2017 y el del sistema kárstico colgado de San Juan de la propia región estudiada aquí, todos publicados bajo el sello de CubaGeográfica.

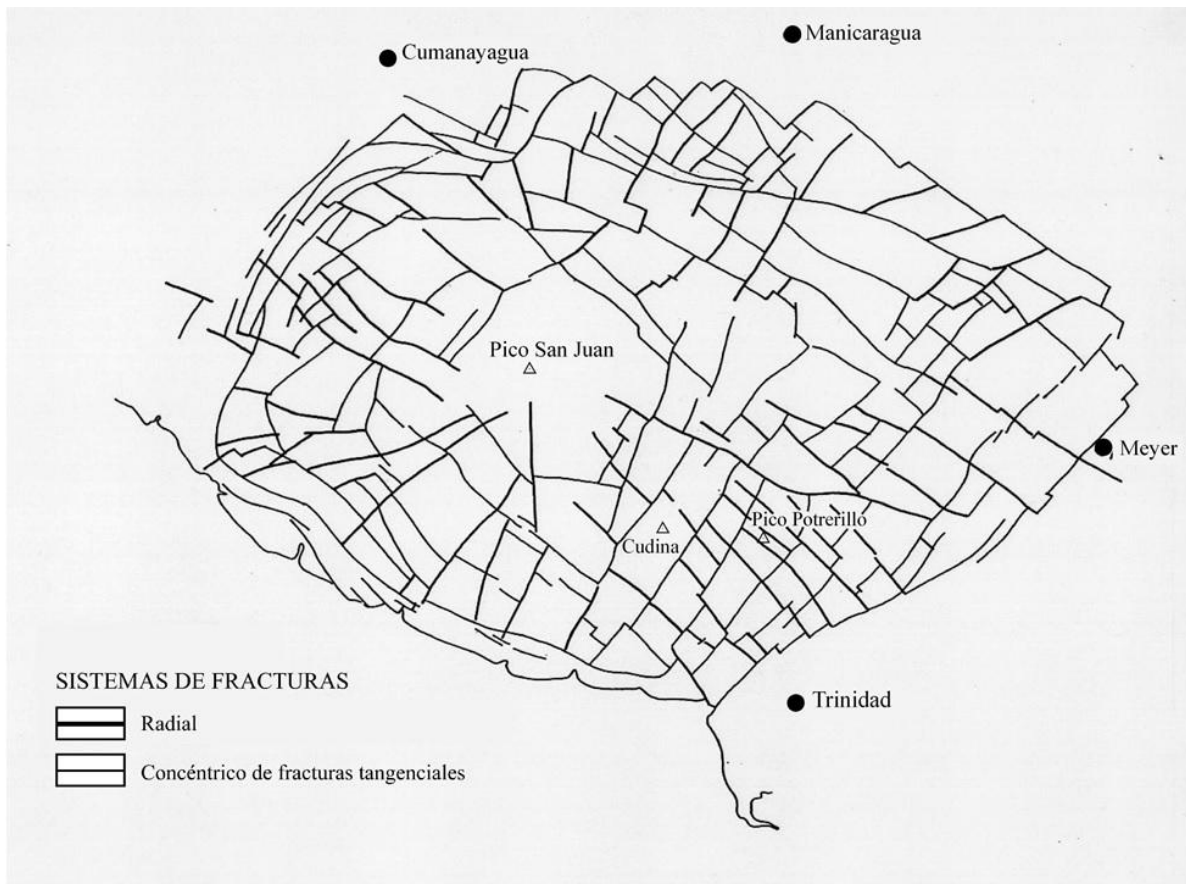


Fig. 1. Geoestructura de cúpula-bloque y morfoelementos tectónicos lineales (tomado de Magaz, 1995)

En esta última aproximación, los trabajos de cartografía general del relieve y la elaboración de 15 secciones geólogo-geomorfológicas complejas, entre otros procedimientos, permitió la detección, la identificación y la caracterización de 15 sistemas kársticos en la región montañosa de Trinidad que se nombran a continuación:

***Sistemas kársticos colgados.***

1. Pico San Juan
2. Potrerillo-La Güira
3. El Manzanal
4. Hanabanilla
5. Sabanas de Cabagán y
6. El Mamey

***Sistemas kársticos lenticulares someros.***

7. Río Cabagancito-Río Cañas
8. Asiento Javira-San Juan de Letrán
9. Hoyo Padilla
10. San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones y
11. Polja de Jibacoa-Río Hay

*Sistemas kársticos lenticulares profundos*

12. Limones Cantero-Yaraguas-El Cubano
13. Gavilanes-San Juan-Río Cabagán
14. Pretiles-Río Seibabo.
15. San Francisco

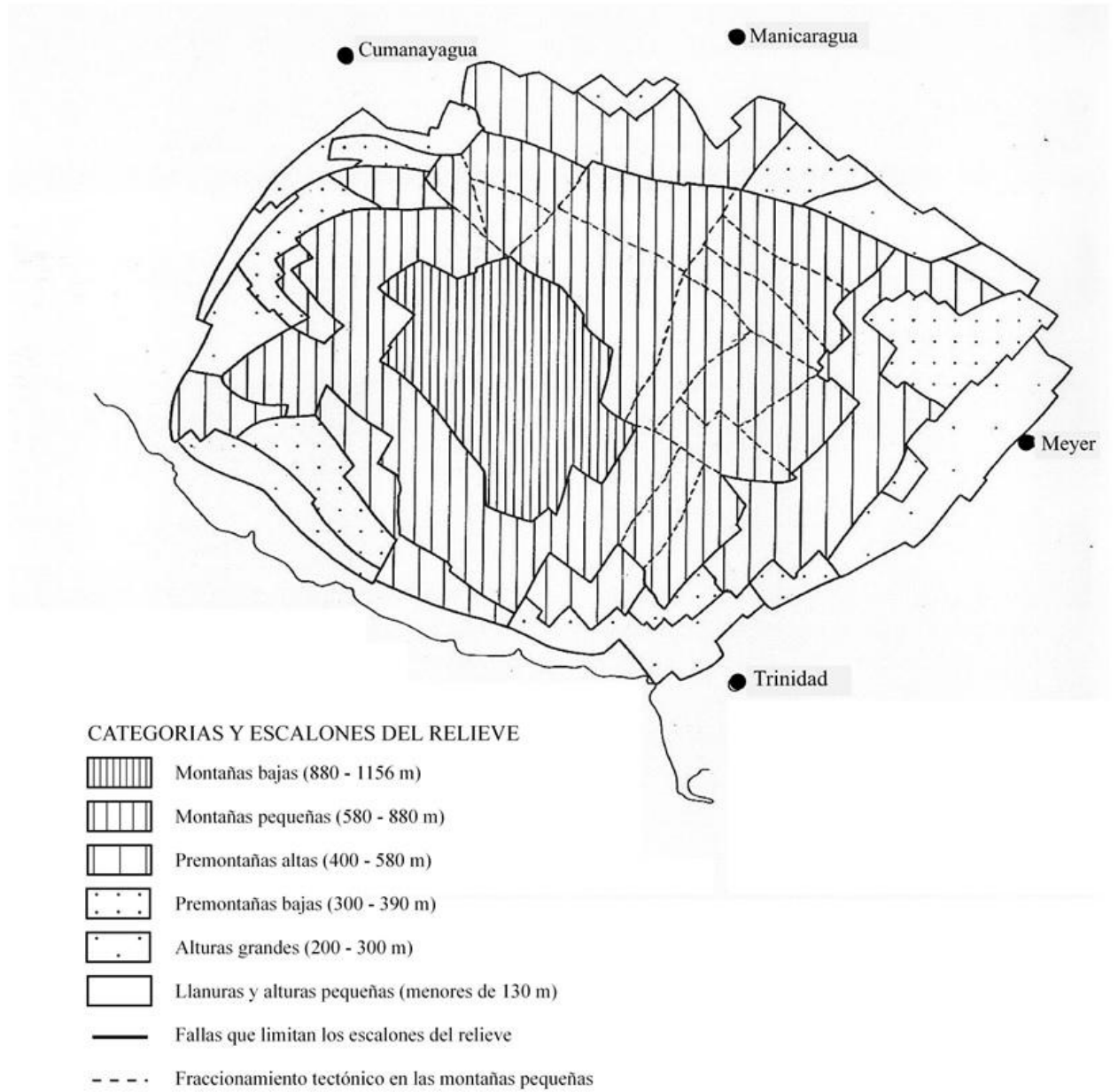


Fig. 2. Geoestructura de cúpula-bloque y unidades orográficas morfotectónicas (tomado de Magaz, 1995)

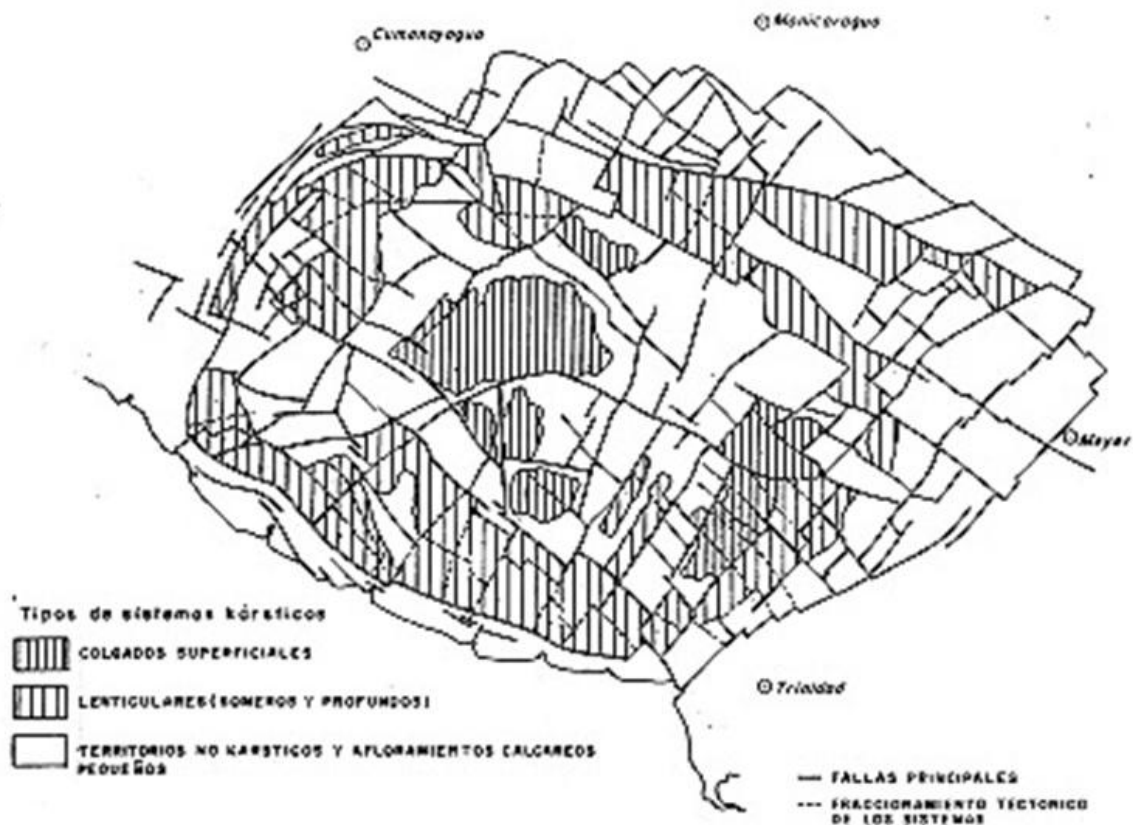


Fig. 3. Geoestructura de cúpula-bloque y tipos de sistemas kársticos en su primera aproximación (Tomado de Magaz, 1995)

Desde el punto de vista geomorfológico, los terrenos intensamente karstificados de los sistemas kársticos montañosos de Trinidad ocurren en las litoestructuras del grupo San Juan, en unidades kársticas colgadas y lenticulares someras, donde se presenta la mayor variedad de formas en sus zonas de recarga y conducción, con karst cónico y cupular de montaña y depresiones endorreicas de elevada densidad y profundidad que forman en las partes más elevadas un karst poligonal. Subterráneamente se presentan cavidades con altas bóvedas (Cueva de Martín Infierno), redes de conducción extensas y simas profundas escalonadas, como la cueva Cuba-Hungría, la más profunda de Cuba. El grupo San Juan está formado por calizas cristalinas, calizas marmorizadas hasta mármoles y esquistos carbonatados; con contenidos de calcita de 95 a 98 % y numerosos tipos de soluciones de continuidad formadas por la estratificación, las deformaciones plicativas, disyuntivas y varios planos metamórficos. En un nivel geológico estructural superior al grupo San Juan, se encuentran los mantos de la formación geológica Cobrito que constituyen los acuíferos de los sistemas kársticos lenticulares profundos en sectores periféricos de la base de la cúpula, la karstificación es menos notable en el complejo de formas de recarga y predominan las formas erosivas y erosivo-kársticas con sumideros en corrientes ciegas. La componen esquistos calcáreos y mármoles esquistosos. La menor karstificación del epikarst ocurre en la fm. Jibacoa, donde los mármoles están contaminados para la karstificación con esquistos verdes, metasilicitas y rocas metaterrígenas aunque se formaron cuevas como la de *Las Trancas* que dreña la polja tectónica de Jibacoa hacia la cuenca del río *Hay*.

Entre las rocas metacarbonatadas de las montañas de Trinidad y las calizas de la occidental Sierra de los Organos en la cordillera de Guaniguanico, existen notables diferencias en las nanoformas de la recarga kárstica, en particular en el lapiez parietal, de cumbres y cimas, donde no se presentan como en occidente; las profundidades, la densidad y las formas afiladas de los campos calcáreos.

### *Tipos estructurales de sistemas kársticos.*

**Colgados superficiales. (Figura. 4).** Se presentan en nappes carbonatados o restos de ellos (klippens) situados en el techo del corte geológico, que han sido completamente cortados, divididos e individualizados morfotectónicamente y exhumados por la profundización discontinua de los valles de falla en cada etapa de levantamiento. Son merokarsts que ocupan posiciones altas del relieve, a manera de casquetes calcáreos de cumbre, por sobre las bases erosivas y se distribuyen en el sector central de la cúpula, aunque pueden aparecer hacia su periferia alta, en cuyo caso, presentan notable inclinación del muro impermeable de rocas terrígenas debido a la verticalización de los nappes como efecto del levantamiento cupular. La altitud promedio de sus niveles de cima es de 830-890 hasta 1156 m snm situados en el piso altitudinal cimero de las montañas bajas.



Fig. 4. Sección Este-Oeste. Sistema kárstico colgado Pico San Juan. Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaya.

Son sistemas de alimentación autóctona por infiltración e influación, con acuíferos abiertos (libres) de circulación descendente que descargan directamente a los valles fluviales. Las pérdidas hídricas que tienen lugar a través de sus zonas de recarga, son entregadas a las mismas cuencas hidrológicas superficiales a las que pertenecían dichas zonas antes de la karstificación. Como formas relicticas del relieve se identifican en algunos casos (sistema Potrerillo-La Güira) paleocauces epigios de fractura representativos de la fase en que éstos macizos funcionaban como centros de dispersión fluvial de ríos de órdenes inferiores, aunque hay sistemas donde no se conservan formas erosivas pretéritas que pueden haber desaparecido en la karstificación poligonal o no haberse formado (Sistema Pico San Juan). En la **figura 5**, perteneciente al sistema colgado Pico Potrerillo-La Güira, se puede apreciar que las zonas de alimentación subterránea actual (antiguas cabeceras de cuencas superficiales), entregan el agua a través de surgencias a las cuencas fluviales a las que pertenecían originalmente.

