

ríos subterráneos que desembocan en cienagas o en el mar. Los corredores de las cuevas que reflejan la estratificación son anchos y bajos y presentan numerosos salones abovedados que generalmente contienen lagos. A consecuencia del levantamiento general y de las fluctuaciones glaci-eustáticas del mar, los sistemas de cuevas se desarrollaron a varios niveles, muchas veces intercomunicados por chimeneas verticales. El nivel de cuevas más alto ocurre muy cerca de la superficie actual; los techos de las cuevas se desploman y, por consiguiente, la llanura costera está sembrada de numerosas dolinas desplomadas o cenotes. Puesto que el nivel de las aguas cársicas submarinas y la superficie del paisaje convergen en dirección al mar o a las ciénagas, aumenta el número de cenotes inundados en esa dirección. El nivel inferior de cuevas se halla debajo del nivel actual del mar y el fondo del mar adyacente. Esta situación da origen, por una parte, a la existencia de manantiales cársicos submarinos, y, por otra, a la dispersión y penetración subterránea del agua de mar tierra adentro a distancias y altitudes mayores de lo que indican los valores calculados teóricamente.

El nivel de agua subterránea fluctúa considerablemente según la distribución anual de precipitaciones y, a lo largo de la costa, también según las fluctuaciones del nivel del mar entre mareas. La capa de agua dulce pierde mucho en espesor durante la estación de la seca, lo que debe tomarse en cuenta en la irrigación y en el abastecimiento de agua potable.

Una de las cavernas más notables de la «Llanura Cársica Meridional» es la cueva de Juanelo Piedra, situada en el municipio de Quivicán. Esta cueva de 136 m de largo está ocupada por un lago freático donde viven peces ciegos. Gran parte de la galería está totalmente cubierta por el agua y sólo es posible explorarla con escafandra autónoma. La superficie del llano se halla allí a 9 m sobre el nivel del mar y el fondo de la cueva a 13 m bajo dicho nivel. Sus galerías están cuajadas de estalagmitas, columnas y otras formaciones secundarias que no pudieron formarse en medio de las actuales aguas subterráneas, por lo que es evidente que la cueva de Juanelo Piedra (tipo «Aston») se originó dentro del manto freático, quedando luego desaguada, por ascenso de la región o descenso del nivel freático. Fue en esta etapa en que se formaron las estalactitas, etc. Posteriormente una nueva inundación freática cubrió dichas formaciones secundarias, tal como se encuentran en la actualidad.

2) Tipo de carso de las mesetas.

En las zonas orientales de Cuba, abundan numerosas, bajas y altas mesetas y lomas aisladas de cimas planas de extensión variada. Representan restos de algunas plataformas originalmente continuas, constituidas de estratos sub-horizontales post-larámicos, en su mayoría carbonatados, que descansan sobre bloques dislocados de complejos rocosos heterogéneos, plegados en el curso de la orogénesis larámica y varisciana.

Las formas cársicas multiformes y muy bien desarrolladas de estas mesetas reflejan la litología, la estratificación (espesor y buzamiento) y la posición de los carbonatos sobre el nivel de base.

Sobre las mesetas constituidas de rocas carbonatadas homogéneas, estratificadas subhorizontalmente, se extienden amplias superficies llanas o sólo ligeramente onduladas con algunos testigos de erosión de poca altura, de cima plana situadas en las antiguas divisorias. Como ejemplo se puede mencionar la meseta más oriental de Cuba, la meseta de Maisí cuya pendiente marginal que da al mar ofrece un sistema bien conocido de terrazas marinas levantadas de edad plioceno-cuaternaria (S. STABER, 1934, Y. I. CORRAL, 1944). Las mesetas constituidas de estratos poco homogéneos y de buzamiento más pronunciado exhiben superficies de rasgos de carso de



FIGURA 12

Cerro calizo sobre la serpentina de la altiplanicie de Nipe en la zona conocida por La Sabana. A la izquierda se abre la dolina por donde fluye un río que atraviesa subterráneamente las cuevas calizas de la altiplanicie. Foto A.N.J.



FIGURA 13

Polja rodeada de mogotes en el flanco septentrional de la sierra de las Escaleras de Jaruco, de estructura sinclinal formada por calizas del Mioceno Inferior. Foto aérea por A.N.J.

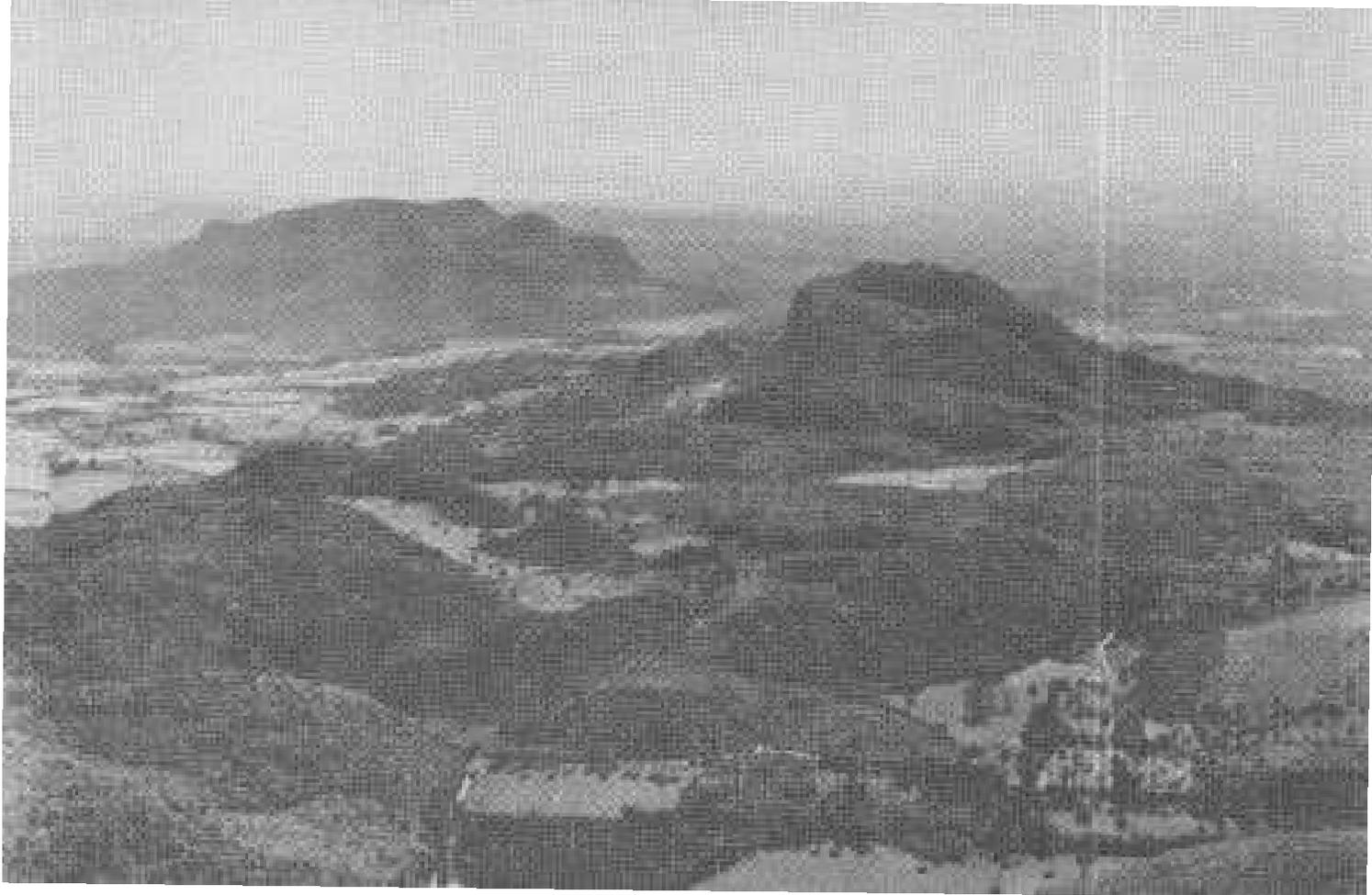


FIGURA 15

El Pan de Matanzas y la loma del Palenque, en Matanzas.
Foto aérea por A.N.J.



