

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA
INSTITUTO DE GEOGRAFIA
Departamento de Espeleología

Serie Espeleológica y Carsológica

No. 2

Carsos de Cuba

Por
ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ,
VLADIMIR PANOS y
OTAKAR STELCL

La Habana, Octubre de 1968
Año del Guerrillero Heroico

•

I N D I C E

Nota	4
Introducción	5
Condiciones de la formación de los distintos carsos cubanos	5
Características geológicas y fisiográficas del relieve cubano	10
Tipos y subtipos de carsos cubanos de acuerdo con la estructura y la génesis	13
Tipo de carso de las llanuras costeras	15
Tipo de carso de las mesetas	24
Tipo de carso de alturas simplemente plegadas y falladas	25
Tipo de carso de alturas complejamente plegadas y falladas	30
Tipo de carso de domos diapíricos	36
Tipo de carso costero	38
Conclusiones	40
Bibliografía	45

NOTA

De acuerdo con los planes de colaboración científica entre las Academias de Ciencias de Cuba y Checoslovaquia, se han realizado en los últimos años estudios geográficos de nuestros paisajes cárnicos.

Deseamos rendir desde-aquí tributo de admiración a los carsólogos doctores Vladimir Panos y Otakar Stelcl, del Instituto de Geografía de Brno, de la Academia de Ciencias de Checoslovaquia, por el buen aporte que hicieron a nuestro desarrollo geográfico, por la generosidad que mostraron en su estancia entre nosotros, y por el espíritu de colaboración científica que siempre reinó en las expediciones que juntos emprendimos por gran parte de Cuba.

A la primera clasificación de los carsos de Cuba, realizada por el que esto escribe en sus Notas Geográficas y Geomorfológicas de Cuba() sigue ahora este trabajo en colaboración con los citados especialistas.*

Creemos oportuno aclarar aquí que en un trabajo en que se tocan tantos temas complejos de la geología y la geomorfología del país, no es posible llegar, en cada uno de los temas tocados, a acuerdos absolutamente totales entre los coautores, por lo que al pie de algunas páginas exponemos los pocos puntos donde hubo si no desacuerdos, al menos matices distintos en el enfoque de esos tópicos.

*Antonio Núñez Jiménez
Colaborador del Instituto de Geografía
de la Academia de Ciencias de Cuba.*

(*) NÚÑEZ JIMÉNEZ, ANTONIO. — *Geología de Cuba*, págs. 1 - 39, La Habana, Min. de Ind. Editora Nacional de Cuba, 1964.

CARSOS DE CUBA

Introducción

Extensas zonas del archipiélago cubano están formadas por rocas calcáreas de diferentes tipos y edades, en las que por varias circunstancias se originaron fenómenos cársicos multiformes. Algunos de éstos son de importancia científica mundial.

Una gran influencia sobre el desarrollo de los carsos de Cuba ha ejercido el clima tropical, principalmente por medio de la temperatura, la cantidad de lluvia y la distribución diurna y anual de las precipitaciones. Algunos fenómenos del paisaje cársico reflejan ciertos cambios climáticos que ocurrieron en Cuba en el pasado geológico, especialmente durante el Plioceno Superior y el Pleistoceno.

Sin embargo, la influencia del clima sobre la intensidad y la tendencia de los procesos cársicos ha sido modificada por muchos otros factores no climáticos hasta un grado tal que en el archipiélago cubano, bajo idénticas condiciones climáticas, se originaron y desarrollaron simultáneamente tipos distintos de carsos.

Condiciones de la formación de los distintos carsos cubanos

En los últimos tiempos, los geomorfólogos generalmente admiten que la influencia del clima sobre la formación del relieve es tan importante, que en ciertas zonas, de climamorfogénesis características, se forman tipos de relieves específicos, condicionados por el clima.

De acuerdo con esta opinión, H. LEHMANN (1936) aseguró ya hace años que el tipo específico del relieve cársico de las zonas tropicales, de humedad estacional y permanente, es el carso cónico o alguna de sus variedades. Poco a poco fue elaborando y puntualizando su opinión a base de observaciones que realizó en varias zonas intertropicales. Sus obras despertaron tanto interés, que aparecieron gran número de informes de otros autores que se referían a este tipo característico del relieve cársico de muchas partes del mundo. La concentración del interés sobre el carso cónico fue causa de que este relieve empezara a ser considerado no solamente como el específico sino hasta como el único tipo de carso de las zonas tropicales estacional o permanentemente húmedas.