Con el desarrollo kárstico, las cuencas fluviales se han reducido en superficie y en ellas se identifican tres zonas: en la parte alta se desarrolla una zona de alimentación subterránea; en la parte baja (fuera del área de estos sistemas), predomina el escurrimiento superficial y entre éstas, existe una zona transicional con drenaje superficial limitado en vías de su total conversión a subterráneo. Las zonas de recarga de los sistemas colgados están constituidas por dolinas, uvalas y depresiones erosivo-kársticas con cauces ciegos; separadas por conos y cúpulas kársticas con profundidades de disección desde 50 hasta más de 260 metros, dimensiones que rebasan las medidas sobre la disección vertical en otras áreas karstificadas del Caribe.

A los efectos del análisis morfométrico con fines hidrológicos, pueden utilizarse sin reservas las áreas de cuenca delimitadas a partir de sus divisorias topográficas ya que los probables déficits hídricos que pueden registrarse en las zonas de surgencia, son en parte derivados de las reservas estáticas presentes dentro de estos sistemas kársticos, no existiendo fugas o escapes de cuenca por la vía subterránea.

La subdivisión interior de los sistemas kársticos colgados en aparatos o subsistemas se debe a la división en bloques del fallamiento activo, cuyos saltos de falla determinan la posición altitudinal y la morfología del muro impermeable en el interior del sistema; lo cual influye entre otros factores, en la dirección y sentido del flujo

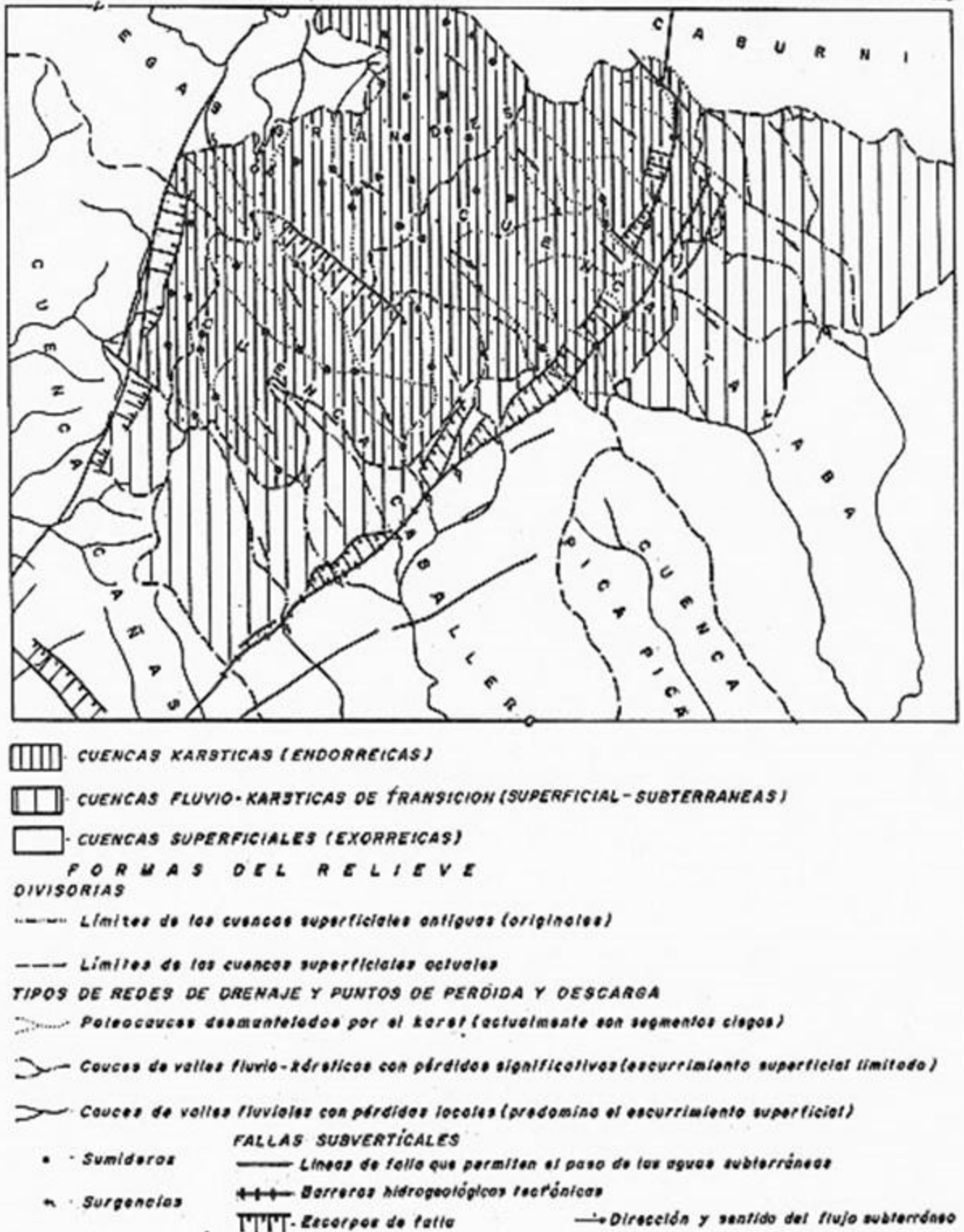


Fig. 5. Consecuencias hidrológicas de la evolución geomórfica en el sistema merokárstico colgado Pico Potrerillo.

subterráneo y en el patrón de desarrollo de las formas de conducción. Las zonas de emisión o de descarga actual de estos sistemas están representadas por surgencias y polisurgencias de régimen permanente, ubicadas en: a) el

techo del muro impermeable o traza de falla del klippen o resto de los mantos, b) las fallas del sistema de fracturas concéntricas y c) en los valles de falla del sistema de fracturas radial.

La serie vertical de superficies de planación fluvial (terrazas) y de los pisos del karst (paleosurgencias) tienen correspondencia altimétrica; lo cual significa que en cada etapa de estabilidad tectónica, la profundidad de la karstificación estuvo siempre controlada por niveles o bases erosivas establecidas al final de cada fase de levantamiento.

Ejemplos notables de sistemas kársticos colgados pueden encontrarse en el mencionado Pico Potrerillo-La Güira, y en el sistema del Pico San Juan o La Cuca, que es el karst más alto de Cuba y donde está el punto culminante de las montañas de Trinidad (1,156 m snm), casi en el centro de la cúpula montañosa. Además de los dos sistemas señalados, hay otros sistemas colgados nombrados aquí como El Manzanal, Hanabanilla, Sabanas de Cabagán y El Mamey, que serán tratados en detalle, individualmente más adelante.

Estos sistemas colgados en sombreros estructurales reciben una lluvia media anual de 2200-2400 mm en sus zonas de recarga, y sus subsistemas o aparatos kársticos, diferenciados morfotectónicamente, redistribuyen y transportan subterráneamente las aguas a través de acuíferos de fractura por vías tectocondicionadas preferenciales relacionadas con las áreas de mayor densidad y profundidad de las depresiones de recarga hasta las fuentes de numerosos ríos surgentes a través de manantiales y polisurgencias.

De manera que los sistemas colgados aportan buena parte de los recursos de sus acuíferos kársticos a los sistemas lenticulares someros y profundos situados, respectivamente, en escalones intermedios y bajos del relieve. Las cuencas superficiales de los ríos surgentes sufren pérdidas concentradas o difusas al atravesar los sistemas lenticulares a través de sumideros situados en segmentos de corriente influentes (ríos infiltrantes) de cañones encajados y otras formas erosivas. Otra parte del drenaje superficial de los ríos surgentes, (con estos sectores de influencia), transcurren el karst lenticular sin pérdidas, y pueden recibir de ellos un aporte subterráneo que aumenta sus caudales (acuíferos efluentes). Esto ocurre cuando el nivel del agua subterránea está por encima de la topografía del cauce del río transcurrente, lo cual provoca que el agua se transfiera desde el acuífero de lente somero hacia la superficie de manera natural.

**Lenticulares someros (Figura 6).** Se presentan en nappes carbonatadas de las partes altas e intermedias del corte estructural geológico, en el arco vertical intermedio de la cúpula, (en escalones orográficos situados por debajo del cimero, correspondientes a las montañas pequeñas y las premontañas altas, entre 480-760 m snm), que han sido completamente cortados en algunos puntos por la erosión de los valles de falla. Son merokarsts que ocupan las vertientes de los valles en la periferia del sector alto de la cúpula, donde están interpuestos entre unidades de rocas terrígenas (sistema Río Cabagancito-Río Cañas); o pueden ocupar las vertientes, divisorias y fondo de los valles de falla, libres de cubierta terrígena. Están diferenciados en aparatos morfotectónicamente por los sistemas disyuntivos radiales y concéntricos de la cúpula-bloque (entre estos se destacan los sistemas Jibacoa-Río Hay, San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones y Asiento Javira-San Juan de Letrán) (**Figura 7**).

El muro impermeable o base del kárst en estos sistemas está al mismo nivel o se encuentra a decenas o centenares de metros por encima de las bases de erosivas por lo que sus acuíferos kársticos descargan una parte de sus recursos a la red fluvial en el tercio intermedio de las cuencas hidrográficas, lo cual se aprecia con claridad en la vertiente meridional de las montañas. Reciben alimentación de los ríos surgentes, procedentes de los sistemas colgados cimeros e influencias de zonas extrakársticas del relieve erosivo.

En el caso del sistema Cabagancito-Río Cañas la alimentación es mixta, principalmente alóctona o extrakárstica, con acuíferos cubiertos de circulación descendente que pueden poseer fuerte gradiente hidráulico y formas de conducción en ocasiones forzada o a presión hidrostática. Como su afloramiento ocurre en las vertientes opuestas de una divisoria superficial, entonces se produce una fuga o escape de cuenca por vía subterránea cuya dirección y sentido de flujo depende de los elementos de yacencia (inclinación) del cuerpo acuífero geológico. A los efectos de los estudios hidrológicos, para la determinación de las cuencas deben considerarse los límites de las zonas de recarga debido a los mencionados escapes. Las zonas de alimentación o

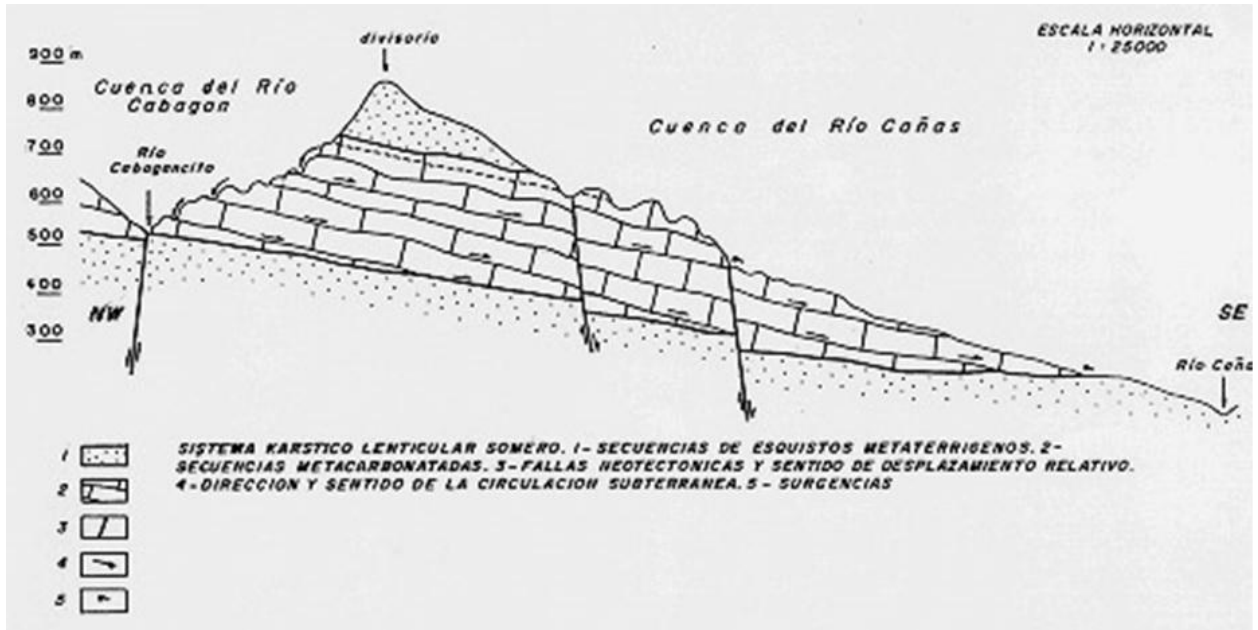


Fig. 6. Sistema merokárstico lenticular somero (de vertiente) Rio Cabagancito-Río Cañas. Montañas de Trinidad. Grupo Guamuhaya.

recarga a la capa kárstica están formadas geomorfológicamente por valles ciegos de corrientes alóctonas provenientes de la parte alta de la vertiente terrígena, cuya distancia de recorrido desde su entrada al karst hasta los ponores depende del área de captación del escurrimiento superficial de cada subunidad hidrológica.

Las zonas de emisión o de descarga hacia la red fluvial están representadas por surgencias y estavelas, ubicadas en los cauces de cañadas temporalmente efluentes e influentes que funcionan ocasionalmente como trop-pleins. Como formas relictas del relieve de la zona de descarga, se conservan fragmentos de cauces subterráneos inactivos y colgados sobre los valles actuales. Estos fragmentos están ubicados en restos erosivo-kársticos aislados por la erosión y la corrosión kárstica superficial.

Un buen ejemplo de este tipo de sistema se identifica en la vertiente sur del río Cabagansito (zona de recarga) y en las vertientes de la cabecera Noroeste del río Cañas, en los conocidos karsts de Cudina y de Sabina (zona de emisión).

Es muy conveniente señalar el caso del sistema lenticular somero San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones, (situado en el sector sur de la cúpula montañosa), que en el territorio situado al este de la localidad de Colorado debe estar conectado por el norte con el sistema colgado de las Sabanas de Cabagán y recibir por las vías superficial y subterránea la alimentación de sus acuíferos colgados. Esto será tratado más adelante cuando se expliquen cada sistema en sus características naturales individuales.

**Lenticulares profundos. (Figura 8).** Se presentan en nappes carbonatadas estructuralmente más altas del corte geológico geomorfológicamente expuesto (principalmente están compuestas del grupo San Juan de metacarbonatos y en sectores más bajos periféricos por la Fm. Cobrito de esquistos calcáreos y mármoles esquistosos entre materiales no karstificables, que han sido alcanzados en su parte alta por la erosión de falla, hacia el interior y la periferia de la cúpula. También pueden ocurrir en unidades de mantos carbonatados, inclinadas e interpuestas entre secuencias y escamas de composición diversa no carbonatadas de la periferia de la cúpula, en las alturas grandes y premontañas bajas (entre 225 y 390 m snm), contiguas a las llanuras externas (Figura 9). Su expresión en el relieve está limitada a sus zonas de recarga, ubicadas en el fondo de los valles a través de sumideros de cauce, en las vertientes y divisorias donde estos sistemas pueden estar cubiertos por rocas metamórficas del complejo Mabujina así como por formaciones paleógenas de la cobertura plateaformica como la fm. Meyer en la cuenca del río Agabama.



Fig. 7. Sistema kárstico lenticular somero (descubierto) Río San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones, al centro de la sección

Estos sistemas están desarrollados en su gran parte por debajo de las bases de erosión, los muros basales escalonados del karst están situados a gran profundidad. Son de alimentación alogénica (procedente de ríos extrakársticos y de ríos surgentes procedentes de sistemas lenticulares someros e incluso colgados en sectores de influencia). Poseen acuíferos cubiertos, confinados y superpuestos a considerable profundidad bajo el nivel de base erosivo. Desde el punto de vista hidrológico, las zonas de recarga de estos sistemas son áreas de notables pérdidas subterráneas de las cuencas hidrológicas que cortan estos sistemas. Para tener una idea sobre la existencia de importantes acuíferos confinados en estos sistemas, basta señalar el caso del pozo Gallo de exploración hidrológica, donde el acuífero fué cortado a 257 metros de profundidad, lo cual provocó el rápido ascenso del agua kárstica hasta 10 metros por encima de la superficie topográfica en el punto del barrenado.