FIGURA 14

La sierra del Grillo, Madruga, formada por conos entre los que se extienden abras secas. Foto aérea por A.N.J.



FIGURA 16

Cerros calizos del Eoceno, en Baire, situados en el flanco septentrional de la Sierra Maestra. El fallamiento ocasiona una disposición del paisaje en forma de tablero, hasta un grado tal que se puede hablar de un "carso alineado". Foto aérea por A.N.J.

cúpula con crestas y lomas monoclinales, separadas por depresiones corrosionales de diferentes formas o por tierras bajas erosivo-corrosivas de tipo polja. Tales superficies presentan las mesetas que se encuentran al Norte de la bahía de Guantánamo (la meseta del Guaso y otras). Se trata esencialmente de paisajes de cuevas bajas de origen cársico, con restos de antiguos depósitos fluviales y productos de meteorización, que se fosilizaron a consecuencia de un levantamiento intenso. Estas superficies de mesetas aparecen en el nivel más alto de la extensa pero diseccionada meseta de Baracoa que se consideraba, hasta ahora, como la superficie de planación más vieja (el Yunque de Baracoa) (neógena) de las formas de peniplano de Cuba. (S. MASSIP y S. E. ISALGUÉ, 1942). Probablemente son superficies de edad y origen diferentes.

Una faja litoral de pequeñas mesetas y lomas de cimas planas (*buttes*) que deben su origen a las estrechas, diseccionadas llanuras costeras nororientales y suroriental al pie de la sierra Chiquita, la sierra de Purial, la sierra de Yateras y la sierra de Sagua-Baracoa, presenta en algunos lugares, superficies perfectamente llanas, de leve buzamiento en dirección al mar, desarrolladas sobre gruesas capas consolidadas de carbonatos litorales.

Los rasgos colectivos del carso de las mesetas cubanas son las pendientes marginales altas y abruptas, profundos cañones de ríos alógenos y autóctonos que se originaron, a menudo, a consecuencia de desplomes de altos corredores de cuevas y numerosos niveles de cuevas concordantes con niveles de terrazas fluviales o marinas. En la superficie suave de la meseta abundan igualmente cuevas y furnias profundas que penetran frecuentemente a través de varios niveles de cuevas, pequeñas dolinas, depresiones corrosionales, tierras bajas erosivo-corrosivas (poljas) y someros valles ciegos, así como potentes manantiales cársicos al pie o en las pendientes de mesetas, condicionados por estratos impermeables. La prolongada estación seca, típica del clima oriental de Cuba, imprime a este carso características semiáridas que se manifiestan en gruesas cortezas calcáreas de meteorización y en la vegetación cactácea u otra vegetación xerofítica.

Una de las más notables cavernas estudiadas en este tipo de carso es la del Cuzco, galería del río de igual nombre, que tiene un recorrido subterráneo de 978 m dentro de los estratos horizontales de la meseta. La altura del techo de la cueva llega a 73 m sobre el río; la forma de la galería es la de un profundo cañón techado de paredes casi paralelas. El río, antes de penetrar a la caverna, fluye por un cañón al aire libre que es casi igual al subterráneo, lo que se debe a que en realidad es el antiguo cauce hipogeo con el techo desplomado.

3) Tipo de carso de alturas simplemente plegadas y falladas.

Este tipo de carso es muy común en Cuba debido al hecho de que zonas considerables de estructuras simples, pliego-falladas de edad post-larámica, anticlinales, sinclinales y domos, están constituidas de varios tipos de carbonatos. Algunas secuencias de estratos son más bien homogéneas, otras exhiben múltiples variaciones litológicas tanto horizontales como verticales; algunas de ellas están combadas sin fracturas tectónicas, otras en cambio están considerablemente accidentadas y dislocadas a lo largo de fallas longitudinales y transversales. Los factores más importantes del desarrollo de este tipo de carso son: el tipo de deformaciones tectónicas, la velocidad de los movimientos de la corteza, las propiedades litológicas, el espesor y la posición de las secuencias de estratos carbonatados sobre el nivel de base, así como la rápida alternación de superficies altas expuestas, con cortezas de meteorización calcáreas resistentes y de superficies bajas con cubiertas sedimentarias y de meteorización relativamente delgadas y permeables. Se distinguen, además varios subtipos de carsos en diferentes fases de desarrollo.

a) *Carso de alturas constituidas por estratos sedimentarios, predominantemente carbonatados.*

En las secuencias de estratos débilmente deformados y fallados, pero más bien homogéneos, el paisaje se presenta generalmente en la fase de juventud avanzada. La superficie monótona, sólo ligeramente ondulada, presenta extensas superficies de tipo pedimento, cortadas a veces por valles atrincherados, así como pequeñas depresiones corrosionales, dolinas, cenotes someros secos o inundados y valles ciegos cortos con ponores abiertos o cubiertos. Características similares manifiesta también el relieve en la fase de vejez avanzada, presentando sólo esporádicos restos erosionales de un nivel de superficie más alto. Esta superficie está generalmente cubierta de espesos mantos sedimentarios y de meteorización.

En la secuencia de estratos deformados, fallados e irregularmente levantados, aparece principalmente la superficie madura, en la cual se destacan morfológicamente formas convexas y cóncavas, denominadas justificadamente carso cónico o de cúpula. Las formas convexas están representadas por crestas cortas, lomas aisladas con pendientes rocosas abruptas y cimas planas o redondeadas. Los representantes de las formas cóncavas son las tierras bajas erosivo-corrosivas o corrosivas cerradas o parcialmente abiertas, con fondos llanos cubiertos de delgados mantos fluviales o de meteorización. El drenaje superficial está casi extinguido, presentándose numerosos sumideros, valles ciegos, cuevas, dolinas con lagos intermitentes, furnias y zonas de lapiés. En cuanto a los pocos ríos alógenos que atraviesan tales regiones, tienen valles profundos, incluso abovedados por puentes naturales y con numerosos manantiales cársicos.

Por consiguiente, los conos y cúpulas cársicos de este paisaje son, en efecto, testigos erosivo-corrosionales cuyas características cambian de acuerdo con las porciones de las macroformas constructivas en las cuales se habían originado.

En las porciones axiales de los domos y de los anticlinales donde los estratos solubles se encuentran en posición sub-horizontal, se originan lomas regulares y simétricas que sugieren mesetas con las cuales han sido confundidas con mucha frecuencia. En algunos casos representan los últimos restos de un manto carbonatado de núcleos de domos no-carbonatados. En consecuencia, sus alrededores están constituidos de otras rocas, antiguamente subyacentes. Tales zonas manifiestan, por ejemplo, pequeñas lomas calizas solitarias que se levantan sobre la alta superficie nivelada de la masa de peridotita serpentinizada de la sierra de Nipe, como es visible en el Alto de La Estrella.

En los flancos de anticlinales, sinclinales y domos, donde los estratos presentan un buzamiento o una inflexión leve, se originan formas convexas similares, pero su distribución y características exteriores reflejan el buzamiento de la secuencia de estratos. Buenos ejemplos los constituyen las bajas cúpulas y conos que aparecen en los flancos de la zona baja sinclinal Ceiba Mocha-San Juan, en Matanzas, o en la cresta sinclinal de las Escaleras de Jaruco, en la porción occidental de Cuba. Su distribución regular entre amplias formas cóncavas secas, parecidas a valles, con fondos llanos, permiten clasificar esta superficie como «carso alineado» a pesar del hecho de que su alineación está condicionada más bien por el buzamiento de los estratos y la dirección del drenaje superficial extinto que por sus líneas tectónicas.