Una atención mucho menor se dedicó a otros conjuntos de formas carsicas tropicales. Si algunos autores se fijaron en éstos, explicaban su formación por la influencia de las variedades regionales del presente clima tropical, por la influencia del diferente clima de las edades geológicas anteriores o por la de la distinta litología de las rocas carbonatadas carsificables. Algunos científicos, a pesar de reconocer los fundamentales principios de la geomorfología climática, consideran los distintos tipos del carso tropical como ciertas fases de evolución, volviendo así indirectamente a la concepción de la evolución cíclica, propagada por los autores más antiguos.

Sin embargo, la investigación compleja del carso cubano confirma indudablemente que el carso cónico no es el único ni el más corriente entre los conjuntos de formas cársicas de esta parte Noroeste de la zona tropical climamorfogénica antillana de humedad estacional (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ, 1964, A. NÚÑEZ JIMÉNEZ - V. PANOS - O. STELCL, 1965, V. PANOS - O. STELCL, 1967, M. A. ITURRALDE - VINENT, 1967). La evolución del carso se realiza tanto en la superficie como en el subsuelo, de modo muy diferenciado, de manera que en un territorio relativamente pequeño, y casi homogéneo desde el punto de vista climatológico, surge toda una serie de diferentes tipos y subtipos de carso.

El clima tropical estacionalmente húmedo de Cuba y de las islas adyacentes del archipiélago cubano se destaca por ciertos rasgos de continentalidad, sobre todo en lo que se refiere a la isla principal. Estos se manifiestan, por ejemplo, por la mayor amplitud de las temperaturas diurnas y nocturnas en el interior, por el traslado de las temperaturas máximas de Agosto a Junio, por el carácter de los vientos del litoral, etc. La influencia general de este clima sobre el desarrollo del carso se realiza sobre todo por medio de altas temperaturas, la cantidad de precipitaciones, su carácter y su distribución diurna y anual, y parcialmente también por medio de los vientos predominantes. La influencia simultánea de todos estos componentes del clima da lugar al surgimiento de algunos fenómenos que tienen gran importancia en la evolución del relieve cársico, pero a los que no se ha dedicado hasta ahora la atención necesaria.

Según la nueva evaluación del material climatológico recogido en Cuba (F. F. DAVITAJA - I. I. TRUSOV, 1965), el curso anual de temperatura es típico de la zona tropical. La temperatura media del mes más frío (Enero) es de 20 grados centígrados, la del mes más caliente (Agosto y en algunas partes de Junio) 29 grados y en algunas partes todavía más alta. Las temperaturas máximas absolutas son 33-38 grados, las mínimas 5-14 grados centígrados.

La temperatura media del mes de Enero, en invierno, oscila entre 14 y 24 grados centígrados como en el Pico Turquino de la Sierra Maestra, que es el más alto de Cuba con sus 1973 metros sobre el nivel del mar. En el invierno, el interior de la Isla de Cuba es un poco más frío, manifestándose en la costa la influencia de las dos corrientes marítimas calientes que lavan la costa formando la corriente del Golfo. En estas corrientes, la temperatura del agua en la superficie alcanza 26-27 grados en el invierno y hasta 28 grados en el verano. Así, en el invierno los lugares más calientes son la costa oriental de Cuba, la cuenca de Guantánamo y las pequeñas islas del mar Caribe. Los lugares más fríos se encuentran en las partes septentrionales de Cuba occidental. En la primavera (Abril) la temperatura oscila entre 15 grados y 25 grados centígrados (Pico Turquino). En los meses siguientes de primavera la temperatura se estabiliza en 25-26 grados en todo el territorio (con excepción de las partes septentrionales de Cuba occidental). En el verano (Junio), la temperatura media de Cuba es de 27-28 grados (en algunos lugares hasta casi 29 grados), pero en las altas montañas no alcanza 17 grados. En el otoño (Octubre), en las altas montañas tampoco alcanza 17 grados, pero en las demás regiones sobrepasa hasta 27 grados. En el otoño, los lugares más calientes son la costa septentrional de Cuba central y oriental, la cuenca de Guantánamo y las islas del mar Caribe.

El curso anual de precipitaciones tiene en Cuba su máximo de verano y su mínimo de invierno, de manera que se parece en total a la situación típica de toda la América Central. Sin embargo, el total anual de precipitaciones varía en el tiempo y en el espacio.