Las formas del relieve de las zonas de recarga están integradas por sumideros de cauce, planos de estratificación abiertos y campos de diaclasas, donde se producen pérdidas difusas no concentradas. Las zonas de emisión son desconocidas, sin embargo, el trazado de aguas y otros métodos hidrogeológicos empleados en el karst, pudieran someter a prueba la posible conexión entre las zonas de absorción de estos sistemas y las surgencias submarinas de la interesante pared norte de la Fosa de Jagua, ubicada en el flanco meridional submarino de las montañas de Trinidad.

Entre los sistemas kársticos lenticulares profundos que se ubican en la periferia baja del arco de la cúpula podemos citar los de Limones Cantero-Yaraguana-El Cubano, el Sistema costero profundo Gavilanes-San Juan-Río Cabagán y el de la periferia nordeste de las montañas denominado Pretiles-Río Seibabo. Hacia el interior del edificio montañoso tiene relevancia el que fue cortado por el pozo Gallo, cuyas zonas de absorción son múltiples, y repartidas en varias zonas altas que indujeron el efecto artesiano antes dicho.

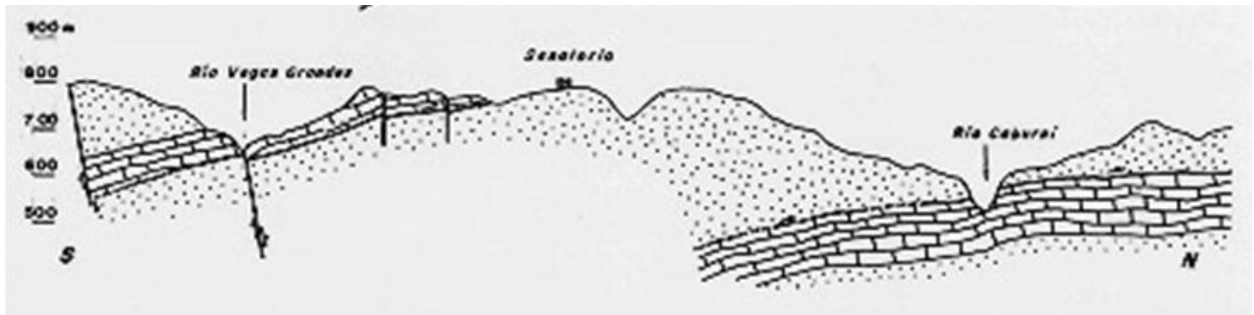


Fig. 8. Sistemas kársticos lenticulares profundos de fondo de valles y vertientes en posiciones elevadas

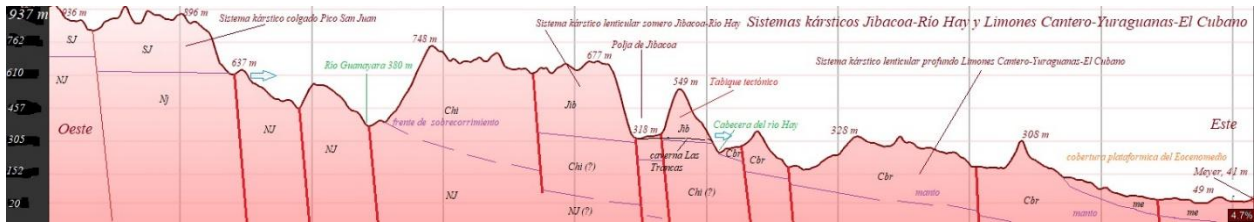


Fig. 9. Sistema kárstico lenticular profundo Limones Cantero-Yaraguana-El Cubano en el extremo este de la sección. También aparecen el colgado Pico San Juan al oeste y el de lente somero Jibacoa-Río Hay al centro.

Como ha quedado expuesto en las páginas que anteceden, el estilo de la morfoestructura neotectónica de cúpula-bloque y la litoeestructura antigua de mantos reordenada y reconstruida, son el mecanismo activo y la condición preexistente que dieron lugar al paisaje orográfico actual y a los tipos de sistemas naturales desarrollados en rocas calcáreas, donde el *escalonamiento* es el término que mejor describe la estructura física de los sistemas y aparatos del karst, su posición regional y su altura en el relieve, la morfología de sus muros impermeables, la altura de sus acuíferos y la interrelación en el funcionamiento hídrico entre sus unidades. De manera que en la región de las montañas de Trinidad se puede resumir que los tipos de sistemas kársticos, están organizados groseramente en tres segmentos circulares concéntricos o anillos (coronas circulares), situados a altitudes diferentes en el arco de una cúpula (colgados, lenticulares someros y lenticulares profundos) (Fig. 10) donde los acuíferos mas altos derivan parte de sus recursos a los intermedios y estos a su vez, a los situados en el escalón mas bajo. El escalonamiento circular del karst produce las diferencias tipológicas entre sistemas (fallas tangenciales concéntricas), mientras que el escalonamiento transverso-diagonal (determinado por fallamiento radial) da lugar a la diferenciación de los *sistemas* en *subsistemas* o aparatos y las *zonas* del karst o unidades elementales de la región karstificada de Trinidad.

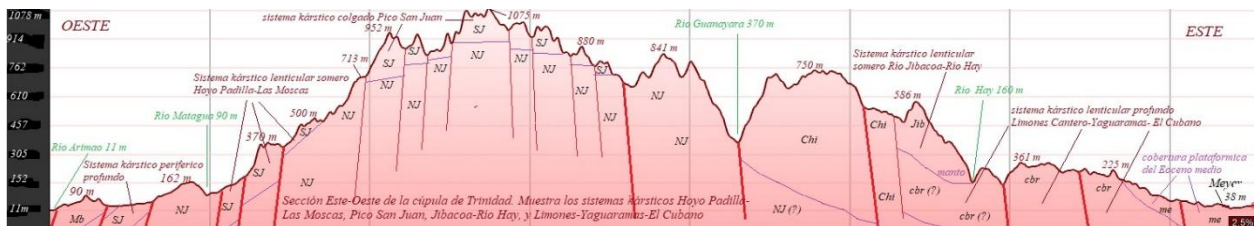


Fig. 10. Sección este-oeste de las montañas de Trinidad donde se observa claramente que en la cúpula-bloque erosionada, los tipos estructurales de sistemas kársticos están diferenciados por la posición que ocupan en el arco escalonado de la geoestructura neotectónica que arqueó los mantos con diferentes materiales rocosos. Aquí están representados el sistema colgado del **Pico San Juan**, el más elevado de Cuba; los lenticulares someros de **hoyo Padilla** y **río Jibacoa-río Hay** a altitudes medias y los lenticulares profundos de **San Francisco** (al oeste) y **Limones Cantero-Yaraguana-El Cubano** (al este), ambos en la periferia baja de la mesoforma.

### **Características geólogo-geomorfológicas de los 15 sistemas que componen la región karstificada de las montañas de Trinidad.**

La *estructura del medio físico de los sistemas kársticos* fué el criterio fundamental de diferenciación empleado en la clasificación tipológica del karst de la región y su cartografía, la que se muestra en la (Fig. 11, mapa tipológico del karst). Este levantamiento fué posible mediante el análisis de la relación entre la estructura geológica y el relieve donde se valoró la litoeestructura antigua de mantos arqueada por la moderna de la cúpula en su relación con la distribución de la profundidad del corte erosivo en los horizontes de materiales karstificables y de otros tipos. Para ello, fué utilizado el mapa geológico de Cuba (Albear y otros, 1988) y el levantamiento morfotectónico de las montañas de Trinidad (Magaz, 1995), ambos a escala media, fueron elaboradas mas de una decena de secciones geólogo-geomorfológicas detalladas para precisar el escalonamiento

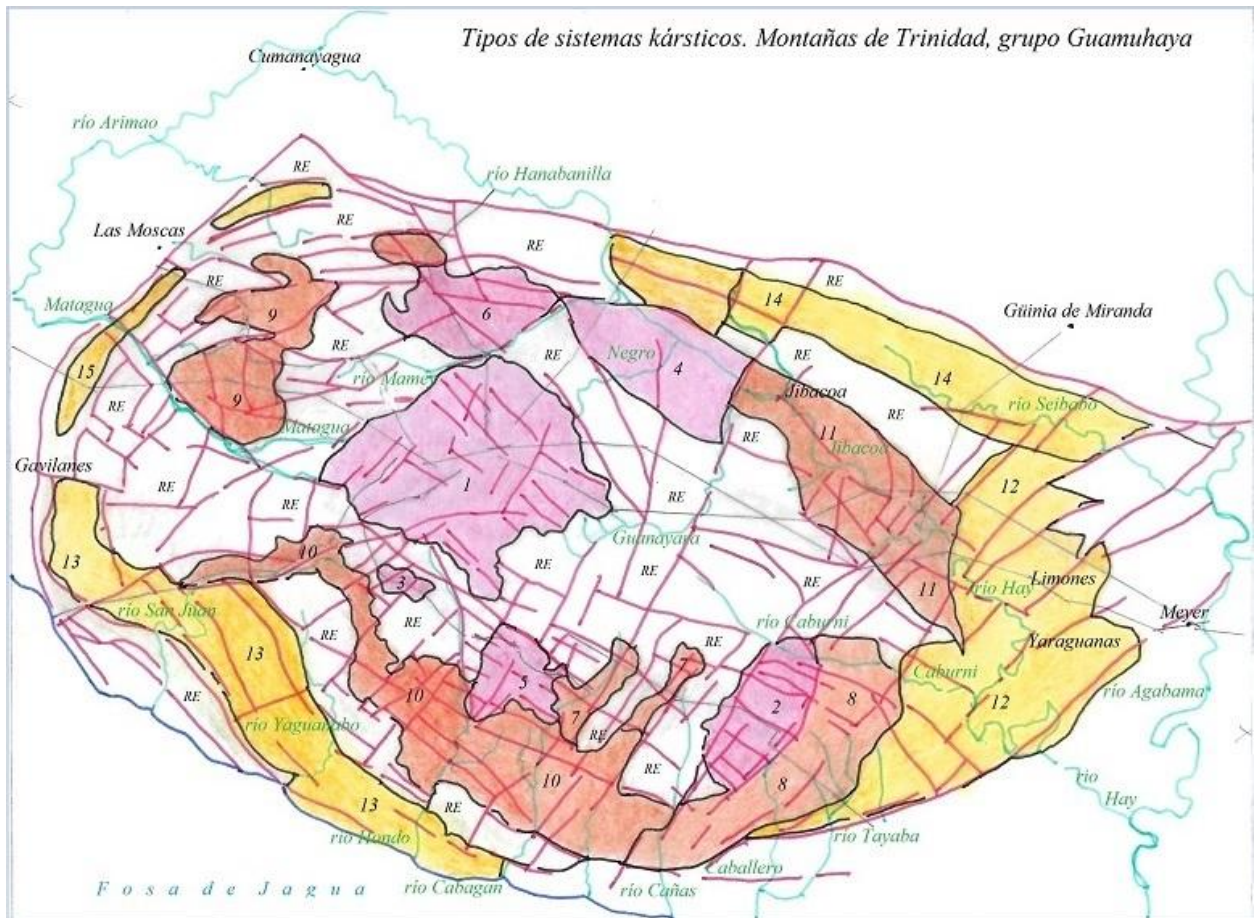


Fig. 11. Tipos de sistemas kársticos. Montañas de Trinidad, grupo orográfico Guamuhaya, Cuba surcentral

En cartografía geomorfológica, la clasificación tipológica en su esencia se basa en establecer o definir unidades del relieve sobre la base de los rasgos que le son semejantes, cuyo criterio evaluativo fundamental para realizarlo fué la **estructura del medio físico de los sistemas kársticos**. Esto fué posible mediante el análisis de la relación entre el relieve y la estructura geológica (la morfoestructura). Así fué valorada tanto la litoestructura antigua de mantos y escamas de sobrecorrimiento como la geoestructura neotectónica activa de bloque formadora del paisaje geomórfico actual, y todo ello en su relación con la profundidad del corte erosivo en la región montañosa. De manera que en tipología es usual que aparezca un mismo tipo de relieve en varias áreas del espacio geográfico.

Reconocer la relación altimétrica entre la posición del muro impermeable del karst y la de las bases de erosión fue básico en la clasificación ya que los acuíferos contenidos en estos sistemas ocupan tres posiciones de altura en el arco de una cúpula-bloque erosionada. Siguiendo estos criterios fueron identificados, como ya se ha explicado, tres tipos de sistemas kársticos: los colgados y los lenticulares someros y profundos, que ocupan, respectivamente, posiciones altas, intermedias y bajas del relieve con relaciones de alturas diferentes entre las bases de karstificación y la esfera de erosión de una red de drenaje radial, lo cual tiene que ver con las relaciones de funcionamiento e intercambio hídrico entre los sistemas kársticos y extrakársticos o erosivos.

Usando números y topónimos regionales, se señalan los sistemas que, en áreas diferentes, cumplen las características de cada uno de los tres tipos estructurales de medios kársticos, que resultaron ser 6, 5 y 4 en cada uno de los tipos (**ver leyenda del mapa en la página siguiente**). Esta cartografía constituye una aproximación superior a la alcanzada en los estudios geomorfológicos realizados en 1995 además de facilitar el uso por parte de karstólogos, hidrogeólogos, geoespeleólogos y los especialistas de la ingeniería ambiental.

*Tipos de sistemas kársticos. Montañas de Trinidad, grupo Guamuhaya  
(LEYENDA)*



***Colgados.*** *En cumbres blindadas carbonatadas*

1. *Pico San Juan*
2. *Pico Potrerillo- La Güira*
3. *El Manzanal*
4. *Hanabanilla*
5. *Sabanas de Cabagán*
6. *El Mamey*



***Lenticulares someros.*** *En escalones morfotectónicos intermedios*

7. *Cabagancito-Río Cañas*
8. *Asiento Javira-San Juan de Letrán*
9. *Hoyo de Padilla*
10. *San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones*
11. *Polja Jibacoa-Río Hay*



***Lenticulares profundos.*** *En escalones morfotectónicos bajos*

12. *Limonas Cantero-Yaraguanas-El Cubano*
13. *Gavilanes-San Juan-Cabagán*
14. *Pretilas-Río Seibabo*
15. *San Francisco*



***Relieve de erosión.*** *En rocas predominantemente no karstificables y afloramientos calcáreos pequeños*

longitudinal y transversal de las unidades kársticas así como algunos levantamientos morfométricos de la densidad y la profundidad de la disección kárstica en sectores clave del complejo de depresiones kársticas en las zonas de recarga de los sistemas.

Como fueron nombrados en página anterior de este trabajo, los **sistemas kársticos colgados** que se tratarán a continuación son: 1. Pico San Juan, 2. Potrerillo-La Güira, 3. El Manzanal, 4. Hanabanilla, 5. Sabanas de Cabagán y 6. El Mamey, mostrados en la fig. 11, mapa y leyenda.

1. **Pico San Juan.** El sistema merokárstico del Pico San Juan es un sombrero calcáreo de cumbre situado casi en el centro de la cúpula montañosa, que está 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 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. Este sistema kárstico, elaborado en las rocas del grupo San Juan, es el más elevado de Cuba, está incluido en el escalón cimero de montañas bajas de la geoestructura neotectónica, y comprende una superficie de 76 Km<sup>2</sup> y un perímetro de 40 km (Magaz, 2025).

Esta cruzado por dos sistemas de fracturas cuyos saltos escalonan la orografía y la base o muro del karst (fm. Naranja), así como ejercen control en los patrones de dirección de las zonas de conducción subterránea y la situación de las zonas de descarga. Este estilo morfoestructural creó su división en 4 subsistemas o aparatos kársticos que tienen unidad estructuro-geomorfológica y en su funcionamiento hidrogeológico (**Fig. 12.** Aparatos kársticos del sistema San Juan). Estos aparatos son: *San Juan-Cien Rosas*, con descargas al norte y este hacia los ríos Mamey (afuente del Hanabanilla) y el río Negro; *San Juan-Guanayara*, que deriva recursos acuíferos hacia el sureste, fuentes del río Charco Azul (Guanayara); *Gaviña-Mayarí*, con descargas surgentes hacia las cuencas meridionales de los ríos San Juan y Hondo y el subsistema *Las Vegas* que deriva recursos subterráneos hacia el oeste, fuentes del río Mataguá, afluente del río Arimao, cuenca situada al occidente de la montaña.