Las lomas altas, esbeltas y asimétricas tienen su origen en la disección de las porciones superiores y frentes de cuevas cercanas, *hogbacks*, *horsts* o anticlinales estrechos. Se pueden ver ejemplos típicos en la porción occidental de Cuba (Loma del Grillo) o en la parte oriental de Cuba (las alturas calcáreas que bordean en forma circular la masa de peridotita serpentinizada de la sierra de Nipe como son las lomas de Seboruco, Guaro, etc., el «anillo calizo» de la sierra de Nipe, *sensu* A. N. J).

Muy comunes son, sin embargo, las crestas y las lomas solitarias que deben su origen a bloques de secuencias de estratos carbonatados, levantados tectónicamente (Pan de Matanzas, entre otros). Tales formas aisladas no pueden ser consideradas, en el verdadero sentido de la palabra, como formas de origen cársico.

Las estructuras sinclinales carsificadas del sub-tipo cársico discutido son generalmente ricas en cuencas de aguas cársicas subterráneas de importancia extraordinaria (por ejemplo, la cuenca de Vento, la cuenca de Catalina de Güines y otras).

b) *Carso de alturas constituidas por estratos sedimentarios, predominantemente no carbonatados.*

Los estratos de carbonatos carsificados, intercalaciones y lentes en los sedimentos no-carbonatados son fenómenos comunes en todas las formaciones cubanas, de modo que este sub-tipo cársico se extiende sobre un área considerable del paisaje. Sin embargo, transiciones repentinas y lentas entre miembros carbonatados y no-carbonatados de secuencias individuales, son tan frecuentes, que los límites de las áreas de este sub-tipo cársico no son perfectamente distinguibles.

Estas formas cársicas representan mayormente parte de un paisaje erosional donde los carbonatos resistentes constituyen crestas, lomas, riscos o porciones abruptas de pendientes; todas esas formas están condicionadas por la erosión diferencial, presentando ponores, manantiales cársicos, depresiones corrosivas, erosivo-corrosivas y corrosivo-sufosivas generalmente pequeñas, y zonas de lapiés. El drenaje es mayormente superficial; el drenaje subterráneo es limitado y discontinuo.

En Cienfuegos, cerca de la desembocadura del río Salado, existen zonas de margas agrietadas que posteriormente a la fractura se consolidaron con la precipitación de calcita que endureció dichas margas. Esta coraza de calcita es ahora el límite del desarrollo de las cuevas que se originaron a través de las señaladas grietas de las rocas de edad Oligocena Superior y Miocena Inferior. Por consiguiente, las corazas de calcita ofrecen a las cuevas en rocas no consolidadas cierta protección contra el desplome. Otro fenómeno interesante en esa zona lo constituyen las formas corrosivas, condicionadas por moldes internos de antiguas raíces de manglares fosilizados que penetran a través de la secuencia Oligocena Superior de argilitas, areniscas de grano fino y calizas estratificadas en las proximidades de la bahía de Cienfuegos.

c) *Carso de alturas constituidas por estratos volcánico-sedimentarios (calcáreos).*

A este sub-tipo de carso pertenecen zonas muy conspicuas del paisaje erosivo-corrosional que se desarrollaron en la espesa y extensa secuencia de calizas del Cretáceo Superior y Paleógeno y productos del volcanismo submarino. Los procesos de la erosión diferencial que intervienen de un modo complicado, así como la carsificación y la meteorización, crean formas de paisaje excepcionalmente accidentadas, especialmente en las series de calizas continuas y alternantes y capas volcánicas que están deformadas y considerablemente levantadas. Las calizas, parcialmente metamorfoseadas por el contacto, son muy resistentes, mientras que las rocas volcánicas profundamente lateritizadas son muy débiles, de modo que las diferencias de altitudes relativas, condicionadas estructuralmente, se desarrollan con gran rapidez.

El relieve maduro de este sub-tipo se desarrolla, por ejemplo, en las calizas del Eoceno Superior y Medio y en la subyacente secuencia del Eoceno Inferior de calizas metamorfoseadas, andesitas y tobas andesíticas y basálticas con numerosos depósitos de manganeso. Estos constituyen la faja pre-montañosa septentrional de la Sierra Maestra, especialmente en las cuencas superiores de los ríos Cautillo y Contramaestre (tributarios izquierdos del río Cauto) al sur de

Baire (C. F. PARK, jr. y M. W. COX, 1942). Los estratos están ondulados, formando numerosos anticlinales, sinclinales y domos, atravesados por dos sistemas de fallas de direcciones diferentes. Estos estratos estaban irregularmente levantados e inclinados durante el Pleistoceno. En consecuencia, el paisaje pre-cuaternario fue diseccionado en algunas fases por una nueva y profunda red fluvial consecuente y dividido en unidades pequeñas.

Ese paisaje estaba formado por estrechas cuevas y crestas en forma de *hogbacks* y tierras altas niveladas, con cúpulas y conos cársicos, separadas por tierras bajas subsecuentes alargadas y cañones cársicos consecuentes que se desplazan a lo largo de fallas y cubiertos de mantos sedimentarios y de meteorización. Los ríos superficiales desaparecieron de los cañones cársicos pre-cuaternarios y los nuevos ríos locales ahondaron las tierras bajas subsecuentes hasta el substrato no-carbonatado. Debido a esto las tierras bajas se dividieron en varias porciones independientes, separadas por altas crestas. Los fondos no-carbonatados meteorizados de las tierras bajas se transformaron en un paisaje suavemente ondulado con una red fluvial insecuente. En los anticlinales y domos se originaron nuevas tierras bajas de varios tipos, presentando fondos de roca carbonatada o volcánica con ponores o manantiales cársicos. Las crestas calizas circundantes adquirieron declives altos y abruptos y sus cimas fueron perforadas por furnias o depresiones profundas de tipo hoyo o *cockpit*, como los hoyos o poljas del Sinsonte, excavados en caliza o el del Ensueño, que se abren entre paredes por un lado de calizas y por otro de tobas y por cuyo fondo circula un arroyo que desaparece en una cueva. Los altos declives consisten en estratos heterogéneos que están sujetos a enormes deslizamientos de bloques. Los ríos locales de las tierras bajas y depresiones desaparecen al pie de las crestas y crean sistemas de cuevas extensos y complejos que descienden a través de numerosos niveles a manera de escalera hacia los fondos de profundos valles jóvenes, drenados por potentes ríos cársicos subterráneos, por ejemplo el de la cueva Jíbara, por donde fluye el río La Papelera, que nace en un pequeño domo diseccionado de rocas volcánicas; el río penetra por el farallón calizo de un mogote que está en contacto con las rocas volcánicas para salir después al hoyo o polja de Las Cruces, donde vuelve a sumergirse por una amplísima caverna que tiene forma escalonada con ocho grandes cascadas interiores, la mayor de las cuales tiene 41 m de caída vertical. El río subterráneo tiene un total conocido de 1452 m de largo, pero se supone que continúe su viaje subterráneo hasta la zona de Pozo Azul, donde desagua en otro río, debiendo tener por lo tanto un desnivel de 260 m de los cuales sólo se ha explorado un desnivel de 248 m, es decir el más grande conocido en cueva alguna del Nuevo Mundo.

En esa zona también existen profundas simas abiertas o furnias, como la de Pipe, que tiene una vertical de 165 m, la más notable de Cuba.