La cantidad de precipitaciones aumenta en dirección hacia el interior, y además en dirección desde el oriente hacia el occidente, así como con la creciente altura sobre el nivel del mar. En la llanura costera meridional de Pinar del Río, las precipitaciones anuales alcanzan de 1100 a 1450 mm; en la zona de unos 100 metros sobre el nivel del mar hasta 1600 mm. En las regiones montañosas (el más alto es el Pan de Guajaibón, con sus 728 metros), las precipitaciones medias alcanzan 1700 mm (en las alturas de 200-250 m, oscilando entre 1850 y 1870 mm) en la zona de 600 m y alturas más grandes. En la península de Guanahacabibes, extremo occidental de la Isla de Cuba, las precipitaciones anuales alcanzan 1200-1380 milímetros. En la Llanura Cársica Meridional, de las provincias de La Habana y Matanzas, el total anual de precipitaciones es de 1200-1600 mm (en la faja costera un poco menos). Por el contrario, en las Alturas de Bejucal, las precipitaciones anuales alcanzan 1700 mm, y en la península de Zapata, pantanosa y llana, 1500-1600 mm. En la Cuba central, provincia de Las Villas, el promedio anual de precipitaciones,

fuera de las regiones montañosas, es de 1200-1400 mm. En las montañas de la sierra de Trinidad-Sancti Spiritus, el más alto es el pico de San Juan con sus 1156 metros, las precipitaciones anuales alcanzan ya 1800 mm a la altura de unos 300 metros, y cerca de 1950 hasta 2060 mm en la zona de 700-750 metros sobre el nivel del mar. En alturas mayores, el aumento es ya relativamente pequeño. En la provincia de Camagüey, el total anual de precipitaciones alcanza 1400 mm, en un pequeño territorio al Sur de la ciudad de Camagüey, hasta 1600 mm. En la parte occidental de la provincia de Oriente, en la llanura aluvial del río Cauto, el total anual de precipitaciones alcanza solamente 1000 mm. En las demás partes de la misma provincia, los totales anuales de precipitaciones son bastante variados, lo que puede explicarse por su relieve bastante quebrado. A lo largo de la costa meridional, entre la punta de Maisí y la bahía de Guantánamo, se encuentra una faja estrecha de terreno al Sur del grupo orográfico de Sagua-Baracoa, que se cuenta entre las partes más secas de Cuba. Las precipitaciones apenas alcanzan 700-800 mm anuales. Por falta de precipitaciones y por la gran evaporación, este terreno es de un carácter semidesértico. Igualmente seca es también la costa situada entre Guantánamo y cabo Cruz (800-1200 mm). Las montañas de Cuba oriental (Sierra Maestra, grupo de Sagua-Baracoa, y sierra de Nipe) tienen sus cantidades particulares de precipitaciones. Con el gradiente desigual de altura (50-100 mm a cada 100 m de altura), las pendientes situadas al Norte o Nordeste (expuestas al alisio del Nordeste) reciben cantidades mucho mayores de precipitaciones que las demás pendientes de dichas sierras. En las pequeñas islas, situadas a lo largo de la costa septentrional de Cuba Central y Oriental, el total anual de precipitaciones alcanza solamente 700-1000 mm, en la Isla de Pinos, la segunda del archipiélago cubano en extensión, 1100-1200 mm en la zona costera, y hasta 1400 mm en las partes más elevadas del interior de la isla.

Sin tomar en cuenta algunas anomalías locales, se manifiestan dos temporadas en el curso anual de precipitaciones, la de sequía y la de lluvias. La temporada de lluvias tiene lugar entre los meses de Mayo y Octubre (a veces Noviembre) y, con la excepción del Nordeste de Cuba, se manifiesta en todo el territorio. En el Nordeste, el curso anual de precipitaciones es casi contrario, teniendo lugar de Septiembre a Febrero. En las partes septentrionales de Cuba occidental, en las provincias de Pinar del Río, La Habana y Matanzas, las precipitaciones alcanzan en la temporada de lluvias 70-75% de su total anual, en Cuba Central, provincia de Las Villas, hasta 77%, mientras que en la provincia de Camagüey 64-76% (en algunas partes de esta provincia hasta 78-80%). También en Cuba Oriental, provincia de Oriente, predominan lluvias en el verano, pero en el Nordeste las precipitaciones alcanzan solamente 40-50% de su total.