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 fue estimado entre 313 m (al norte), 304-340 m al centro, 170 m al sur de Cien Rosas y 78 m en Gaviña (**Fig. 13.** Sección Norte-Sur, sistema San Juan)

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 disección vertical kárstica (DVK) 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 / Km<sup>2</sup>).

El sistema colgado del Pico San Juan, junto a otras 5 unidades con igual tipo de medio estructural (categoría), están situados desde el centro más elevado hasta la periferia alta de la cúpula-bloque. Sus grandes espesores de rocas karstificables en sombreros que reciben una lluvia media anual de 2400 mm contienen considerable recursos de agua subterránea en acuíferos de fractura, que a manera de “esponjas”, acumulan como tanques y derivan el agua kárstica a los sistemas cuyos medios estructurales son lenticulares someros, situados también por encima de las bases de erosión y éstos, a su vez, lo derivan a los profundos en cuencas hidrológicas organizadas como una red radial centrífuga de un gran domo regional elíptico mayor de 50 km de extensión de este a oeste y 30 km de norte a sur.



*Mogotes en el sistema colgado del sombrero estructural de San Juan, Edificio montañoso surcentral de Cuba.*

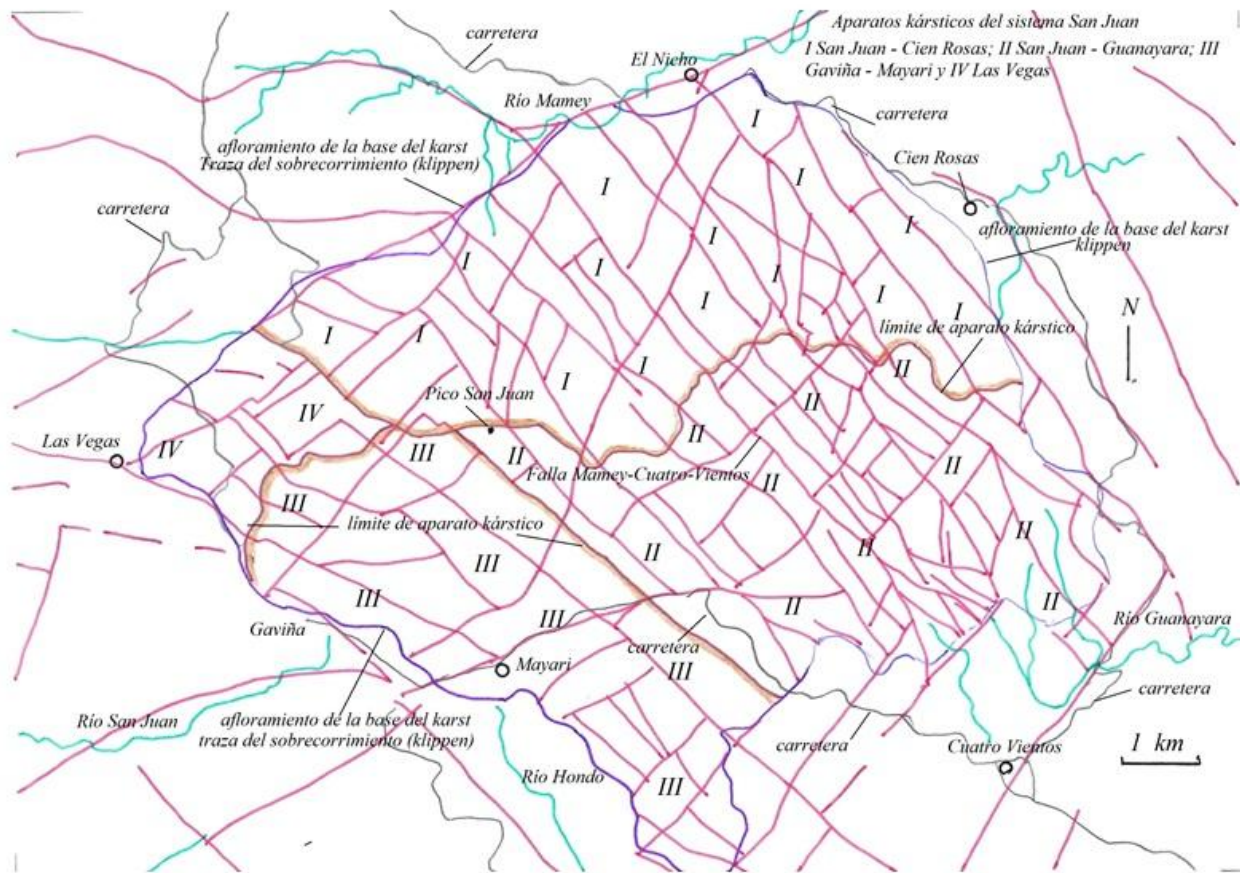


Fig. 12. Aparatos kársticos del sistema colgado San Juan, el karst más elevado de Cuba. El aparato I descarga a los ríos Mamey-Hanabanilla y río Negro, el II. Al río Charco Azul (Guanayara), III a los ríos San Juan y Hondo y el subsistema o aparato IV a la cuenca del río Matagua, afluente del río Arimao.



Fig. 13. Sección norte-sur del sistema kárstico colgado Pico San Juan, montañas de Trinidad, grupo Guamuhaya desde el suroeste del poblado de El Nijero hasta el oeste de Cuatro Vientos

2. **Potrерillo-La Güira.** El sistema kárstico de Potrerillo-La Güira es por su complejidad morfoestructural, división interna del sistema, reservas hídricas y extensión (8.8 Km<sup>2</sup>) uno de los más importantes de los territorios kárstificados colgados de las montañas trinitarias (**Fig. 14, foto 1**). En planta tiene la forma de un paralelogramo cuyo eje mayor

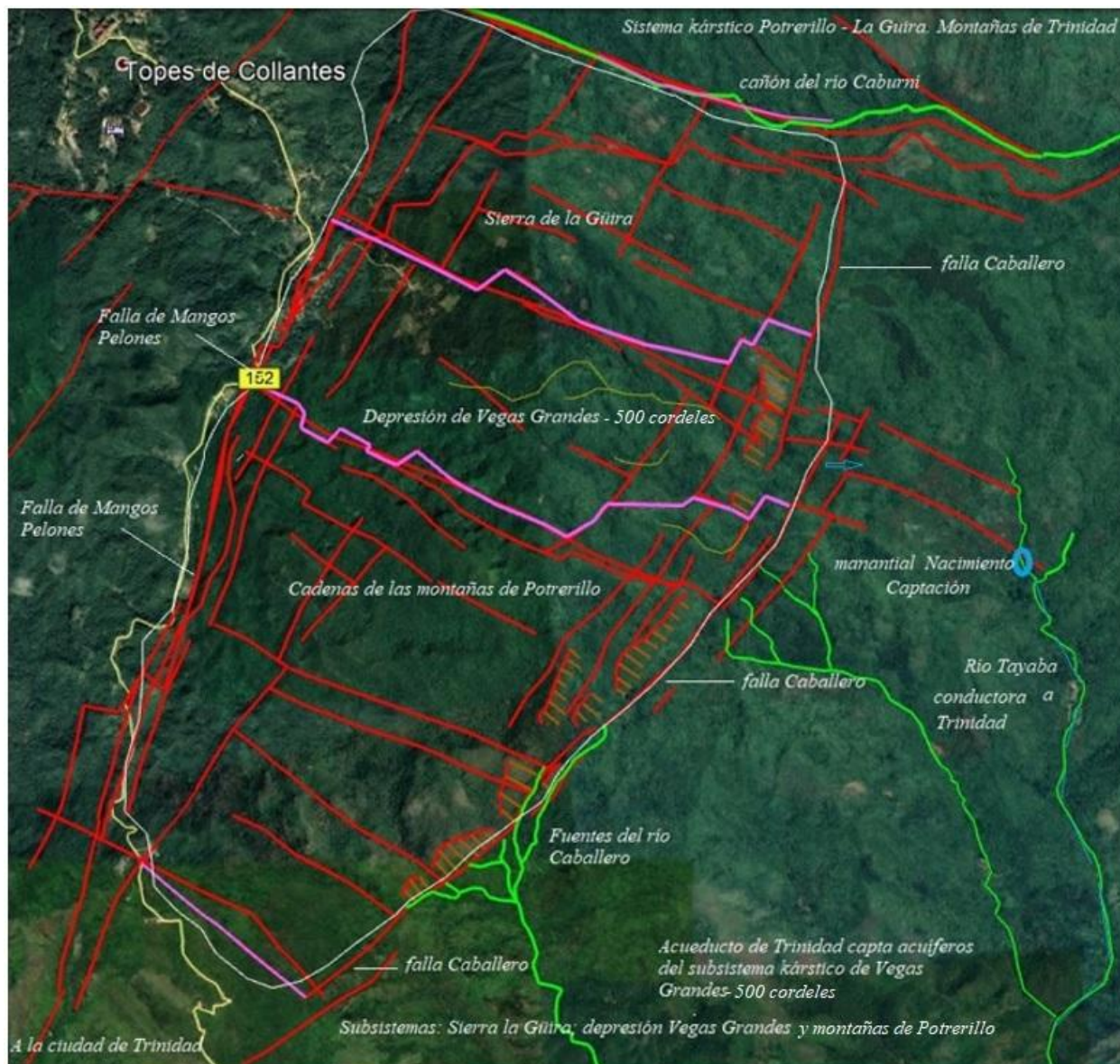


Fig. 14. Sistema kárstico colgado Pico Potrerillo-La Güira y sus subsistemas controlados por la morfoestructura



se orienta de NE a SW, lo cual está controlado por las fallas maestras que lo elevaron e individualizaron en el relieve. No obstante, los elementos morfoestructurales internos (microbloques y fracturas) y esculturales (complejo de formas epikársticas) que lo componen interiormente se disponen de forma perpendicular a esta dirección.

Sus límites noroccidental y suroriental son los más evidentes en las fotografías aéreas y coinciden con dos fracturas modernas del sistema concéntrico de la estructura moderna. En la primera falla, la traza sigue la dirección media de la carretera entre Mangos Pelones y Vegas Grandes; la línea de la segunda fractura coincide con la línea de manantiales que constituyen las fuentes de los ríos *Caballero* y *Javira*. Por el noreste el macizo está limitado por elementos del sistema de fallas radiales que controla la dirección del abra y cañon del río *Caburni*. Este río es transcurrente al karst y recibe a través de fallas escalonadas recursos subterráneos de la sierra de la Güira.

El sistema kárstico Potrerillo-La Güira está dividido transversalmente en tres bloques morfotectónicos principales muy agrietados: Las *montañas del Pico Potrerillo*, la *depresión intramontana de Vegas Grandes-Quinientos Cordeles* y las *montañas de La Güira*.

Las montañas del *Pico Potrerillo* están formadas por tres cadenas diseccionadas en conos mogóticos, separadas por profundas depresiones erosivo-kársticas de grieta, también muy desmembradas por dolinas de disolución. En los flancos de las cadenas se conservan fragmentos de escarpas tectónicas cuya inclinación no favorece la karstificación. Estas pendientes fuertes, elaboradas en rocas duras, estratificadas y agrietadas, sufren localmente procesos gravitacionales de tipo coluvial.

Las alineaciones y la forma piramidal truncada de las elevaciones están condicionadas por las fracturas de rumbo NW-SE y por el efecto de cresta en la dirección de las capas rocosas. Las cadenas de elevaciones pierden altura hacia el SW; desde las más elevadas donde se sitúa el Pico Potrerillo (punto culminante del cuadrante SE de la cúpula con 973 m snm), hasta 840 m, en las inmediaciones del río Cañas. La red de drenaje superficial resulta prácticamente inexistente y está formada por algunos arroyos intermitentes muy desmembrados, con recorridos superficiales cortos, que se pierden en forma abierta o difusa en numerosos sumideros. Las depresiones de recarga alcanzan una profundidad de disección kárstica de 80-210 m

La zona de emisión o descarga de este bloque (subsistema kárstico) está controlada por la falla límite suroriental (de las cabezadas del río Caballero) y se compone de 5 surgencias de caudal permanente, alineadas en la traza de la falla. Estas surgencias son la fuente principal de alimentación del arroyo Javira y del río Caballero. Esta conexión entre las posiciones de la zona de alimentación y de descarga sugiere una dirección Sureste del flujo subterráneo y de las cavidades de la zona de conducción. La presencia de surgencias en esta línea de falla es un importante elemento que permite sugerir el carácter de barrera hidrogeológica de esta estructura en su sector SW, ya que además sus bloques fallados están formados por rocas de igual composición carbonatadas de alta permeabilidad secundaria. Esta barrera puede estar asociada a una zona de milonización impermeabilizante cercana a la base del karst.

La depresión intramontana de *Vegas Grandes-Quinientos Cordeles* es un graben relativo o de elevamiento retardado de forma rectangular que ocupa una posición NW-SE entre los bloques montañosos del Pico Potrerillo y de la Güira. Esta depresión está dividida transversalmente en dos unidades morfológicas con características propias. En la unidad de Vegas Grandes predominan las dolinas de disolución en forma de embudo y los restos kárstico-erosivos en forma de tabiques y casquetes bajos. La forma de cubeta de algunas depresiones está relacionada con la cercanía a la superficie del techo rocoso impermeable, que aflora en muchos sitios. La posición de algunas fuentes del río *Vegas Grandes* y la dirección de los conductos subterráneos de algunos pozos explorados, sugiere una dirección general hacia el NW del flujo subterráneo.

En la unidad suroriental de *Quinientos Cordeles* predominan las depresiones erosivo-kársticas profundas con pozos terminales (valles ciegos), cuyo diseño refleja la red superficial extinta con pendiente original hacia el SE. Estas depresiones presentan cauces ciegos con longitudes de 500 a 1100 m. Aunque algunos de estos cauces desaparecen en pozos del interior del bloque-graben, muchos se pierden en las dolinas y uvalas instaladas en la traza Norte de la falla del río *Caballero* y su plumaje. Aquí en su sector Norte esta falla no funciona como la barrera hidrogeológica efluente que es en el sector sur de su traza (manantiales de los ríos Javira y Caballero); ya que el

vertimiento de trazador fluoresceína en uno de los ponores de la falla (coord. 229 340 N; 605 420 E) apareció 27 horas más tarde por el manantial El Nacimiento (coord. 228 860 N; 606 890 E), después de atravesar subterráneamente los 1546 m. de ancho del macizo kárstico de las Güiras de Ponce al sur de la falla. Esta conexión entre las zonas de absorción de la unidad de Quinientos Cordeles y la zona de descarga del manantial *El Nacimiento* manifiesta nuevamente la importancia que debe concederse a las fracturas radiales de dirección SE en el control del flujo subterráneo y en el patrón de desarrollo de las cavidades subterráneas en esa dirección.

La depresión intramontana de Vegas Grandes-Quinientos Cordeles se caracteriza por valores de densidad de la disección kárstica superiores al 60%, con 5-6 ponores / km<sup>2</sup>, que son los máximos para el sistema. La disección kárstica vertical alcanza valores entre 50 y 110 m. bajo el nivel de los restos o tabiques kársticos (situados a 670-780 m snm), por lo que la profundización kárstica corta en muchos lugares el techo de rocas esquistosas de las formaciones La Chispa y La Llamagua. Este estadio evolutivo de destrucción parcial de los horizontes carbonatados con afloramiento del nivel de base del kárst ha promovido el reinicio de la circulación superficial con incipientes valles fluviales que drenan hacia el río *Vegas Grandes*. La altitud media del impermeable en el sector noroccidental de la depresión es aproximadamente de 660 m.

Las montañas de *La Güira* ocupan el extremo NE del gran macizo kárstico de Potrerillo-La Güira. Son una cadena estrecha de dirección NW-SE, diseccionada en mogotes cupulares y cónicos. Su vertiente nororiental está limitada por la profunda escarpa del abra y cañon del río transcurrente *Caburní*; por el suroeste, transiciona hacia la depresión intramontana, con la cual se une a través de fracturas. En esta vertiente se desarrollan procesos kársticos y gravitacionales de tipo coluvial. A lo largo de las fracturas limitofes se desarrollan rosarios de dolinas de disolución asimétricas.