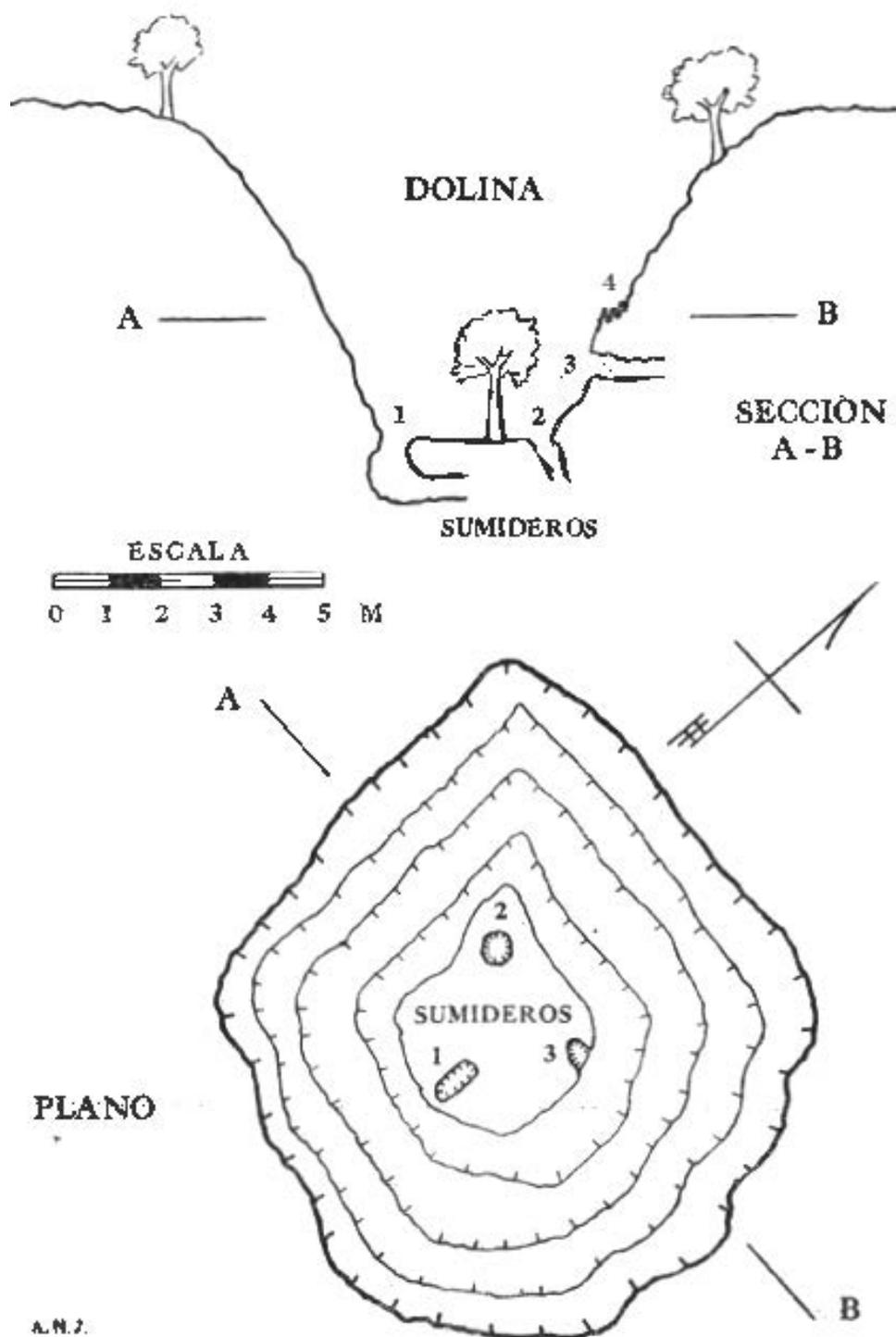
Las cavernas y furnias alcanzan tales desniveles debido a que se abren en la parte alta de las elevaciones calizas, mientras que el nivel de base regional se encuentra a centenares de metros más abajo.

El fallamiento ocasiona una disposición del paisaje en forma de tablero hasta un grado tal que se puede hablar de «carso alineado».

Cuando la serie volcano-sedimentaria sólo consiste en algunos estratos calizos aislados, intercalaciones o lentes, se produce un paisaje predominantemente erosivo, monótono, en el cual ocurren crestas calizas aisladas, lomas solitarias y riscos de tipo *monadnock*.

d) *Carso de alturas constituidas por rocas intrusivas.*

Los procesos subaéreos desintegran algunos componentes minerales de las rocas intrusivas y, en consecuencia, también crean varias crestas parecidas a lapiés, puntas, surcos, cubetas, furnias



Dolina abierta en la roca de peridotita, en la región de la sierra de Moa, Oriente. Los números 1, 2 y 3 señalan sumideros y el 4 las formaciones de lapiés o *diente de perro*.

grandes y pequeñas o incluso ponores a lo largo de las juntas. Debido a su origen químico, estos fenómenos, que generalmente siguen planos de desintegración primaria, pueden ser considerados fenómenos cársicos.

Estos abundan en cuerpos intrusivos pero hasta ahora son poco conocidos. Fenómenos de este sub-tipo muy bien desarrollados aparecen en grandes cuerpos ultrabásicos del Cretáceo Superior de las montañas de Nipe y de Moa y se originan en peridotitas lateritizadas fracturadas, porosas, serpentinizadas y de fácil desintegración (I. Z. KORIN, V. I. FINKO, A. NÚÑEZ JIMÉNEZ, F. FORMELL CORTINA, 1967). Se pudiera suponer que algunos de estos fenómenos tuvieran su origen en la disolución de compuestos carbonatados de la secuencia volcano-sedimentaria, la que en Cuba cierra la intrusión de peridotita.

Pequeños hoyos, acompañados de fenómenos sufosivos y de una superficie cavernosa con surcos paralelos o alineados en forma de abanico, se presentan también en troctolitas y gabros olivínicos debido a la desintegración del olivino químicamente inestable.

Numerosos fenómenos similares son productos de la desintegración del feldespato, como en el caso de las dioritas silíceas hasta plagio-graníticas de las intrusiones del Escambray, de la región de Daiquirí o del Pico Turquino (o en la superficie de guijarros de estas rocas que aparecen en conglomerados del Eoceno Superior). Fenómenos del mismo origen se desarrollan en las grano-dioritas de la intrusión del Escambray y de las que afloran entre los pueblos de Guayos y de Cumanayagua, así como en diorito-sienitas silíceas de Arimao y de dioritas silíceas entre Camagüey y Victoria de las Tunas. Superficies agujereadas o surcadas exhiben también rocas gnéissicas metamorfoseadas por el contacto, o diques de porfiritas sienito-dioríticas que aparecen en la margen occidental de la intrusión del Escambray.

4) Tipo de carso de alturas complejamente plegadas y falladas.

Estas estructuras que crean las formas constructivas de las principales montañas cubanas, en varios estados de desarrollo geomórfico, consisten generalmente en rocas mesozoicas y paleozoicas, afectadas por orogénesis repetidas. El carso que se desarrolló en esas estructuras se distingue de otros tipos de carsos principalmente por sus formas superficiales, la profundidad de la carsificación y el tipo de su drenaje tanto superficial como subterráneo. Las diferencias están condicionadas sobre todo por la estructura heterogénea, la deformación tectónica compleja y el plegamiento de los estratos, por el prolongado desarrollo del relieve estructural y por la situación generalmente alta del macizo sobre el nivel de base. Por consiguiente, se distinguen los siguientes sub-tipos de carsos:

- a) *Carso de alturas constituidas por series de potentes estratos de rocas carbonatadas y no-carbonatadas.*

Las gruesas series estratificadas de calizas y de sedimentos no-carbonatados se destacan, a menudo, por un plegamiento inarmónico e imbricación detallada, cobijaduras, corrimientos y, también por un fallamiento intensísimo. Los rígidos y gruesos estratos de carbonatos están fracturados en bloques grandes y pequeños. Estos están incluidos en sedimentos no-carbonatados mayormente arcillosos o arenosos de grano fino, plásticos y, en consecuencia, complejamente plegados y amasados. Bloques individuales fueron expuestos gradualmente por la erosión diferencial y transformados en conspicuas crestas (sierras) largas y estrechas, o en cerros aislados (mogotes) con declives rocosos abruptos cuyos rasgos reflejan perfectamente la distribución, las formas y la estructura de las porciones originales de la secuencia carbonatada de estratos tectónicamente quebrados y dislocados. Las crestas estrechas y cerros esbeltos o paneles calizos

peculiares, recostados sobre el paisaje ondulante, constituido de capas no-carbonatadas, se originan de estratos carbonatados casi verticales. Los estratos de buzamiento menos pronunciado crean generalmente amplias crestas asimétricas o monoclinales. Las formas masivas redondeadas deben su origen a secuencias de estratos compactos y gruesos, en tanto que las series bien estratificadas crean varias crestas, lomas y riscos más bajos pero con declives más abruptos y superficies escalonadas dispersas. Donde los estratos no-carbonatados descansan sobre los carbonatos, se origina una superficie erosional montañosa, proyectada por los bloques carbonatados subyacentes en forma de altas lomas aisladas. En consecuencia, se trata de *monadnocks*, *catocins*, es decir de formas típicas de paisaje de origen de erosión diferencial pero no de formas de origen cársico.