Cierta cantidad de precipitaciones cae también en la temporada de sequía. En los meses de invierno penetran a Cuba occidental y central masas frías de aire, procedentes del continente norteamericano, produciendo gran nebulosidad y lluvias. En el verano, al contrario, la influencia del anticiclón del Atlántico del Norte se manifiesta a veces con tanta fuerza, que es causa de grandes y largas sequías. Por otra parte, el ciclón ecuatorial es causa de que a Cuba penetren masas de aire húmedo ecuatorial, produciendo fuertes aguaceros y tempestades, típicas del verano. En los meses de Septiembre y Octubre, a veces también en Junio, Julio, Agosto y Noviembre, y muy raras veces también en Mayo, Diciembre y Enero, penetran a Cuba ciclones tropicales, o huracanes. A su paso, pueden caer hasta 2,000 mm de precipitaciones, es decir, la cantidad que sobrepasa el total medio anual (M. RODRÍGUEZ RAMÍREZ, 1967). Fuertes lluvias son causadas también por la desproporción en el calentamiento del mar y de la tierra, que se produce, por ejemplo, en el comienzo del verano, al disminuir la circulación de alisios. Se calienta mucho sobre todo la superficie de Cuba central y occidental, así como las masas de aire correspondientes, producién-

dose fuertes aguaceros con los cuales comienza la época de lluvias. En el Nordeste de Cuba oriental, este fenómeno aparece solamente en medio del verano.

Entre otros componentes del clima, es el carácter de las precipitaciones y su distribución en el día el que ejerce una influencia considerable sobre la evolución del relieve cársico. La parte preponderante de precipitaciones cae en Cuba en forma de fuertes aguaceros relativamente cortos, acompañados de tempestades. Generalmente aparecen en las primeras horas de la tarde. Terminados los chubascos, el cielo se despeja pronto y como el Sol está todavía muy alto, se produce una evaporación de gran intensidad. F. F. DAVITAJA - I. I. TRUSOV (1965) afirman que, teóricamente, se evaporan en las llanuras de Cuba unos 900-950 mm anuales, de manera que en la provincia de La Habana, donde el total de precipitaciones es de 1400 mm, quedan 500 mm para el escurrimiento. En la provincia de Camagüey, el promedio anual de precipitaciones alcanza, en las cuencas de los ríos que desembocan en el mar Caribe unos 1350 mm, y la evaporación se calcula en unos 950 mm, quedando así unos 400 mm para el escurrimiento. En las cuencas de los ríos que desembocan en el océano Atlántico, caen unos 1250 mm de precipitaciones al año, de manera que con la evaporación supuesta de 950 mm quedan solamente 300 mm para el escurrimiento. Naturalmente, las cantidades relativamente bajas del escurrimiento son motivadas también por la posición baja de las grandes partes del territorio estudiado.

También el viento, sobre todo el de direcciones predominantes, constituye uno de los factores importantes que ejercen influencia sobre los procesos cársicos. En Cuba se trata sobre todo de los alisios que, según T. W. CHAMBERLIN (1937), actúan entre los meses de Mayo y Septiembre desde el Nordeste y de Noviembre a Abril desde el Este. Es cierto que durante las lluvias suministran mayor humedad a las vertientes expuestas al viento, pero cuando hace Sol, las secan más que las vertientes opuestas. Análoga es la influencia de los vientos costeros en el litoral.

Durante los estudios comparativos del carso en distintas partes de Cuba, no se observó que la influencia de las anomalías regionales mencionadas del clima cubano se manifestaran en la distinta morfología del relieve cársico respectivo. Desde el punto de vista climatológico y climageomorfológico, Cuba, con sus islas adyacentes, puede considerarse por eso como una región climamorfogenética bastante homogénea, cuyo clima tropical de humedad estacional es bastante húmedo para fomentar el desarrollo intenso de los fenómenos cársicos.