Considerando al macizo montañoso Potrerillo-La Güira en su totalidad y relacionando los datos geológicos aportados con la información geomorfológica obtenida, podemos tener una idea general sobre la morfología intermacizo del impermeable esquistoso. Este nivel de base kárstico corresponde a los acuíferos superiores de carácter descendente instalados en el grupo San Juan.

En la escarpa oriental del río Las Cañas (curso superior), el techo de la formación La Chispa está situado a una altitud de 580 m (coord. 228 925 N, 601 275 E). A 1416 m al NNE de este punto, su altitud alcanza los 750 m en un punto ubicado al Norte del mogote Mi Retiro (coord. 230 250 N, 601 775 E). Es decir, por el borde occidental del macizo Potrerillo, la inclinación virtual de este contacto adquiere un valor de 60° - 70° al SSW. En la depresión de Vegas Grandes, ubicada hacia el borde NW del macizo, dicho contacto aflora a 660 m de altitud en ambas paredes y ha adquirido una posición subhorizontal después de un leve descenso. Esta posición también se observa en los afloramientos existentes en el camino que conduce a la localidad de Quinientos Cordeles, en el interior de la depresión intramontana.

En el borde suroriental del macizo Potrerillo-La Güira no hay afloramientos ni perforaciones que indiquen la posición de este contacto. No obstante, la presencia de surgencias kársticas pudiera estar relacionada con la cercanía a la superficie de las rocas impermeables. Sobre esta base hipotética, las altitudes de las surgencias ubicadas en la traza de la falla suroriental del macizo (falla del río Caballero) son 280 m. (en el manantial de Asiento Javira) y 290, 350 y 460 m. (en las polisurgencias del río Caballero), lo cual significa pendientes virtuales para el techo impermeable del orden de 10° - 70° al SW.

La posición o yacencia aparente del techo impermeable obtenida a través de los contactos por los bordes noroccidental y suroriental del macizo representa un plano verdadero levemente inclinado hacia el SSE. En el interior del macizo, este plano debe estar escalonado por los saltos de falla del sistema de fracturas NW-SE, y la morfología del impermeable pudiera describirse escalonada de SW a NE, subiendo hacia el NE, con estantes o peldaños inclinados hacia el SSE. Esta geometría del impermeable se rompe con su descenso brusco por fallas en la depresión intramontana, para ascender en pilar tectónico en la cadena mogótica de La Güira. Esta situación morfoestructural determina la división interna del sistema kárstico en subsistemas o aparatos y zonas.

Para el macizo montañoso del sistema kárstico Potrerillo-La Güira podemos resumir algunas consideraciones significativas:

- El condicionamiento tectónico de la kárstificación es evidente en la dirección NW-SE.
  - La resultante general del flujo subterráneo y de las formas de conducción en este sistema descendente es hacia el SSE con tres componentes importantes: dirección del fallamiento (NW-SE), dirección del buzamiento (SW) e inclinación general del impermeable (SSE).
  - En este merokarst se observan tres zonas de alimentación diferenciadas por su descarga: El bloque montañoso del Pico Potrerillo (compuesto por cadenas), las vertientes y fondo de la depresión en Quinientos Cordeles y las vertientes y fondo de la depresión en la subunidad geomórfica de Vegas Grandes.
- La primera zona entrega sus aguas a las cuencas del arroyo Javira y del río surgente Caballero (zonas de emisión de la falla suroriental del río Caballero); la segunda lo hace a la cuenca del río Táyaba (zona de emisión del Manantial del Nacimiento) y la tercera, a la cuenca del río Vegas Grandes. Este funcionamiento del sistema kárstico confirma el modelo geoestructural y de la morfoestructura propuesto y las zonas apuntadas son, por consiguiente, subsistemas kársticos que tienen unidad estructural y funcional propia del medio kárstico.
- Los fondos de las depresiones kársticas (complejo de formas de absorción), se sitúan entre 610 y 670 m de altitud; los cauces de los valles superficiales, entre 270 y 600 m. Estos últimos elaboran sus cauces a 170-340 m por debajo de los niveles corrosivos y erosivo-corrosivos del epikarst lo cual refleja la continuidad de los levantamientos tectónicos en el Pleistoceno y el efecto combinado de la erosión diferencial.
  - El espesor de las rocas kárstificables se desconoce pero apoyándonos en la posición altitudinal de los contactos en las vertientes y en los niveles de cima cercanos, este espesor fluctúa entre 100-260 m y disminuye bruscamente en la depresión de Vegas Grandes. La profundidad de disección kárstica (diferencia de altura entre conos, cúpulas kársticas y tabiques interdepresiones y los ponores o focos de drenaje) varía entre 50 y 270 m, lo cual da una idea del espesor kárstificado y explica la presencia de depresiones sobreimpuestas en los esquistos de las formaciones La Chispa y Llamagua.

En la **Fig. 15.** (Sección de los sistemas kársticos Cabagancito-Río Cañas, Potrerillo-La Güira, Asiento Javira-San Juan de Letrán y Limones Cantero-Yaraguas-El Cubano) se puede notar que el sistema colgado de Potrerillo-La Güira aporta recursos acuíferos a través de sus ríos surgentes al contiguo sistema lenticular somero de Asiento Javira-San Juan de Letrán (situado en premontañas) en puntos de influencia situados en los cauces de las cuencas de los ríos Javira, Caballero, Pica Pica y Táyaba, entre otros arroyos con saltos pequeños escalonados que surcan rocas estratificadas con recarga difusa o concentrada. Este último sistema de lente somero tiene la base kárstica sobre las bases erosivas y a su vez aporta recursos al sistema profundo Limones Cantero-Yaraguas-El Cubano cuya zona de recarga es mas baja en altitud, teniendo su muro impermeable subterráneo, por debajo de las bases de erosión.

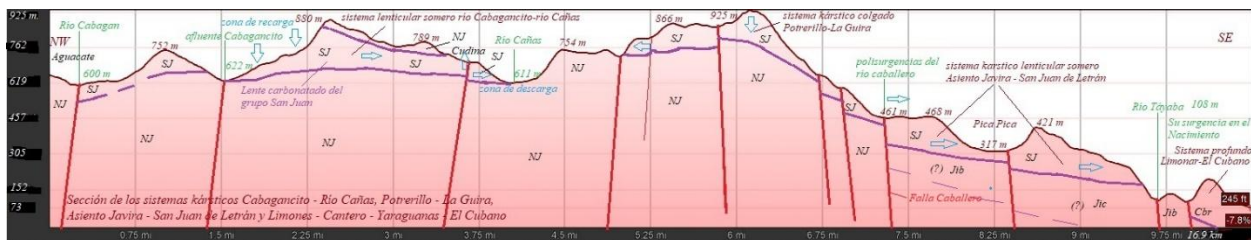


Fig. 15. Sección geólogo-geomorfológica de NW a SE de los sistemas kársticos Cabagancito-Río Cañas, Potrerillo-La Güira, Asiento Javira-San Juan de Letrán y Limones Cantero-Yaraguas-El Cubano

3. **El Manzanal.** En la **Fig. 16** (Sección geólogo-geomorfológica del sistema Sabanas de Cabagán), muestra un corte donde aparece en su centro el sistema kárstico colgado El Manzanal. Es una unidad pequeña del karst de la región con solo 1.66 km<sup>2</sup>. Esta situado en las cabeceras de las cuencas hidrográficas de los ríos San Juan y Hondo donde alcanza una altitud de 852 m snm. Esta dividido transversalmente por una falla cuyo desnivel entre bloques es de 102 m y la base del karst (fm. Naranja) se halla 124 m mas elevada que el cauce del río Hondo y unos metros

sobre el cauce del río San Juan. El espesor del karst fue estimado en 102 m. El Manzanal colgado aporta recursos al sistema lenticular somero San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones a través de corrientes surgentes, fuentes del río Yaguanabo.



0

Fig. 16. Sección Geólogo-geomorfológica de los sistemas San Juan, El Manzanal (al centro) y Sabanas de Cabagán

4. **Hanabanilla.** (Fig. 17. Sección Sistema kárstico Hanabanilla). Este sistema colgado esta situado al norte, en el borde o la periferia alta de la cúpula montañosa con altitudes entre 690 y 918 m snm, en el llamado *Pico Tuerto*. De oeste a este esta limitado por las fallas radiales del río Hanabanilla y del río Guanayara, hacia el norte esta limitado por una fractura del sistema concéntrico cuya traza es paralela el borde norte del lago artificial de Hanabanilla y hacia el sur por un frente de sobrecorrimiento de un nappe de la fm. Jibacoa sobrecorrido sobre la fm. Naranjo. Esta dividido morfotectónicamente en la dirección transversal por la falla del río Negro, cuyo desnivel entre las cimas de los bloques es de 226 m.

Este sistema colgado, como todos los que tienen esta posición en el borde alto, tienen el muro impermeable muy inclinado como una consecuencia de la verticalización de los mantos por efecto de la cúpula de bloques con mecanismo geotectónico diapírico. El espesor estimado es de 150 m. y el sistema recibe los recursos de los acuíferos más altos contenidos en los aparatos San Juan-Cien Rosas y San Juan-Guanayara del sistema kárstico del pico San Juan.

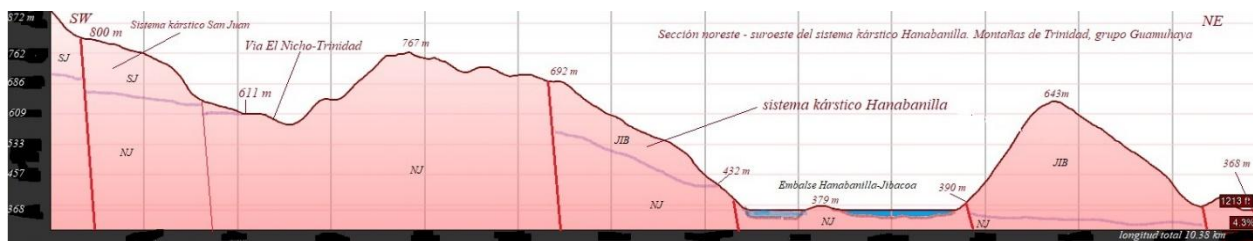


Fig. 17. Sección NE-SW del Sistema kárstico colgado Hanabanilla, en la periferia alta de la cúpula de Trinidad

5. **Sabanas de Cabagán.** (Fig. 18. Sistema Sabanas de Cabagán en una sección geólogo-geomorfológica Norte-Sur; ver Fig. 16 de su sección E-W, extremo derecho del gráfico). Este sistema colgado esta situado en el borde alto meridional de la cúpula montañosa y alcanza los 999 m snm en su punto mas elevado. De norte a sur esta limitado morfotectónicamente por las fallas de dirección NW-SE Aguacate-El Sopapo (al norte) y la situada al norte de la localidad El Colorado (al sur). De este a oeste el sistema esta delimitado por las fallas que controlan los cursos superiores de los ríos Hondo y Cabagán.

Las depresiones kársticas de la zona de recarga estan controladas en su desarrollo por este sistema de fracturas y su ortogonal (NE-SW), direcciones geodésicas que controlan la distribución no sólo de las morfoestructuras de Cuba sino tambien la de los complejos genéticos de formas de la escultura, incluyendo el kárstico.

Considerando las cotas de altitud tanto del afloramiento del techo de la formación geológica Naranjo, base del karst, como de los niveles de cima en los materiales carbonatados del grupo San Juan; los espesores de este sistema

kárstico colgado fueron estimados entre 180 y 280 m. La base del karst se inclina hacia el sur en su parte meridional como causa del arqueamiento de los mantos por el efecto del empuje de la geoestructura de cúpula (con pendiente del 25 % = 14.04 °).

A la latitud del centro del sistema, los ríos que lo limitan profundizan sus cauces desde 370 m (río Hondo) hasta 490 m (río Cabagán) por debajo de las bases del karst o traza del sobrecorrimiento del klippen que limita al sistema.

En el sistema Sabanas de Cabagán se halla la sima escalonada mas profunda de Cuba, nombrada Cuba-Hungría. En la sección norte-sur de este sistema (mostrada en la figura 18), se han proyectado la depresión kárstica que da paso a la cueva (a 825 m snm) y la sección longitudinal de la sima cuya profundidad explorada y topografiada de 440 m es un sifón terminal inundado que se sitúa intermacizo a 385 m de altitud snm. No se conoce la situación de la zona de descarga o emisión de esta cavidad subterránea pero, tentativamente, se sugiere explorar dos posibilidades: 1. Que la surgencia ocurra en los cañones de los ríos Hondo o Cabagán en algún punto situado por debajo de la cota de profundidad de la sima (385 m = 1263 pies snm). En el río Cabagán este punto se halla mas cercano del sifón de la sima que en el río Hondo y esta a los 21°53'30.807" N y los 80° 05'08.04" W, los resolladeros pueden estar a este nivel o en el cañón aguas abajo. 2. Que la sima este controlada hacia mayor profundidad por la falla subvertical situada en su sifón terminal (ver sección de la Fig. 18) y que la corriente del río subterráneo continúe descendiendo escalonadamente a través de láminas tectónicas de mantos inclinados (estantes) y pozos verticales de otras fallas paralelas del mismo sistema tectónico situadas al sur que posibiliten el descenso hasta la pared norte submarina de la fosa neotectónica de Jagua hasta donde continúan las estructuras disyuntivas de transición entre las montañas emergidas y su base submarina. La existencia de manantiales submarinos en cavidades kársticas han sido encontrados hasta los 70 m de profundidad (Alfredo Contreras, com. Personal) pero esta posibilidad de surgencia es menos probable ya que la costa esta a mas de 9 km de distancia del fondo cartografiado de la sima. Además la posibilidad 1 tiene a su favor la presencia de las redes de fracturas SE y SW que favorece la circulación hasta el punto ofrecido en las coordenadas geográficas.

La mayor densidad de depresiones del karst en el sistema Sabanas de Cabagán se abren a altitudes mayores de 800 m snm donde la disección horizontal kárstica (DHK) alcanza de 2-5 sumideros /km<sup>2</sup> con profundidades entre 60 y 150 m. Este es el único caso conocido de montaña en que una cavidad profundice más de 3 centenares de metros bajo el techo o muro impermeable del karst, lo cual demuestra que las fracturas subverticales de generación neotectónica son importantes vías en la erosivo-karstificación subterránea y en el patrón de infiltración de las aguas. A esto se debe agregar que el tiempo de desarrollo del sistema subterráneo tiene una edad no menor que el Plioceno antiguo (5.33 ma), un tiempo suficientemente extenso para la excavación de tales magnitudes de las cavidades de conducción en territorios que han recibido lluvias durante el Pleistoceno mas abundantes que las de hoy en día.

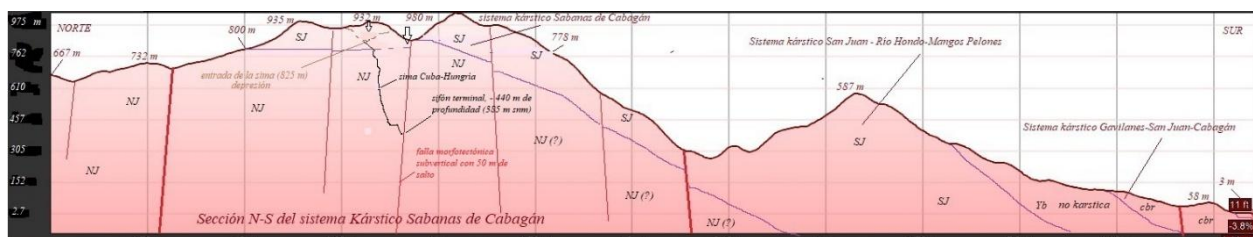


Fig. 18. Sección N-S. Sistema kárstico Sabanas de Cabagán en el borde alto meridional de la cúpula montañosa

**6. Sistema kárstico El Mamey. (Fig. 19.** Sistemas kársticos colgados Pico San Juan y El Mamey, en una sección norte-sur). Este sistema esta situado en el borde alto septentrional de la cúpula montañosa y alcanza los 750-780 m snm, el mas bajo de los colgados. Al igual que el sistema del Pico San Juan, esta limitado en su área por la traza de sobrecorrimiento de un klippen o resto de una unidad de manto constituida por las rocas del grupo San Juan.