Estas formas de paisaje positivas están separadas unas de otras por tierras bajas longitudinales o transversales, a menudo cerradas, con fondos llanos, dominadas en algunas partes por lomas carbonatadas aisladas. Los fondos de las tierras bajas están cubiertos de sedimentos fluviales alógenos o de productos de meteorización transportados, diseccionados someramente por ríos superficiales que circulan por inmensos y complicados sistemas de cuevas a través de las sierras calizas circundantes. Aunque estas tierras bajas tienen el aspecto de poljas, llanuras cársicas marginales u otras formas cóncavas de paisaje cársico tropical, (H. LEHMANN, K. KRÖMMELBEIN, W. LÖTSCHERT, 1956) se trata predominantemente de formas erosivas de las tierras bajas estructurales, debido a que se desarrollaron en estratos no-carbonatados débiles y resquebrajados y fuertemente meteorizados. La erosión diferencial separa de esos estratos los bloques carbonatados más pequeños aislados o paquetes de imbricación parciales en forma de cerros aislados o formas parecidas a lapiés.

Las elevaciones calizas mismas, en cambio, están siempre afectadas fuertemente por la carsificación. En lo alto de las amplias sierras se extiende una superficie corrosiva, intensamente quebrada con rasgos de carso cónico o de cúpula, constituida de numerosas lomas asimétricas (según el buzamiento de los estratos) de cimas redondeadas y acorazadas por costras de meteorización calcárea resistentes o capas de sinter exteriores. Las lomas están separadas por sistemas discontinuos de valles rocosos, permanentemente secos, con numerosos ponores, dolinas, abismos o furnias. Estos sistemas de valles carsificados terminan, por regla general, repentinamente en el borde superior de las pendientes marginales de la cresta. Frecuentemente ocurren profundas depresiones de tipo *cockpit* o pequeñas y profundas poljas con fondos sedimentarios llanos, denominadas «hoyos». El acceso a éstos es posible, en la mayoría de los casos, sólo a través de cuevas. En las amplias crestas calizas se hallan también numerosas poljas marginales interiores, algunas veces rellenas con lateritas transportadas. Las crestas calizas están atravesadas por grandes sistemas de cuevas de varios niveles, mientras las pendientes rocosas están perforadas por numerosos nichos que se originaron a lo largo de planos de estratificación. Al nivel de los fondos de las tierras bajas la base de los mogotes está socavada por «cuevas al pie». En los lugares de retroceso de las pendientes calizas, los márgenes de los fondos de las tierras están sembradas de puntas y crestas de lapiés. Algunas crestas están divididas por profundos cañones cársicos transversales (abras), una vez secos, otras veces con ríos superficiales. El agua subterránea se presenta a través del agrietamiento regional. Su superficie aparece más o menos a nivel del fondo de las tierras bajas erosivo-selectivas aledañas.

Estos paisajes ocurren especialmente en los estratos jurásico-cretácicos de la sierra de los Organos o en los estratos paleozoicos de las porciones centrales de las montañas de Trinidad-Sancti Spiritus, en las series jurásica, cretácea y paleógena del anticlinorio La Cordillera, (Alturas del Noroeste y del Noreste de Las Villas) o en los estratos cretáceos de la porción occidental de la sierra del Rosario.

En la sierra de los Organos se abren numerosísimas cavernas (tipo «Cuyaguaje») que atraviesan los mogotes de lado a lado. Son cuevas de origen fluvial y a veces se ven las galerías

subterráneas superpuestas formando impresionantes sistemas como el de la Gran Caverna de Santo Tomás, que tiene un desarrollo cartografiado de más de 25 km de largo.

A veces tales cuevas desembocan en poljas («hoyos») para después continuar por el farallón opuesto. Es evidente que las cuevas son anteriores a la génesis de los «hoyos»; éstos debieron formarse por la ampliación de las propias bóvedas subterráneas y su posterior derrumbe o por la profundización de las dolinas que se abren en las cúspides de los mogotes o ambos procesos a la vez.

b) *Carso de alturas constituidas por series sedimentarias de delgadas capas carbonatadas y no-carbonatadas, interestratificadas.*

Algunas secuencias de estratos, especialmente las del Cretácico, se destacan por su alternación de delgados estratos sedimentarios no-carbonatados y de carbonatos. Los estratos individuales muestran, en algunos lugares, transiciones abigarradas. La disolución de las calizas y la meteorización de los estratos no-carbonatados dan origen a formas erosivo-corrosivas y sufosivas complejas. Este paisaje cársico presenta un desarrollo típico, por ejemplo, en todas las fajas Sur y central de la sierra del Rosario, que está constituida de calizas, areniscas de grano fino y estratos de esquistos de edad Cretácico Inferior, complejamente plegados y fallados, heterogéneos y finamente interstratificados.

La superficie, fuertemente levantada y nivelada, está dividida por numerosas y extensas tierras bajas, mayormente longitudinales de tipo polja, en las cuales desembocan antiguos sistemas de valles relativamente someros y ya discontinuos. Algunas de esas tierras bajas están cortadas por profundos valles longitudinales y transversales con escalones de terrazas erosivas y ríos permanentes alimentados por numerosos manantiales cársicos. Otras tierras bajas están cerradas y no tienen sino ríos estacionales que desaparecen en ponores cubiertos. La superficie de las crestas interfluviales o de divisorias y tierras altas, está dominada por hileras o grupos de cerros triangulares con marcado nivel de cimas. Los antiguos valles se transformaron en hileras de profundas depresiones corrosivo-sufosivas, de forma de embudo, que captan todo el agua pluvial y la conducen al subsuelo. Por consiguiente, el drenaje superficial no se produce en esas superficies altas o sólo a distancias muy reducidas. La superficie está cubierta casi enteramente de productos de meteorización areno-arcillosos rojos que también bloquean la mayoría de las depresiones y las cuevas. El nivel de agua subterránea aparece, en dependencia de los estratos insolubles, a varias altitudes. Gruesos estratos calcáreos afloran en las pendientes, creando escalones rocosos, bordeados de extensas zonas de bloques o escombros.

Puesto que las profundas depresiones carso-sufosivas de forma de embudo, con estrechos tabiques de partición, son los fenómenos más destacados de esta región, el paisaje puede ser clasificado como tipo especial de carso *coçkpit*.

c) *Carso de alturas constituidas por las secuencias de estratos volcánico-intrusivos y carbonatados.*

Desde el punto de vista genético es análogo al carso que se desarrolló en las series volcánico-sedimentarias de plegamiento simple. Difiere sin embargo, de esto último principalmente por sus rasgos morfográficos ya que se presenta mayormente a comienzos de la fase de vejez del desarrollo geomórfico.

El carso de este subtipo ocupa una faja relativamente estrecha, de casi 500 km de largo, que representa el margen meridional del miogeosinclinal cubano, complejamente plegado, apretado y



FIGURA 17

Sumidero en el carso en peridotita de la sierra de Moa. Foto A.N.J.



FIGURA 18

Lapiés esculpido en la serpentina de las laderas de la sierra de Nipe o Pinares de Mayarí, próximo al caserío de Pinalito. Foto A.N.J.