Generalmente se supone que la evolución intensiva del carso en las zonas tropicales está motivada por la vegetación tropical exuberante que produce cantidades tan grandes de CO₂, que eliminan la influencia negativa de altas temperaturas sobre las reacciones químicas de las aguas de precipitaciones en las rocas carbonatadas (H. LEHMANN - K. KRÖMMELBEIN - W. LÖTSCHERT, 1956, y otros). Durante la investigación compleja del carso cubano (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ - V. PANOS - O. STELCL, 1965, F. NEMEC, - V. PANOS - O. STELCL, 1967) y casi simultáneamente en la investigación del carso de Puerto Rico (W. H. MONROE, 1964), se verificó que la solución de las rocas carbonatadas no tiene la misma intensidad en todas las partes de la región climamorfogenética tropical de humedad estacional, como se juzgó hasta ahora, y que en este tipo de clima aparecen fenómenos que se consideraban hasta nuestros días como específicos del clima semiárido o árido. En ello consiste probablemente la principal diferencia entre este tipo de clima y el clima tropical de humedad permanente. La influencia simultánea de temperaturas, distribución diurna y anual de precipitaciones, su carácter pasajero o torrencial, insolación, evaporación y, parcialmente, del viento, es causa de que se humedezca y se deseque alternativamente la superficie de las rocas carbonatadas. En las superficies expuestas surgen así duras y resistentes costras carbonatadas de meteorización y cubiertas líticas, cuya potencia depende de varios factores geológicos y fisiográficos, sobre todo de la porosidad de las rocas carbonatadas, así como de la posición del



FIGURA 1

Llanura cársica de Guanahacabibes, en el extremo occidental de Cuba.

El bosque arraiga entre el afilado lapiés o *diente de perro*, accidente cársico que constituye lo más característico del paisaje de este llano costero recientemente emergido. Foto A.N.J.



FIGURA 2

Dolina lacustre del Valle de San Juan, en la llanura cársica de Guanahacabibes.

Tiene 25 m de profundidad y 100 m de diámetro. Foto A.N.J.