Las fallas neotectónicas que escalonan el karst en su orografía y muro base pertenecen al sistema concéntrico de fracturas tangenciales de la cúpula cuya dirección en esta zona es ESE-WNW dominante, que producen diferencias de altura cercanas a los 100 m. La mayor densidad y profundidad de la disección kárstica en depresiones ocurre en el

bloque sur, al sureste de la localidad El Mamey (DV= 112-113 m y DHK= 2-7 sumideros /km<sup>2</sup> incluidos en depresiones amplias. El espesor karstificable de las rocas del grupo San Juan alcanza los 300 m.

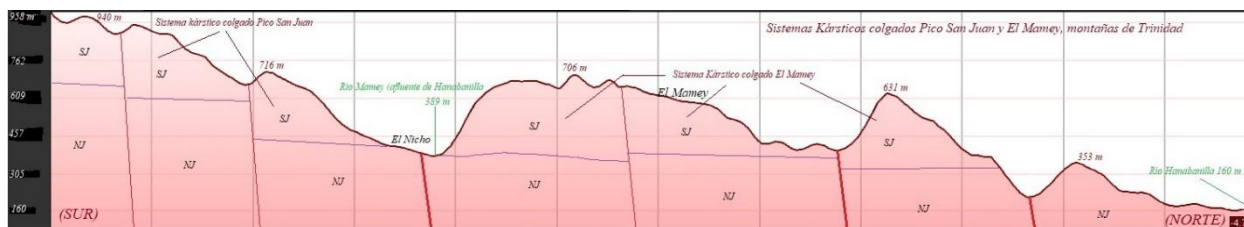


Fig. 19. *Sistemas kársticos colgados Pico San Juan y El Mamey, en una sección norte-sur.*

Los **sistemas kársticos lenticulares someros** son: 7. Río Cabagancito-río Cañas, 8. Asiento Javira-San Juan de Letrán, 9. Hoyo Padilla, 10. San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones y 11. Polja Jibacoa-Río Hay.

**7. Río Cabagancito-Río Cañas.** Fué descrito anteriormente (ver Figura 6 y texto relacionado). Se encuentra situado entre los sistemas colgados Sabanas de Cabagán y pico Potrerillo-La Güira, en un lente calcáreo entre horizontes metaterrígenos.

**8. Asiento Javira-San Juan de Letrán.** (ver fig. 15, extremo derecho de la sección y mapa tipológico de la fig. 11). De norte a sur se encuentra situado entre la falla concéntrica Caballero, (límite sur del sistema Potrerillo-La Güira) y la traza de sobrecorrimiento de un manto de la fm. Cobrito (límite norte del sistema profundo Limones Cantero-Yaraguana-El Cubano). De noreste a suroeste esta limitado entre el cañón del río Caburni (curso medio) y la cuenca inferior del río Cañas.

Ocupa escalones morfotectónicos de las montañas pequeñas (584-650 m snm) y las premontañas altas (420-530 m snm) donde el espesor estimado del karst es de 290 m. Sus acuíferos reciben la alimentación del sistema colgado Potrerillo-La Güira (tanto por vía superficial a través de las surgencias de la traza sur de la falla Caballero como subterráneamente hacia el manantial del Nacimiento) y a su vez, descarga sus acuíferos hacia el sistema profundo del sur (Limones Cantero-Yaraguana-El Cubano) pues la base del karst se halla inclinada en esa dirección entre 50-100 m por encima de las bases de erosión, derivando naturalmente recursos a la red fluvial de los ríos Tayaba, Pica Pica, Caballero, Javira y Cañas en sus cursos inferiores.

**9. Hoyo Padilla.** (Fig. 20. Sección NW-SE de los sistemas San Juan-Hoyo Padilla). Este sistema kárstico lenticular somero esta situado en el cuadrante noroeste de la cúpula de Trinidad y esta cortado por fallas del sistema radial de dirección este-oeste que generan diferencias orográficas de 50-75 m. Los bloques se elevan hacia el norte desde 340 hasta 468 m lo que condiciona el escalonamiento de la base impermeable que asciende en esa dirección con estantes que se inclinan al oeste. Esta morfología del muro metaterrígeno condiciona acuíferos que derivan recursos hacia las cuencas de los ríos Matagua y Padilla, afluentes del río Arimao que circunda las montañas por el occidente. El hoyo Padilla es una depresión erosivo-kárstica que debe su origen y forma a una línea de debilidad tectónica concéntrica. El espesor del material karstificable del grupo San Juan se estima entre 80-250 m. La base impermeable de la fm. Naranjo aflora circundando al sistema en todo su perímetro.



Fig. 20. *Sección NW-SE de los sistemas Pico San Juan-Hoyo Padilla situado en el cuadrante noroeste de la cúpula.*

El sistema Padilla por su situación altitudinal en el arco medio de la cúpula, alcanza escalones morfotectónicos de las premontañas altas y bajas (entre 340-470 m).

10. **San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones.** (ver Fig. 7, parte central de la sección, y Fig. 21, Sistemas kársticos lenticulares someros y profundos en sección de NE a SW). Esta situado en la vertiente suroccidental de la cúpula trinitaria. Tiene una extensión de 25 km de noroeste a sureste, desde la vertiente norte del cauce del río San Juan (en su tercio medio) hasta la cuenca inferior del río Cañas. Comprende las alturas de la escarpada *loma Los Farallones*, la vertiente meridional de las elevaciones de *Sabanas de Cabagán* hasta las alturas de *Manacal*.

Este sistema esta zurcado por las cuencas hidrográficas de los ríos San Juan, Yaguanabo alto, Hondo, Cabagán Guanayara y Cañas; los que aportan recursos a su karst (procedentes de los sistemas colgados) mediante corrientes de superficie a traves de puntos de influencia en cauces y a la vez, estos ríos reciben la transferencia de sus acuíferos subterráneos cuyas bases impermeables se encuentran por encima de las bases erosivas de los cauces principales desde 70 m hasta 600 m.

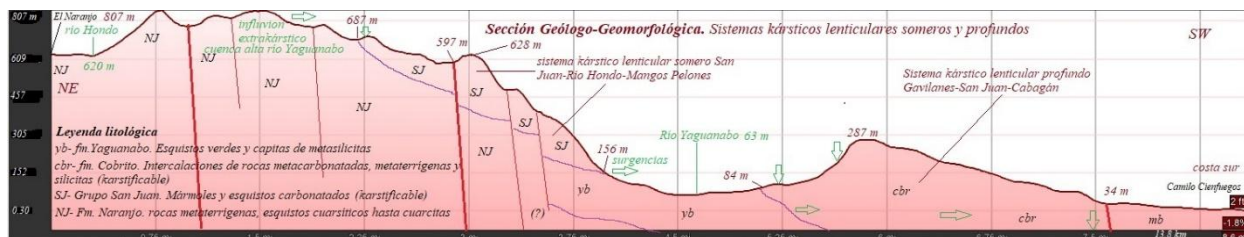


Fig. 21, *Sistemas kársticos lenticulares someros y profundos en sección geólogo-geomorfológica de NE a SW*

De oeste a este (Fig. 22. Perfil longitudinal del sistema) la orografía descende en bloques transversales escalonados desde 742 m snm en *Los Farallones* hasta 589 m snm al sur de *Sabanas de Cabagán* y más al oriente baja mas desde 514 m a 437 m en la loma de *Manacal* con un desnivel sumario mayor de 300 m. Es decir, en la longitudinal el escalonamiento descende hacia el este desde la montañas pequeñas hasta las premontañas altas. Estos cambios se reflejan en la base kárstica y ocurren según las fallas que controlan los cursos de las corrientes mencionadas mas arriba. Sus acuíferos kársticos, en las rocas carbonatadas del grupo San Juan, aportan recursos al sistema mas bajo de lente profundo costero de *Gavilanes-San Juan-Cabagán*.

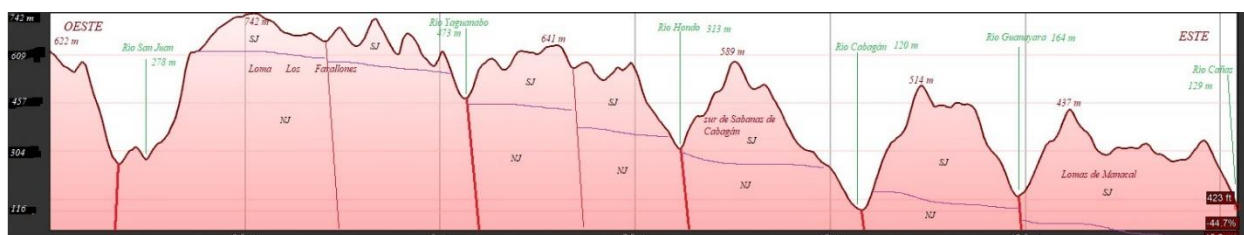


Fig. 22. *Perfil longitudinal oeste-este del sistema de lente somero San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones*

Este sistema tiene una expresión significativa en las pendientes del relieve, no sólo por su posición y composición morfotectónica, sino por su litoestructura de mármoles y esquistos carbonatados resistentes situados entre rocas erosionables de las formaciones Yaguanabo y Naranjo, cambio brusco del substrato donde la erosión selectiva ha creado una diferenciación notable que facilita la cartografía geológica y geomorfológica de sus límites. Entre los efectos de las condiciones neotectónicas y litológicas descritas, en este sistema kárstico se hallan escarpas petromórficas y erosivo-denudativas altas y muy inclinadas, cañones fluviales profundos y estrechos, saltos de agua en las corrientes y altas y profundas cavidades subterráneas donde resalta la altura de la bóveda de la cueva *Martín Infierno* donde se encuentra la estalagmita mas alta de la Cuba subterránea que alcanza los 67.2 metros de altura. Sin embargo no se conoce por el autor de este trabajo la profundidad de la furnia donde esta la formación litogenética secundaria pues sólo se dispone de una planta de la cavidad desprovista de secciones longitudinales. Es conveniente señalar aquí la importancia de las secciones longitudinales de las cavidades subterráneas, que permiten conocer los pisos del cavernamiento, de suma importancia para establecer el esquema evolutivo de las redes de conducción.

### 11. *Sistema de la Polja de Jibacoa-Río Hay.*

(Ver Fig. 9. Sistemas kársticos Polja de Jibacoa-Río Hay y Figs. 10 y 11). Este sistema kárstico lenticular somero se halla situado en el cuadrante nordeste de la cúpula montañosa de Trinidad y comprende las vertientes escarpadas de la polja tectónica de Jibacoa en calizas y las inclinadas más altas, limitadas hacia el norte por una divisoria situada en metamórficos a 570 m snm (que separa las cuencas de los ríos *Jibacoa* y *Seibabo*) y al sur por la divisoria que contiene la *loma de Guaniquipal* (777 m snm) hasta la cabecera de la cuenca del río *Junco* que se eleva hasta 790 m snm. La polja esta ubicada en mármoles y calizas marmóreas del grupo Jibacoa (zona Trinidad) que esta limitado por fracturas, el contacto tectónico posee hacia el norte las rocas del complejo metamórfico anfibolítico Mabujina (zona Zaza) y hacia el sur las rocas metaterrígenas impermeables del grupo Naranjo, Fm. La Chispa (zona Trinidad). El grupo Jibacoa tiene mármoles pero contiene metasilicitas y rocas metaterrígenas por lo cual no es un material tan karstificable como el grupo San Juan con mármoles y esquistos metacarbonatados en predominio, más puros a la mejor disolución. El complejo metamórfico que limita por el norte al sistema kárstico polja Jibacoa-Río Hay, esta elevado en falla moderna y por el sur por un manto de sobrecorrimiento que contiene al calcáreo de Jicacoa y al sur de la depresión la fm. La Chispa de metaterrígenos.

Las fallas que controlan el desarrollo longitudinal de las unidades orográficas descritas, incluyendo la posición de la polja, pertenecen al sistema de fracturas concéntricas del norte montañoso y los subsistemas o aparatos del karst que diferencian al sistema kárstico estan determinados por fracturas oblicuas a las anteriores como ocurre con el taquique tectónico que cortó y elevó el valle original de Jibacoa en su sección oriental, separándolo en su conexión superficial natural con el río Hay que hoy es subterránea (caverna de Las Trancas) (Magaz, 2025). De manera que el sistema Polja Jibacoa-Río Hay ocupa los escalones de las montañas pequeñas correspondientes al segmento medio del arco de la cúpula-bloque en su vertiente norte. Teniendo en cuenta la altitud de las cabezadas actuales del río Hay (surgencias posibles de la caverna conductora de Las Trancas) y la altitud del sumidero de la caverna en el piso de la polja Jibacoa, el desnivel aproximado de la cavidad puede estimarse no mayor de 60 m.

El espesor del karst a la latitud del extremo oriental de la polja se estimó utilizando las cotas de altitud del afloramiento del contacto entre el grupo Jibacoa sobre la fm. La Chispa y las cotas máximas de las divisorias en las rocas karstificadas y resultó ser alto entre 230-300 m. y entre 280-350 m, en el tercio medio del río Hay, a 4 km al norte del poblado de *Polo Viejo*.

Los **sistemas kársticos lenticulares profundos** que se tratan a continuación son: 12. Limones Cantero-Yaraguas-El Cubano, 13. Gavilanes-San Juan-Cabagán, 14. Pretiles-río Seibabo y 15. San Francisco. Son los medios kársticos que en su estructura físico-geológica pueden ocupar mantos tectónicos estructuralmente superiores (como los integrados por la fm. Cobrito en la mitad meridional de las montañas o también al norte se hallan en mantos estructuralmente inferiores elevados en bloque neotectónicos de los grupos San Juan y Jibacoa). Al norte, oeste y suroeste de las montañas estos sistemas profundos se hallan cubiertos por los mantos metamórficos de Mabujina (zona Zaza) y al sur y sureste estan cubiertos por formaciones geológicas de la cobertura plataforma del paleógeno-neógeno y Cuaternario.

Estan situados en la periferia baja de la cúpula montañosa en escalones del relieve correspondientes a las premontañas bajas, alturas grandes y alturas pequeñas con niveles de cima en un rango de altitud de 150 -387 m y tambien en llanuras. La característica mas notable de estos sistemas kársticos es que sus muros impermeables o bases del karst se hallan a mayor profundidad que las bases erosivas (a 80-350 m y mucho más bajo la superficie topográfica mas baja localmente) por lo que reciben la alimentación de las cuencas hidrológicas a traves de zonas y puntos de influencia de los cauces superficiales así como de los acuíferos de los sistemas lenticulares someros, contiguos y superiores en altitud morfotectónica que estan conectados con ellos a traves de conductos de fractura.

De manera que estos sistemas profundos sólo se les reconoce por sus zonas de recarga o absorción geomorfológicamente expuestas aunque los puntos de influencia requieren ser cartografiados mediante campañas de campo y fotointerpretación tridimensional estereoscópica o sistemas voladores de alta resolución. Tampoco tienen información hidrogeológica ni topográfica subterránea publicada que pueda ser utilizada. Sus zonas de descarga o emisión son desconocidas que pueden ser surgencias situadas en la pared norte de la fosa de Jagua, vertiente sur submarina de las montañas cuyas fallas escalonadas se prolongan hasta más de 2000 m de profundidad en esa

depresión submarina, morfoestructura deprimida donde se interrumpe la plataforma insular o el shelf meridional de Cuba.