FIGURA 20

Al Centro el *Valle del Ruisenor*, dolina abierta entre las calizas mesozoicas de la sierra de los Organos; al fondo se ve la sierra de Viñales con los típicos conos cársicos o mogotes. A la izquierda el *Valle de los Baños* o de la Guasasa y a la derecha el *Valle del Ancón*.
Foto aérea por A.N.J.

FIGURA 19

Al fondo, la sierra de Quemado y los mogotes de Isabel María de la formación "Viñales". En primer plano aparecen las lomas pizarrosas de la formación "San Cayetano". Entre ambas alineaciones se abre el valle de Santo Tomás, cuyo extremo Sur se ve parcialmente en esta fotografía, en el lugar donde ocurre el contacto de las calizas y las pizarras. Foto A.N.J.



FIGURA 21

Las sierras de Galeras y de Ancón, constituidas por la formación "Viñales" (Jurásico Superior); a la derecha (inferior) la sierra de Viñales. En el centro, la hondonada formada por las pequeñas alturas pizarrosas. Foto aérea tomada por A.N.J.



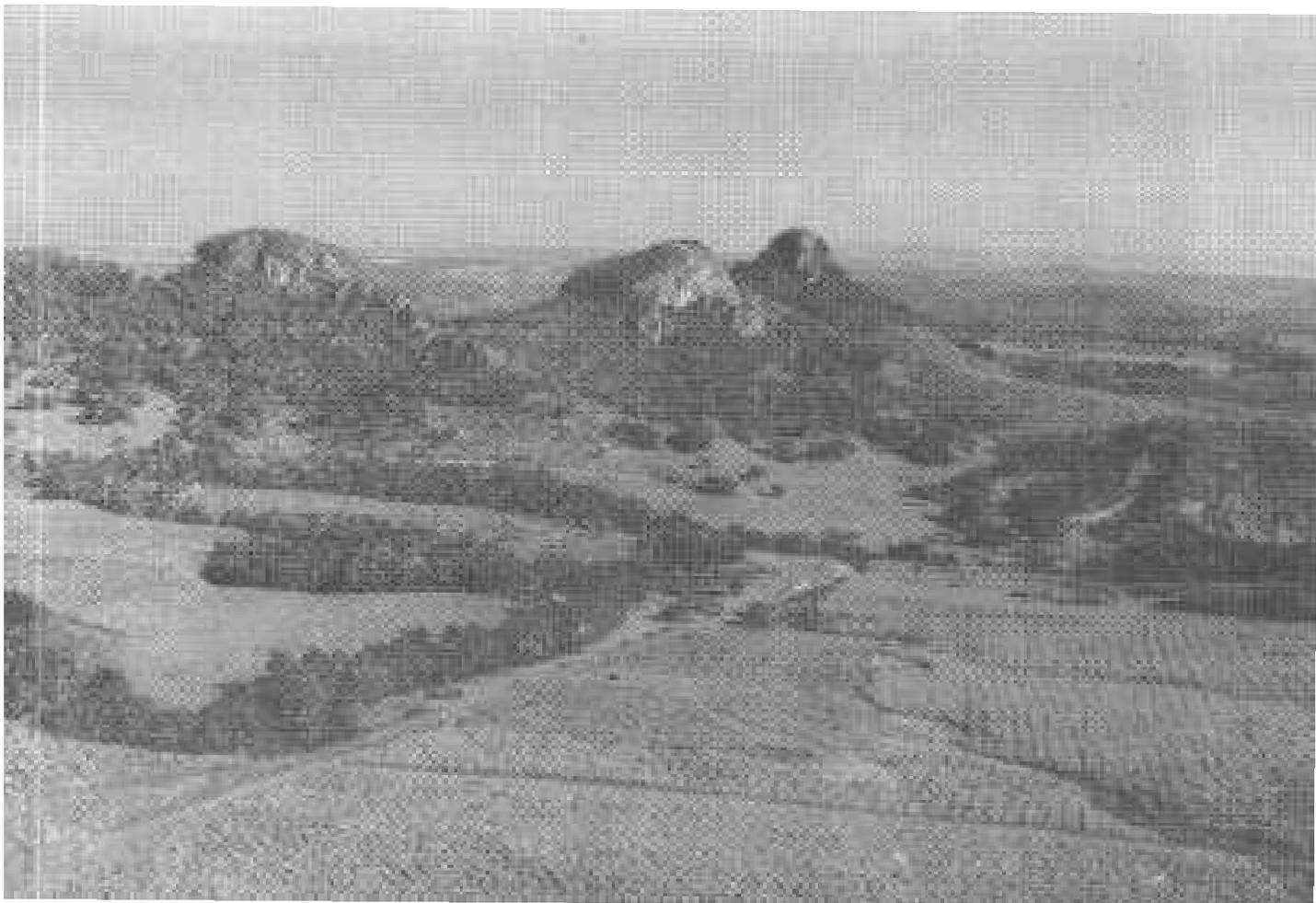


FIGURA 22

Cerros calizos cretácicos en Bariay, que descansan sobre serpentina, en el grupo de Maniabón. Foto aérea por A.N.J.

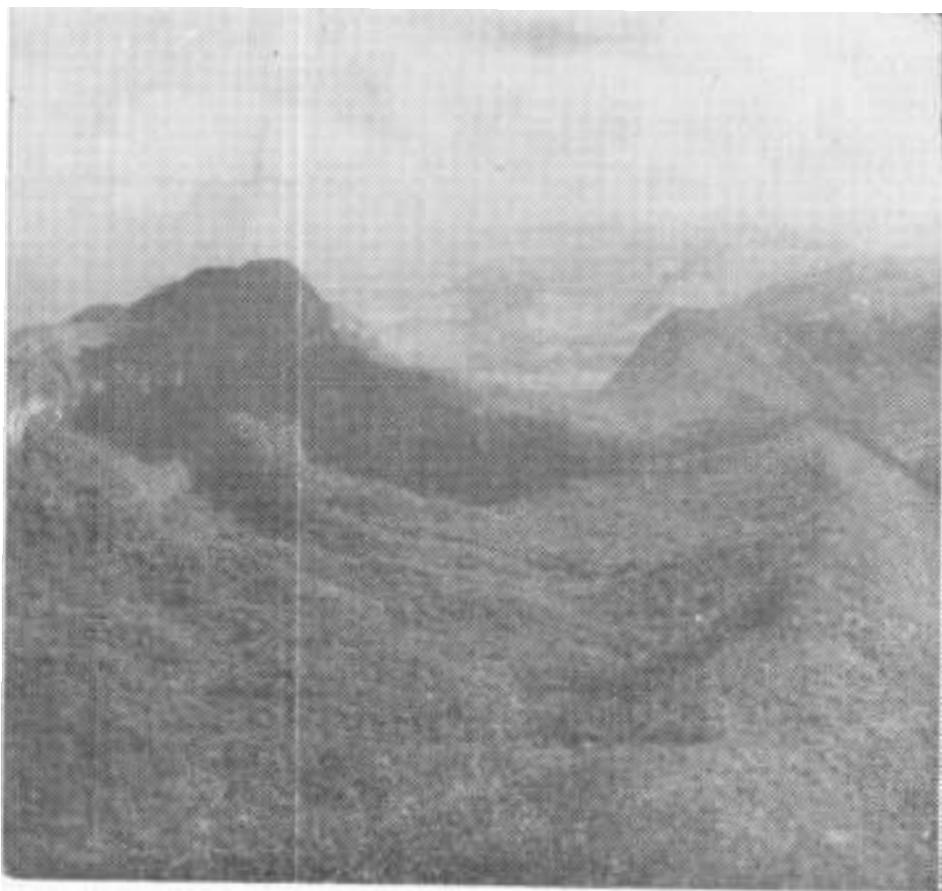


FIGURA 23

A la izquierda el Pan de Guajaibón de 728 m de altitud formado por calizas del Cretáceo Superior; a la derecha la sierra Chiquita. Foto aérea por A.N.J.

fallado por líneas longitudinales paralelas y que se encuentra en Cuba central y oriental, al lado septentrional de los anticlinorios de Cubanacán y de Camagüey. La faja consiste de calizas jurásicas superiores con lentes e interestratificaciones delgadas de cuarzo, de calizas cretácico-inferiores, estratificadas, con intercalaciones de cuarzo, de brechas calizas del Eoceno Medio y de otras rocas carbonatadas, que se cambian con capas de argilitas, aglomerados de "wildflysch", de tobas, lavas y serpentinitas (G. FAVRE, 1958, C. C. McFALL, 1958, N. E. GIEDT - O. E. SCHOOLER, 1959 y otros).