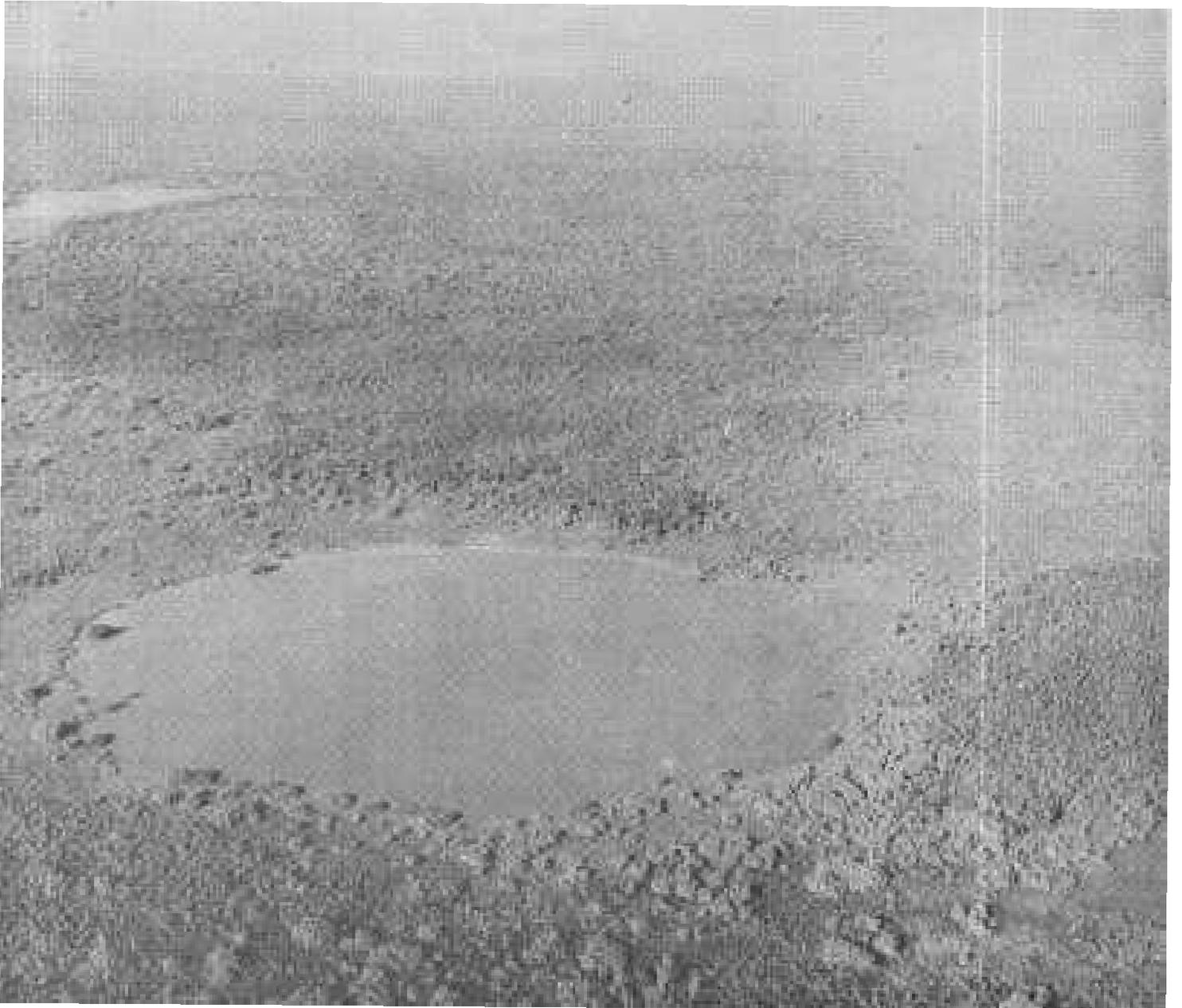


FIGURA 3

Vista aérea de la laguna de Lugones, una antigua dolina cubierta por pantanos, en la península de Guanahacabibes.

Foto A.N.J.



FIGURA 4

Cueva del Agua, en El Veral, Guanahacabibes. Este cenote se abre en el fondo de una dolina. El abastecimiento de agua en esta llanura cársica recientemente emergida se realiza a través de pequeños lagos subterráneos. Foto A.N.J.

nivel de base (nivel del agua subterránea). Sin embargo, estas costras y cubiertas líticas duras no se forman en las rocas carbonatadas, cubiertas de capas sedimentarias, porque allí falta la evaporación. Además, durante el estudio de este fenómeno en Cuba se confirmó lo que ya se sabía (E. C. MOHR - F. A. VAN BAREN, 1954, H. SCHOELLER, 1952, W. H. MONROE, 1964 y otros) sobre las aguas de precipitaciones que, al pasar por los sedimentos permeables, se enriquecen mucho del anhídrido carbónico, volviendo a ser agresivas otra vez. Se verificó que después de pasar por la capa de 15 cm de suelos rojos arenoso-arcillosos y poco húmidos, que constituyen cubiertas típicas de las calizas miocenas en las llanuras de Cuba occidental, el agua de lluvia tuvo el quintuple de CO_2 disuelto y la cantidad casi doble de CO_2 libre y agresivo, en comparación con las cantidades verificadas al caer la lluvia sobre la superficie de los sedimentos (la temperatura era la misma). En los suelos muy húmidos hasta turbosos, que se encuentran con frecuencia en marismas, cuencas pantanosas, depresiones cársicas y en las grietas ensanchadas, el aumento de la cantidad de CO_2 en las aguas infiltradas es, desde luego, todavía más grande. Causa de ello no es solamente la respiración de las raíces de la vegetación tropical, sino también los procesos que tienen lugar en las bacterias y otros organismos, así como la amonificación, nitrificación y oxidación (V. PANOS - O. STELCL, 1967). La consecuencia directa de estos procesos es la solución intensa y la reducción de la superficie de las rocas carbonatadas debajo de las capas sedimentarias permeables de potencia reducida.

El hecho de que debajo de estas capas se produce la solución mucho más intensa y eficiente de las rocas carbonatadas en comparación con las superficies expuestas, que además son protegidas por cubiertas de sinter y costras de meteorización duras y resistentes, es de suma importancia en la explicación de la evolución del relieve cársico específico de la zona tropical estacionalmente húmeda.

Toda una serie de factores geológicos y fisiográficos es causa de que en las principales formas construidas del relieve cubano alternan superficies de caliza expuestas y cubiertas. Es que el carácter torrencial de las precipitaciones fomenta el lavado intenso de las cubiertas sedimentarias alógenas y autóctonas desde las partes altas del relieve, y su deposición en las partes bajas. Las cubiertas expuestas, protegidas por capas y costras de meteorización resistentes, sufren sólo lentamente los efectos químicos de las aguas de precipitaciones, manteniendo por ello sus formas, mientras que los fondos de las tierras bajas de toda clase, cubiertos de sedimentos permeables, se reducen rápidamente. Estas circunstancias naturalmente son causa de que las diferencias relativas de altura crecen en dependencia directa de la posición del nivel de base y de la estructura de rocas (cohesión) carbonatadas.

De ello se desprende también que una vez denudada cierta parte alta de la superficie de rocas carbonatadas, es muy difícil que en las condiciones del clima tropical estacionalmente húmedo se forme sobre ella una nueva capa potente de productos de meteorización, porque lo impide la existencia de costras de meteorización poco solubles. Como al mismo tiempo se produce también el transporte de los productos de meteorización, lavados a las tierras bajas, más allá hacia numerosos sumideros y huecos subterráneos, las pérdidas de reservas de suelo alcanzan cantidades extremas (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ - V. PANOS - O. STELCL, 1965, V. PANOS - O. STELCL, 1967).