12. **Sistema Limones Cantero-Yaraguanas-El Cubano.** (ver Figs. 9 y 10, a la derecha de las secciones y el mapa de la Fig. 11). Se encuentra en el cuadrante sureste de la cúpula montañosa desde los alrededores de la localidad de Algarrobo al noreste hasta cerca del Centro Cubano en su parte meridional (desde 390-410 m hasta 150-200 m snm de las superficies de cima en esa dirección). Por el oeste recibe aportes por vía superficial y subterránea de las cuencas hidrológicas donde están los sistemas kársticos lenticulares someros Polja Jibacoa-Río Hay y Asiento Javira-San Juan de Letrán así como de las áreas de influencia extrakársticas (comprende los tercios inferiores de las cuencas hidrográficas de los ríos Hay, Caburní, Táyaba, Pica-Pica, Caballero y Javira).

Sus acuíferos están instalados en los materiales rocosos de un manto de la fm. Cobrito (Cbr), formado por intercalaciones flichoideas de rocas metacarbonatadas, metaterrígenas y silicítas donde la karstificación es selectiva en conductos elaborados en horizontes carbonatados fracturados, interdigitados entre otras rocas no karstificables. Estos conductos inclinados están desarrollados en profundidad a partir de recarga ubicada en los cauces y vertientes que cortan el lente profundo.

Esta dividido longitudinalmente por el sistema de fallas concéntrico (NE-SW) y transversalmente por el sistema radial (NW-SE). Es de suponer que este último sistema de fallamiento genere un escalonamiento transversal de la base del karst visualizado en superficie por las diferencias de altitud entre las unidades morfotectónicas. Así se pueden identificar 4 bloques principales desde Algarrobo hasta El Cubano: 1. Algarrobo (450 m snm), situado al norte hasta el río Hay; 2. Polo Viejo, entre los ríos Hay y Caburní (322 m snm); 3. Noroeste de Magua, entre los ríos Caburní y San Juan de Letrán (410 m snm) y 4. Punto Javira (250 m snm), entre los ríos San Juan de Letrán y Caballero. Estos bloques morfotectónicos transversales generan diferencias entre cimas de 128 m, 88 m, y 160 m que por inferencia son los cambios que deben producirse subterráneamente en el muro impermeable de este a oeste en el interior del sistema y que tiene que ver con su diferenciación en aparatos.

13. **Sistema costero Gavilanes-San Juan-Cabagán.** (ver Figs. 7 y 21, a la derecha de las secciones). Este sistema kárstico lenticular profundo se encuentra en el cuadrante SW de la cúpula montañosa entre la localidad de Gavilanes y la desembocadura del río Cabagán, en intercalaciones de rocas metacarbonatadas karstificables que contiene la formación geológica Cobrito. Por el sur está en contacto tectónico con el complejo metamórfico de Mabujina y en la costa, entre los ríos Yaguanabo y Cabagán está cubierto por rocas de las formaciones Vedado y Jaimanitas.

En su sección longitudinal (**Fig. 23. Sección longitudinal del Sistema kárstico profundo Gavilanes-San Juan-Cabagán**), el sistema está escalonado irregularmente en 4 bloques morfotectónicos transversales principales como causa del fallamiento del sistema de fracturas radial de la cúpula. Desde el oeste estos bloques son: Guajimico con altitudes de 270-290 m snm; bloque Camilo Cienfuegos el más elevado hasta 216-356 m snm, entre los ríos San Juan y Yaguanabo; el bloque Caleta Muñoz que desciende hasta 82-127 m snm, entre los ríos Yaguanabo y Hondo y el más bajo Cabagán con superficie de cima de 70-80 m snm, entre los ríos Hondo y Cabagán. En ese orden estos escalones pertenecen a las categorías de alturas grandes, premontañas bajas, y alturas pequeñas y llanuras costeras.



El muro impermeable que infrayacente a las rocas metacarbonatadas kárstificadas de este sistema es la fm. Yaguanabo, no karstificable, compuesta por esquistos verdes metavulcanógenos con capas de metasilicítas en el centro y el oriente. En occidente esta base del karst corresponde tentativamente a la fm. Naranja compuesta por rocas metaterrígenas, esquistos cuarcíticos, cuarcitas, y esquistos cuarzoso-cloríticos. El espesor de rocas

karstificables intermacizo hasta el nivel del mar se estima en algo más de 200 m. Por el norte y el noreste este sistema kárstico profundo recibe recursos de un área de influencia superficial alóctona considerable (de 59.3 km<sup>2</sup> que representa el 80 % del área total del sistema) procedente de relieves erosivos con elevada densidad de disección sobre rocas no kársticas de las formaciones Yaguanabo y Naranjo, áreas que a su vez reciben recursos de los acuíferos del sistema superior de lente somero San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones a través de ríos surgentes desde la base de este karst. Las unidades hidrológicas involucradas en los aportes hídricos por vías superficial y subterránea a este sistema son San Juan, Yaguanabo, Hondo y Cabagán en los tercios inferiores de sus cuencas.

14. **Sistema lenticular profundo Pretiles- Río Seibabo.** (Fig. 24, Sistema Pretiles-Río Seibabo). Este sistema ocupa el cuadrante nordeste de la cúpula montañosa y está limitado hacia el norte por la falla principal que separa las montañas Trinidad de la depresión litológico-estructural del hoyo de Manicaragua hasta Güinia de Miranda (Portela et al, 1989). Hacia el norte está limitado por los mantos del complejo metamórfico de anfibolitas Mabujina así como hacia el sur, donde las metamorfitas están elevadas en tres bloques hasta los 420 m snm. El sistema está en un manto dislocado y elevado en bloque hasta 387 m, compuesto por el grupo San Juan de metacarbonatos que está limitado en profundidad por la fm. Naranjo, según se puede interpretar en el magnífico mapa geológico de Cuba (de Albear et al, 1988). Su espesor es de 180 m en el norte, estimado sobre la base de las altitudes del afloramiento de la Fm Naranjo al norte (200 m snm) y la cota de su nivel de cima (387 m snm). Está surcado longitudinalmente por la cuenca hidrográfica del río Seibabo, afluente del río Agabama. Hacia el sur del sistema, la divisoria en metamorfitas, elevada hasta 570 m snm separa este sistema del sistema kárstico de la polja Polja Jibacoa- Río Hay. No se identificaron vínculos de este sistema con el resto de las unidades kársticas y de acuerdo con la sección geológica interpretada con mucha incertidumbre, sus acuíferos se hallan estancados por las metamorfitas hacia el norte y el sur pero debe tener un flujo hacia el este-sureste con descarga hacia el río Agabama.

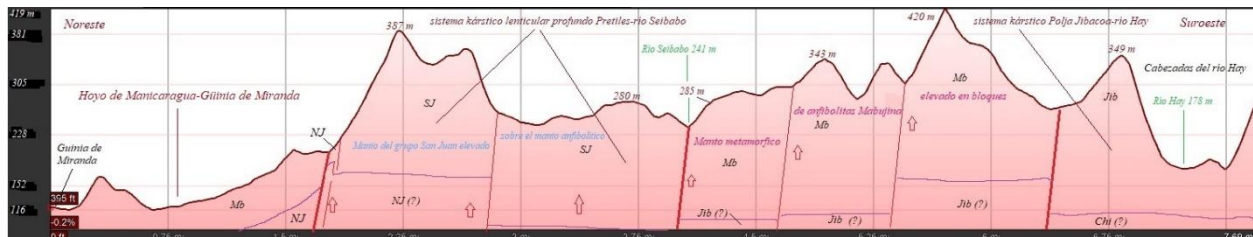


Fig. 24. Sistema kárstico lenticular profundo Pretiles-Río Seibabo, cuadrante nordeste de las montañas

15. **Sistema San Francisco.** (ver Fig. 10, extremo oeste de la sección). Esta unidad del karst ocupa una superficie pequeña, estrecha y está situada en el cuadrante noroeste periférico de la cúpula montañosa como un macizo bajo (entre 55-105 m, hasta 163 m snm en su extremo occidental). Compuesto por las rocas del grupo San Juan está limitado por fallamiento neotectónico del sistema concéntrico. Está cubierto hacia el norte y oeste por los materiales metamórficos de anfibolitas Mabujina y al sur y noreste contacta con las rocas de la fm. Naranjo que son la base impermeable del sistema en profundidad. El espesor máximo estimado fue calculado entre 20 y 50 m. El sistema está atravesado por el río Matagua, afluente del Río Arimao. No se tiene información hidrogeológica ni de ningún trabajo de cartografía subterránea. Los bloques transversales elevan el sistema al norte del río Matagua hasta 163 m snm.

#### Consideraciones finales.

En este nuevo estudio sobre los sistemas kársticos de las montañas de Trinidad, el autor ha querido retomar la investigación del karst de Cuba utilizando los principios, los métodos y los procedimientos del análisis geomorfológico-estructural y escultural, desarrollados por las escuelas de la antigua URSS y de Checoslovaquia entre los años 1970 y 1989, cuando funcionaron los acuerdos de colaboración entre las academias de ciencias de Cuba y de esos países, la que fue una etapa de esplendor para la geociencia cubana.

Para ello fue utilizado el levantamiento morfotectónico regional de 1995 a escala media (1: 250, 000) y mejorado con varios sectores clave a escalas detalladas (1: 50, 000 - 1: 25, 000). También se empleó la cartografía geomorfológica tradicional y de los índices morfométricos en varios sectores para el estudio de las formas de

recarga de los sistemas y aparatos kársticos en el reconocimiento de las vías de conducción subterránea. Entre los materiales de trabajo, fueron empleados de forma combinada las imágenes de satélite con herramientas de medición de la plataforma Google Earth, los mapas topográficos nacionales, las experiencias de las expediciones de campo y el magnífico mapa geológico de Cuba, que fueron suficientes para alcanzar los resultados esperados en la investigación.

Se comprendió en la práctica investigativa geocientífica la importancia que tiene el estudio de la relación entre el relieve y la estructura geológica para reconocer los tipos de sistemas regionales de acuerdo con la estructura física del medio kárstico. Este procedimiento permitió comprender que el estilo morfoestructural de una región es un factor importante para reconocer las diferencias y semejanzas estructurales y funcionales del karst, los llamados **complejos morfoestructuro-kársticos** que definió el doctor Jorge Luis Díaz Díaz y sus colaboradores en 1985.

Así la geoestructura moderna de una cúpula-bloque elíptica, que transformó a una antigua estructura de mantos, arqueándola, cortándola y elevándola; dió forma concéntrica a los afloramientos de rocas karstificables en su relación con otros materiales, a su posición y altura en el relieve, al escalonamiento orográfico y de los muros impermeables y a la relación altimétrica entre los niveles de base parciales del karst y las bases de erosión tectocondicionadas por los sistemas de fracturas que semejan un caparazón de Tortuga, un estilo que no se repite en la morfoestructura cubana.

Por ello la organización arquitectónica de los medios kársticos, resultado de esta morfoestructura del relieve tiene consecuencias directas en el funcionamiento hidrogeológico y en la forma en que ocurre el intercambio de los recursos hídricos entre los tipos de sistemas kársticos y entre ellos y otros medios.

En la etapa actual de Cuba, la gestión del paisaje con objetivos diversos no considera al relieve como un geocomponente físico-geográfico evaluativo de importancia, observar el relieve ha quedado en el olvido deliberadamente sin razón alguna. Sin embargo, de acuerdo con el nivel de conocimiento alcanzado hasta hoy en los estudios geomorfológicos del territorio, se recomienda que no retomarlos, puede conducir a errores irreparables en las actividades ingenieras y del medio ambiente.

Es recomendable reanudar los estudios geoespeleológicos científicos y las campañas de topografía subterránea con un plan amplio e integral, considerando que las formas de conducción subterránea son sólo elementos que integran el sistema del paisaje físico-geográfico al cual se subordinan en su origen, estructura, morfología, funcionamiento y edad. El estudio de las cavidades subterráneas no es posible si se aíslan estos elementos del medio natural.

En las futuras campañas de exploración, se recomienda a los espeleólogos revisar en los sistemas de cumbre las depresiones de recarga mas profundas en sus sumideros debido a la posibilidad de existencia de simas cuyo desarrollo vertical puede profundizar centenares de metros por debajo de las bases impermeables a causa del fallamiento subvertical neotectónico conectado con laminas de mantos inclinados mas profundos de rocas carbonatadas.

### **Referencias.**

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

Díaz Díaz, J.L., A.H. Portela., P. Blanco., A.R. Magaz y G. Reyes (1985): *Características morfoestructurales del relieve cubano y su importancia para el estudio de los macizos kársticos*. Resúmenes Simposium XLV Aniversario Sociedad Espeleológica de Cuba, Academia de Ciencias de Cuba.

Magaz, G.A. (1995): Morfoestructura y sistemas kársticos en el ejemplo de las montañas de Trinidad, Guamuha, 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.

----- (2021): *Morfoestructuras. Segunda parte. Génesis y evolución. ¿ Esta explicado el relieve de Cuba?* En: Rev. Cubageográfica N° 12, Enero-Junio, pags. 1-15.

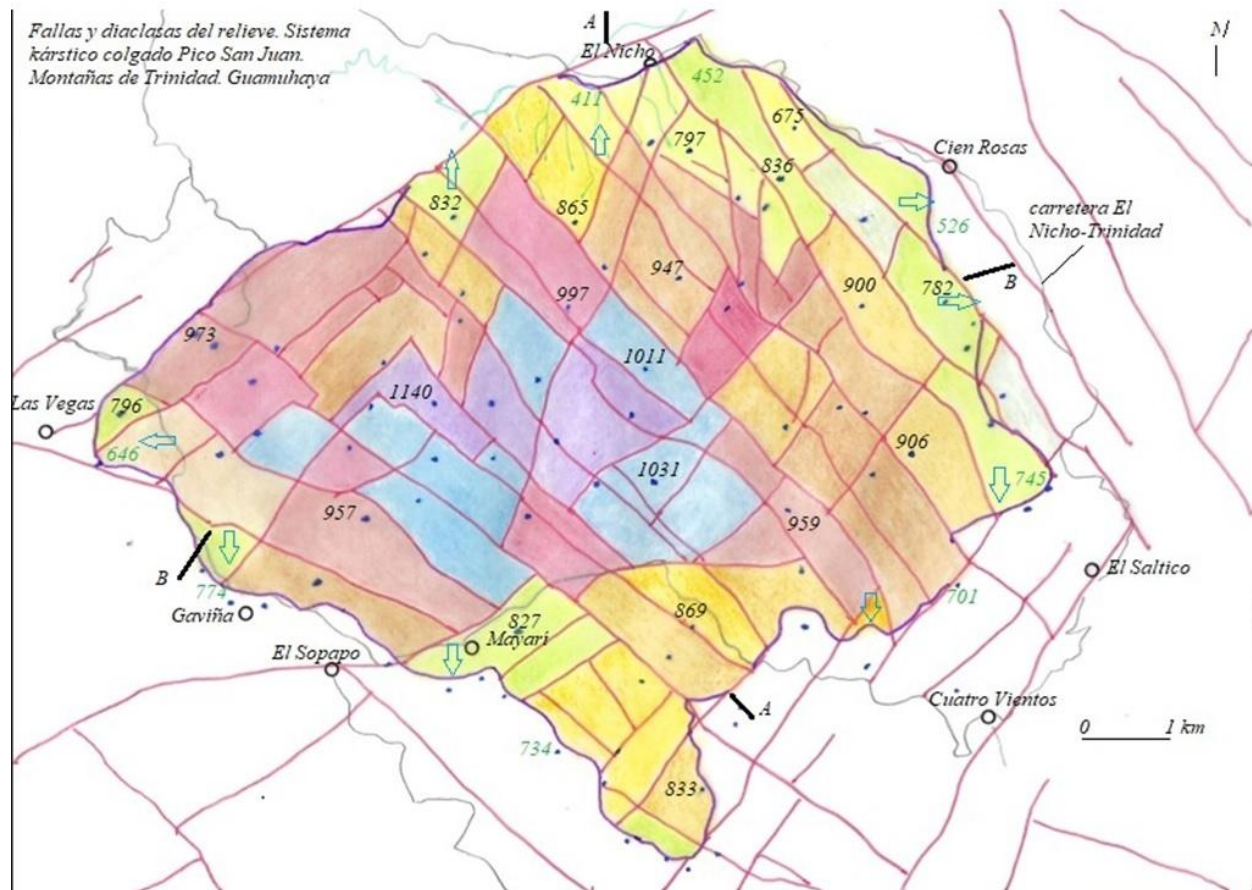
----- (2023): *Etapas de la evolución geomórfica de Cuba. Su significado para entender el origen, el desarrollo y la edad del karst.* En: Cuadernos de Geomorfología de Cuba numero 4. Cubageografica. Pags. 1-18.