Las formas más atractivas de este sub-tipo las presenta el grupo montañoso de Maniabón entre Holguín y Gibara. La región es un extenso anticlinorio abovedado, secundariamente, constituido de series volcano-sedimentarias (caliza) del Cretáceo Superior las cuales penetran masas intrusivas serpentinizadas, a lo largo de profundas fallas longitudinales. Estas secuencias de estratos están plegadas, formando estrechos pliegues paralelos (A. L. KNIPPER, M. PUIG-RIFA, 1967). El anticlinorio ha sido casi reducido y nivelado por la erosión y en lugar de un paisaje montañoso, se extiende, sobre las serpentinitas lateritizadas, una superficie baja, ligeramente ondulada. Sobre esta superficie se destacan numerosos *monadnocks* (*catoctins*), formando hileras paralelas y curvadas. Las porciones inferiores de estas lomas están constituidas de volcanitas (andesitas y tobas andesíticas), creando pendientes levemente inclinadas que gradualmente descienden a la baja superficie aledaña, construida sobre serpentinitas. Las porciones superiores, sin embargo, consisten en estratos calcáreos, generalmente sinclinales o monoclinales, que sugieren una inversión de relieve en una fase de desarrollo muy avanzada. Por consiguiente, las porciones superiores de los *monadnocks* tienen pendientes marginales abruptas y cima suavemente redondeada, diseccionada por innumerables depresiones corroídas. Las abruptas pendientes calcáreas con débil base volcánica pierden fácilmente su estabilidad y se desintegran en numerosos bloques. En el contacto de calizas y rocas volcánicas aparecen algunos manantiales cársicos estacionales pero los extensos alrededores de los *monadnocks* drenan exclusivamente ríos superficiales.

Crestas y cerros de este tipo, compuestos de caliza metamorfoseada por el contacto, aparecen también en los estratos volcano-sedimentarios del Cretáceo Superior que constituyen el anticlinorium de Cubanacán, en el centro de Cuba.

Además, la superficie madura de este tipo se desarrolló en el grupo montañoso del Pan de Guajaibón, en la faja septentrional de la sierra del Rosario. La cresta más elevada de este grupo (728 m s.n.m.) que es el punto más alto del occidente de Cuba, está constituida de un inmenso panel de caliza casi vertical del Cretáceo Superior, recostado hacia el Sur contra series volcano-arcillosas con superficie montañosa más baja (Sierra Chiquita), y bordeada al Norte por tierras bajas que se extienden sobre las serpentinitas de la intrusión de la sierra de Cajalbana. Las porciones superiores de la cresta de caliza presentan profundas depresiones de corrosión, en tanto que las porciones marginales están invadidas por grandes sistemas de cuevas con ríos subterráneos. La pendiente carsificada septentrional, extraordinariamente abrupta, está cubierta de restos de productos de meteorización laterítica con concreciones limoníticas que provienen de rocas intrusivas.

d) *Carso de alturas constituidas por esquistos cristalinos calcáreos.*

Este sub-tipo cársico aparece en los flancos Norte y Sur de la gran estructura combada de las montañas de Trinidad-Sancti Spiritus.

Los rasgos básicos se manifiestan en la distribución irregular del componente carbonatado en estos esquistos cristalinos paleozoicos, así como en su carsificación e intensa desintegración mecánica a lo largo de los planos de esquistosidad. En consecuencia, las formas cársicas son partes integrales de la superficie fluvial. El paisaje alto, levantado, está diseccionado por densos sistemas de valles tributarios abruptamente inclinados que desembocan en profundos y amplios

valles principales que se convierten en valles ciegos o profundos cañones estrechos con fondos escalonados, cascadas y rápidos. Los valles ciegos se transforman en extensas poljas fluviales o «de valle» de fondo llano con gruesos rellenos sedimentarios. Estos sedimentos han sido cortados por profundos lechos de ríos actuales, acompañados de terrazas erosionales y acumulativas. Los ríos crean numerosos meandros y se pierden finalmente en las grandes cuevas que se abren en uno de los lados del valle, como es el caso del río Jibacoa, que se sumerge en las Trancas de Jibacoa por una gran caverna.

Las cuevas no siempre son capaces de drenar todo el agua entrante y en este caso las «poljas de valle» se convierten en lagos transitorios. Detrás de los ponores continúan las «poljas de valle», ya sea al mismo nivel, ya sea a un nivel más alto, dominado alrededor de los ponores por cerros aislados. En algunos lugares, las poljas fluviales están casi cerradas por tabiques rocosos transversales (abras), perforadas por sistemas de cuevas de varios niveles como ocurre en el abra que divide la «polja fluvial» de Veguita de la de Jibacoa, perforada por la alta cueva del Guanajo y otras.

Existen depresiones cerradas que se comunican con otras sólo a través de cuevas como es el caso del río Boquerones, que a poco de su resolladero vierte sus aguas en el río Jibacoa, que a su vez posteriormente se pierde en la citada cueva de las Trancas, es decir que estamos en presencia de una complicada red fluvial superficial-subterránea.

Un rasgo típico de este paisaje representan los grandes conos de deyección constituidos de escombros de esquistos desintegrados. Los manantiales cársicos, alimentados por el agua que desaparece en ponores, desembocan en valles de otras cuencas fluviales muy distantes o al pie de la montaña.

- e) *Carso de alturas constituidas por esquistos cristalinos no-carbonatados con bloques, intercalaciones y lentes aislados de mármoles.*

Este sub-tipo cársico comprende principalmente grandes bloques, gruesas intercalaciones o lentes de mármoles que ocurren en los esquistos cristalinos paleozoicos en la Isla de Pinos, restos de las partes caribeñas de las fajas tectónicas variscianas de la América Central.