La existencia de dos o tres generaciones de costras carbonatadas de meteorización en algunas superficies, el carácter distinto de los perfiles de suelo, y algunas características del relieve cársico, demuestran que en ciertas épocas geológicas en el pasado, el clima de la región cubana era diferente del actual. La existencia de distintos tipos geomorfológicos de carsos en una región relativamente pequeña y de condiciones climáticas más o menos iguales, demuestra indudablemente que la influencia descrita del clima tropical actual de humedad estacional sobre la velocidad,

intensidad y tendencia de los procesos carsícos es modificada y determinada por toda una serie de otros factores, que se pueden dividir entre los geológicos y los fisiográficos.

Entre los factores geológicos tenemos sobre todo la posición estratigráfica de las capas carbonatadas en relación con las no-carbonatadas, su espesor, sus propiedades estructurales y litológicas, sobre todo el grado de consolidación, la porosidad, la estratificación y la composición química, que participan en la evolución diferenciada del carso en Cuba y en las islas adyacentes. De gran importancia son también el estilo, la velocidad y la frecuencia de los movimientos tectónicos, así como el tipo y la intensidad de fisuración y agrietamiento de las rocas.

A los factores fisiográficos de mayor importancia pertenecen sobre todo la relación de las rocas carbonatadas a ciertas macroformas construidas (iniciales) de relieve, su posición en relación con la del nivel de base erosional, la duración de las fases particulares de la evolución geomorfológica, las fluctuaciones isostáticas y eustáticas del nivel del mar y los cambios y procesos relacionados con ellos, la función protectora de costras de meteorización duras carbonatadas, silíceas o metálicas, la presencia de distintos tipos de cubiertas sedimentarias y, finalmente, el manto vegetal.

Características geológicas y fisiográficas del relieve cubano

La estructura geológica del archipiélago cubano consiste esencialmente en unidades tectónicas de tres generaciones básicas. Cada una de ellas está construida de sedimentos carbonatados y no carbonatados así como las dos unidades más antiguas también de rocas intrusivas y extrusivas-sedimentarias (calcáreas). Dichas rocas se desarrollaron mayormente en forma de secuencias heterogéneas de estratos con capas de espesor variable.

Las rocas pre-jurásicas (probablemente triásicas, paleozoicas y hasta pre-cámbricas), con intensa metamorfosis, constituyen restos de unidades tectónicas de fajas orogénicas variscianas que se desvían desde el Sur de México y el Norte de Guatemala y desde las Honduras Británicas hacia el Este en dirección del Arco Insular Antillano actual.

Las rocas del Jurásico hasta el Eoceno Inferior-Medio, parcialmente sometidas a una débil metamorfosis de contacto, constituyen las unidades tectónicas del geosinclinal cubano larámico, cuyos alineamientos reflejan, hasta cierto grado, indicios de fajas orogénicas variscianas.

Unidades tectónicas de ambas generaciones se distinguen por la presencia de grandes y pequeños cuerpos intrusivos, al igual que de potentes capas sedimentarias extrusivas, de plegamiento inarmónico de secuencias heterogéneas de estratos y de estructuras complejas imbricadas, causadas por corrimiento o parcialmente también por sobrecorrimiento, por fallamiento profundo, a menudo, rejuvenecido, de disposición longitudinal y transversal y, finalmente, por las ondulaciones y combaduras postorogénicas. Estas características básicas se reflejan en el alineamiento en forma de arco y fajas de las macroestructuras en direcciones sub-latitudinales, en la disposición en forma de *coulises* y, por último, en los planos de base elíptica o circular, a menudo con cabezas branquianticlinales.