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

----- (2025): *El Sistema kárstico de San Juan, estructura neotectónica y caminos del agua subterránea. Montañas de Trinidad, grupo orografico Guamuhaaya, Cuba surcentral.* En: Cuadernos de Geomorfología de Cuba N° 7. CubaGeográfica 12 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.














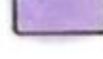
### Anexos.



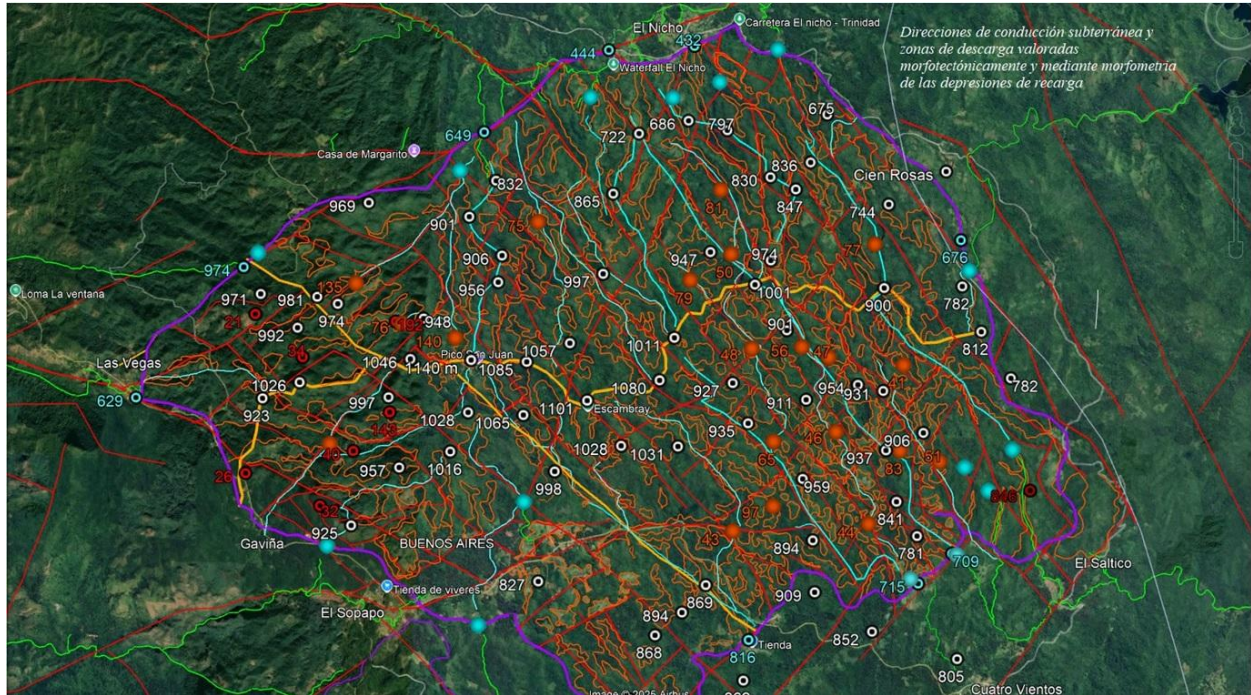
Se muestran los escalones locales en que esta dividido este karst de cumbre según dos direcciones principales de fracturas (NE a NNE y NW a NNW). Los bloques internos estan separados por fallas con saltos máximos de 50-184 m en un 70 % y diaclasas y fallas con saltos mínimos de 15-48 m en un 30 %. (leyenda en la página siguiente).

*LEYENDA Mapa de fallas y fracturas menores*

*Escalonamiento morfotectónico (cotas de altitud de las unidades de bloque en metros)*

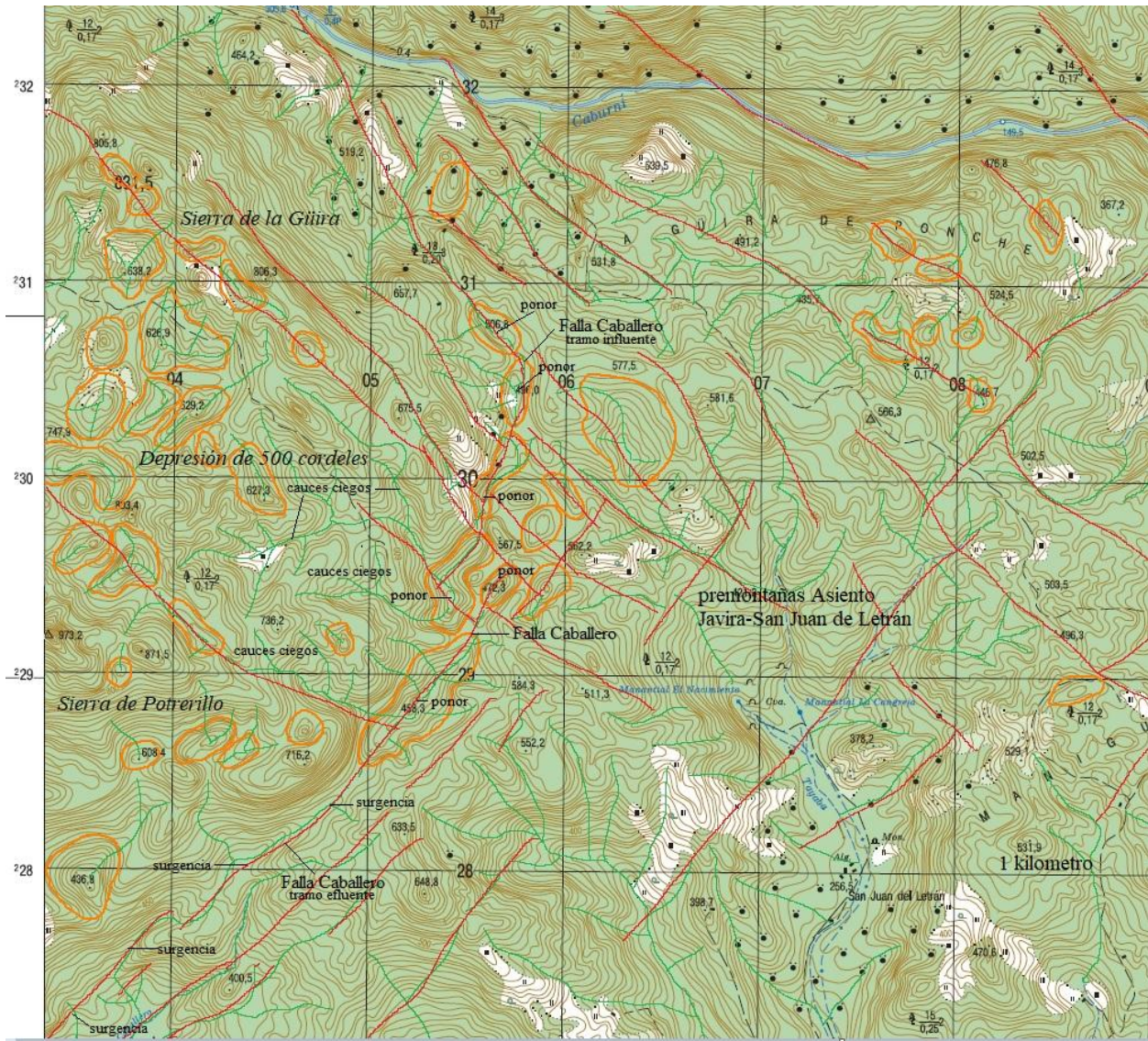
	675 - 685	<i>A-A y B-B. Secciones geólogo-geomorfológicas</i>
	710 - 780	 <i>Fallas y diaclasas</i>
	795 - 845	 <i>zonas de descargas probables</i>
	850 - 870	 <i>carreteras y caminos</i>
	890 - 910	 <i>poblados y localidades</i>
	911 - 950	1140 <i>cotas máximas de los escalones</i>
	951 - 980	411 <i>cotas de las bases erosivas en los bordes del klippen</i>
	990 - 1000	
	1015 - 1065	
	1080 - 1140	

*Nota: Las zonas de descargas probables han sido estimadas mediante la morfología escalonada del muro impermeable de la formación Naranjo a través del análisis morfotectónico del relieve.*



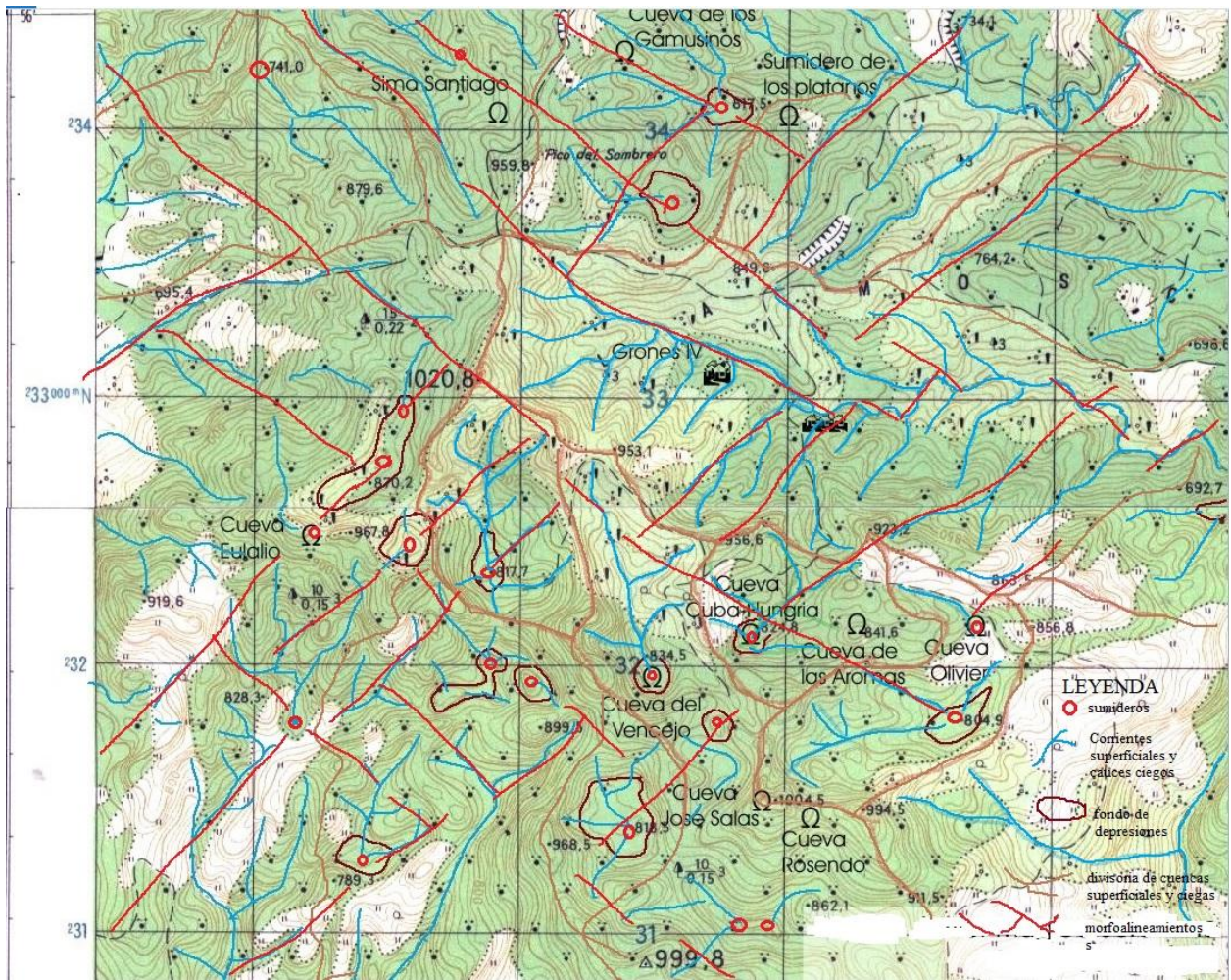
Direcciones de conducción subterránea (en color cian) y zonas de descarga en la imagen de satélite de la plataforma Google Earth, un material de trabajo.

*Es conocido que en el karst de montaña, las depresiones mas evolucionadas en profundidad, densidad, área de distribución y puntos de recarga (concentrada o difusa), estan sustentadas a nivel subterráneo por las zonas de conducción mas importantes en capacidad transmisiva que les han dado origen. Partiendo de esta regularidad genético-evolutiva, las depresiones permiten pronosticar las vías mas 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 natural entre ellas y las formas de conducción se pudieron trazar las direcciones de transmisividad mas favorables hasta las zonas de emisión o descargas mas probables. Las depresiones del karst comienzan su desarrollo cuando se han establecido las conexiones entre los sumideros y las surgencias a traves 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 por lo que el levantamiento de los índices morfométricos del karst superficial como la densidad y la profundidad de la disección erosivo-kárstica es un procedimiento apropiado para comprender la distribución de las zonas del funcionamiento hídrico en los sistemas kársticos.*



Sistema colgado Potrerillo-La Güira y lenticular somero Asiento Javira-San Juan de Letrán en un sector clave. Sus Fallas, depresiones, ponores y surgencias kársticas

Los tres subsistemas o aparatos que integran el sistema kárstico colgado Pico Potrerillo-La Güira aportan recursos de sus acuíferos subterráneos al sistema contiguo de lente somero Asiento Javira-San Juan de Letrán, tanto superficialmente a través de surgencias instaladas en la traza meridional efluente de la falla Caballero, como subterráneamente mediante varios ponores instalados en la traza septentrional de esta fractura. La traza norte influente de la falla capta los cauces ciegos de la depresión de 500 cordeles y cuando alcanzan la fractura, se hunden y conducen las aguas subterráneamente por mas de 1500 m hasta los manantiales del Nacimiento y del Cangrejo, comunicación que fué establecida inicialmente mediante el levantamiento de los morfoalineamientos y comprobada en una campaña de trazado de aguas con fluoresceína.



*Sistema kárstico colgado Sabanas de Cabagán en un sector clave. Sus morfoalineamientos (fallas y diaclasas), cuencas superficiales y endorreicas, sumideros, simas y cuevas. La situación de las cuevas nombradas en la base topográfica es cortesía del espeleólogo Javier Mujica Jerónimo, miembro del grupo Sama de la Sociedad Espeleológica de Cuba. Este diseño fué modificado, agregando la información relacionada en la leyenda. Los sistemas de fracturas neotectónicas con direcciones NE y NW controlan la orografía local, los morfoelementos de génesis fluvial (cauces de corrientes superficiales) y los kársticos (cauces de corrientes ciegas de cuencas endorreicas, los sumideros y se supone los patrones de desarrollo de las simas y cuevas.*

*El sistema kárstico de cumbre Sabanas de Cabagán alimenta con sus acuíferos al sistema contiguo San Juan-Río Hondo-Mangos Pelones através de los ríos surgentes que drenan al sur y subterráneamente a lo largo de las líneas de falla radiales.*

#### **Agradecimientos.**

*Al jóven geógrafo cubano Raydel Alondo Montero por su ayuda en la adquisición de una parte imprescindible de los materiales necesarios, sin lo cual hubiera sido imposible culminar esta investigación, por su contribución con ideas acertadas durante nuestras conversaciones científicas a través de internet, que redujeron con creces la distancia geográfica que nos separa y, en especial, por recibir el aliento para continuar trabajando un tiempo más al saber que através de personas como él las observaciones del relieve tendrán continuidad en la gestión mediambiental de la futura Cuba. Gracias.*