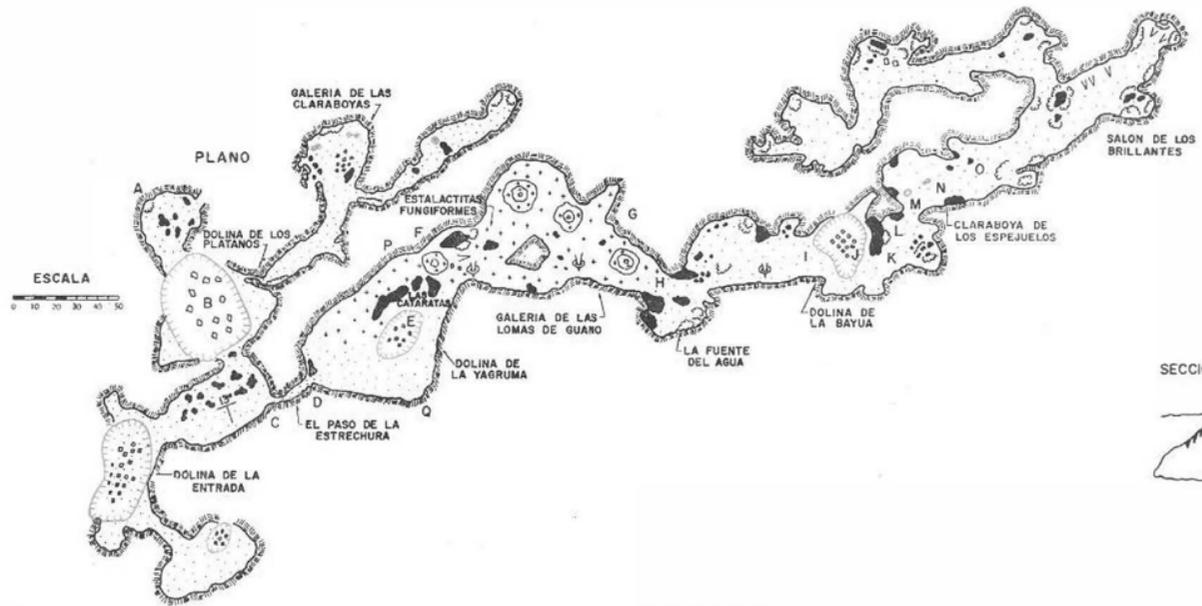
Las secuencias de estratos de Isla de Pinos, consideradas hasta hace poco por su composición litológica similar a los equivalentes intensamente metamorfoseados de las formaciones mesozoicas cubano occidentales (G. FURRAZOLA - BERMÚDEZ et al., 1964, V. E. KUMAN - R. R. GAVILÁN, 1965), están complejamente plegadas y falladas. Estilo del tectonismo, indican en algunos lugares estructuras de corrimientos, hasta ahora no bien determinados. Sin embargo ya está aclarado que las secuencias de estratos después de su plegamiento original y su alteración, fueron secundariamente combadas en forma de domos alargados, en cuyos núcleos afloran pequeños cuerpos intrusivos (peridotitas serpentinizadas, gabbros, granodioritas, pórfiros cuarzosos o diabasas. Los cuerpos representan probablemente partes individuales de la única intrusión polcíclica. En el Noroeste el complejo de los esquistos cristalinos está cubierto por los estratos volcano-sedimentarios cretácico superiores (porfiritas andesíticas, sus tobas, lavas en almohadas espiliticas, conglomerados de tobas y conglomerados de guijarros terrigenos o fragmentos de esquistos cristalinos, mármoles y cuarzo. En el Norte y Sur están las rocas paleozoicas cubiertas por las rocas carbonatadas neríticas y litorales del Plioceno y Cuaternario, en el Oeste y Este, inundadas por el mar somero, hasta considerable distancia de la línea costera presente.

Sobre los esquistos cristalinos no-carbonatados, meteorizados (caolinizados) hasta profundidades muy considerables (50-65 m), se extienden en varios niveles las superficies de planación del tipo pediplano antiguo. Su compleja red fluvial dendrítica refleja, por su distribución, los

CUEVA EL PIRATA

CAGUANES, YAGUAJAY, LAS VILLAS

CROQUIS POR A.-NUÑEZ JIMENEZ, NICASIO VIÑA Y ANGEL GRAÑA 1965



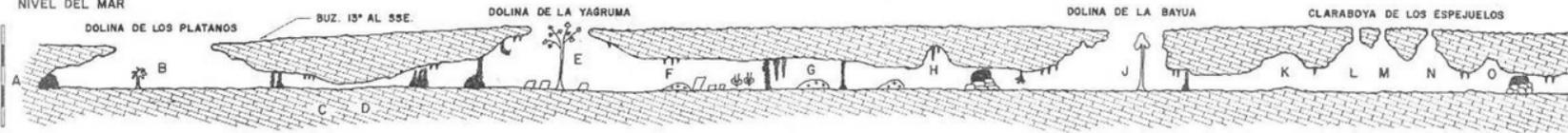
SECCION TRANSVERSAL P-Q



- | | |
|--|--|
| | |
| | |
| | |
| | |
| | |

ALTITUD SOBRE EL NIVEL DEL MAR

SECCION LONGITUDINAL



La cueva El Pirata pertenece al tipo genético "Caguanes" (de origen freático) abierta en calizas del Mioceno Medio. Símbolos: 1 — Pared de la cueva. 2 — Dolina o claraboya. 3 — Derrumbes. 4 — Estalactitas, estalagmitas etc. 5 — Estalactita fungiforme. 6 — "Represas". 7 — Peñediente. 8 — Guano de murciélago. 9 — Lomas de guano de murciélago. 10 — Tierra.

contornos de los domos casi aplanados, ya mencionados anteriormente. La superficie más baja se destaca por profundos valles enterrados o invadidos por el mar. Sobre las superficies de planación de niveles individuales se elevan crestas o lomas aisladas, por lo general monoclinales, constituidas por las intensamente silicificadas fajas de los esquistos cristalinos o por las diabasas y pórfiros cuarzosos. Sin embargo, las más altas y empinadas elevaciones de Isla de Pinos están constituidas por mármoles con capas basales de los esquistos cuarcíticos o carbonatados. Crestas y lomas aisladas de mármoles se elevan repentinamente en las partes septentrionales y orientales de la isla sobre los esquistos cristalinos paleozoicos; y en las partes meridionales, sobre las calizas plioceno-cuaternarias en forma de *mendips* de la llanura costera.

El origen de los macizos carbonatados aislados dentro de las secuencias de los esquistos cristalinos no-carbonatados no está hasta ahora muy claro. Los macizos pueden ser intercalaciones o lentes, pero también bloques tectónicos o *clippes* en las frentes de los corrimientos, que fueron denudados por erosión diferencial. Sin embargo, durante las exploraciones geomórficas (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ - V. PANOS - O. STELCL, 1967), fueron identificadas fajas de mármoles también fuera de las crestas y lomas aisladas. Estas fajas están todavía encerradas en los esquistos cristalinos no-carbonatados o cubiertas por productos caoliníticos de meteorización, por depósitos fluviales o por calizas neógeno-cuaternarias. Estos mármoles también han sido intensamente carsificados y los huecos y cavernas de este carso profundo contienen las reservas de agua potable más ricas de toda la isla. No se debe descartar la posibilidad de que estos huecos y cavidades puedan ser de origen hidrotermal.

Las crestas y lomas aisladas pueden ser —según su posición tectónica— como *monadnocks* o *clippes*, originadas de los macizos carbonatados liberados por erosión diferencial avanzada de los esquistos cristalinos no-carbonatados menos resistentes. Tanto la inclinación de los estratos como su distribución en forma de fajas arqueadas testifican de que son las más resistentes partes de las crestas de tipo *hogbacks*, pertenecientes a los mencionados domos individuales. Las partes no-carbonatadas de las mismas crestas han sido ya aplanadas y no se destacan en el relieve.

La superficie de esas crestas y cerros de mármol está diseccionada por profundas depresiones corrosionales, alineadas a lo largo de fallas paralelas diagonales. Las particiones rocosas entre las depresiones están generalmente desintegradas, formando un caos impenetrable de grandes bloques, o transformadas en las elevaciones cónicas o torrejones. Sus paredes, así como las abruptas y verticales pendientes marginales de las crestas y cerros, están cubiertos de profundos surcos corrosionales paralelos con intercrestas redondeadas, parecidas a los cañones de los Organos.

La carsificación, procediendo a lo largo de fallas y juntas, dio origen a la formación de inmensos sistemas de cuevas horizontales de varios niveles, rellenos con depósitos fósiles fluviales o marinos, frecuentemente consolidados. Los niveles superiores de las cavernas, como la cueva del Abono (tipo “Cuyaguaje”, en estado fósil) en la ladera oriental de la sierra de Casas, abierta a 36 m sobre el nivel actual del valle, corresponden a los niveles superiores de las superficies de planación que ya no existen en la vecindad inmediata de la sierra o que sólo están indicadas por *sillas*, desarrolladas en la misma sierra en las capas basales no-carbonatadas menos resistentes. Los sistemas de cuevas horizontales se comunican algunas veces por medio de furnias y chimeneas verticales o enormes salones, como se ve en una cueva del cerro de Santa Isabel. Las cuevas de nivel inferior están ocupadas por agua cársica subterránea (casi sin movimiento) y corresponden al nivel de los fondos enterrados de valles cercanos. Por consiguiente, aparecen muy por debajo de la superficie actual. Este es el caso de la cueva del Agua, situada por debajo del cerro de La Vigía, extremo septentrional de la sierra de Casas. Esta caverna está ocupada totalmente por un gran lago freático.