Las unidades tectónicas de la generación más joven, la tercera, consisten de sedimentos del Eoceno Superior, Oligoceno, Mioceno, Plioceno y Cuaternario, mayormente neríticos que bordean y cubren parcialmente las unidades tectónicas de generaciones anteriores, se unen de este modo para formar la macroestructura uniforme del archipiélago cubano. Estas rocas no están ni metamorfosadas ni plegadas, aunque sí intensamente combadas en algunos lugares. El buzamiento relativamente ligero, pero variable, de los estratos decrece generalmente en dirección al mar, con creciente distancia de grandes fallas radiales y zonas marginales de unidades tectónicas más antiguas. Las secuencias individuales de estratos exhiben una superposición regresiva más bien com-

pleja, ocultada por sedimentos transgresivos cuaternarios cerca de la costa actual. Estos fenómenos así como numerosos cambios de facies demuestran que las combaduras, las ondulaciones y los movimientos radiales de los bloques de grandes parámetros se repiten constantemente a lo largo de algunas profundas fallas rejuvenecidas durante y después del depósito. Estos movimientos que reflejan varias fases de la actividad tectónica postlarámica en las macroestructuras más antiguas formaron sucesivamente el bloque de la Isla de Cuba y de las otras islas del archipiélago cubano, dejando estampadas en ellos las actuales características geomórficas básicas.

Se supone que este bloque de rocas heterogéneas, extendido de Oeste a Este y arqueado hacia el Norte, representa el resto de un gran promontorio terciario del continente americano. Porciones inestables del bloque se sumergieron y emergieron irregularmente del mar. Hacia fines del Plioceno y durante el Pleistoceno, algunas porciones marginales se habían hundido considerablemente y convertido en partes exteriores de cuencas y fosas del Mediterráneo Americano. A consecuencia de eso, la faja de tierra emergida entre el golfo de México y el Mar Caribe quedó separada del continente centroamericano en la región del Canal de Yucatán y llegó a ser la unidad aislada actual del segmento occidental del Arco Insular Antillano.^(*) El ahondamiento joven, así como el ascenso glaci-eustático del nivel del mar a fines del Pleistoceno, causaron inundaciones someras de porciones considerables de esta unidad. Las regiones inundadas se encuentran hasta ahora en condiciones similares a la del Gran Banco de Bahamas y de la plataforma sumergida de la Florida y de Yucatán. Sólo algunas macroestructuras combadas de generaciones más antiguas o sus componentes o estrechas fajas adyacentes de las estructuras más jóvenes permanecieron sobre el nivel del mar, representando hoy en día la Isla de Cuba y las islas o islotes vecinales del archipiélago cubano.

En el curso del desarrollo geomórfico, las estructuras combadas más antiguas fueron denudadas hasta donde habían estado cubiertas por sedimentos más jóvenes, y junto con estructuras descubiertas, fueron profundamente diseccionadas, reducidas y niveladas por la erosión fluvial o marina. Puesto que generalmente consisten en secuencias heterogéneas de rocas, ofrecieron una resistencia desigual a la meteorización y erosión, presentando un paisaje de destrucción con numerosos *monadnocks* irguiéndose repentinamente sobre las multiformes alturas o sobre las superficies de allanamiento de extensión variada, regularmente onduladas y ligeramente inclinadas. El paisaje originado sobre las estructuras jóvenes es de poca elevación sobre el nivel del mar y sólo exhibe altitudes relativas pequeñas, condicionadas por cambios estructurales y litológicos o por levantamientos locales y ondulaciones. Generalmente las macroestructuras combadas se convirtieron en lomas y paisajes ondulados, en tanto que las estructuras más jóvenes se transformaron en llanuras combadas, parcialmente inundadas, como la «Llanura Cárstica Meridional» situada al Sur de La Habana y Matanzas.

Las rocas calizas son las más resistentes de las que constituyen las macroformas constructivas de todas las generaciones. En cambio, varios esquistos cristalinos, lutitas, pizarras, areniscas y casi todas las rocas extrusivas e intrusivas frecuentemente serpentinizadas, constituyen los miembros menos resistentes de estas secuencias. Sin embargo, la resistencia de las calizas es, en los detalles, más bien diferenciada debido a características estructurales variables y a la presencia de duras cortezas carbonatadas de meteorización que se forman en las superficies calcáreas expuestas y que, siendo más bien potentes y resistentes a la disolución, preservan los carbonatos subyacentes de la desintegración y reducción. La formación de las cortezas carbonatadas y otras capas líticas o metálicas de meteorización es el resultado de la evaporación intensa de las soluciones saturadas ascendentes por capilaridad a superficies expuestas a los rayos solares. De este modo, en lugares en que la

(*) Opinión de PANOS y STELCL no sustentada por el coautor NÚÑEZ JIMÉNEZ.

insolación y la evaporación no pueden realizarse, por ejemplo a la sombra de bosques o debajo de cubiertas sedimentarias, las cortezas de meteorización no se desarrollan. Por eso mismo las superficies calcáreas que están cubiertas de productos de meteorización permeables o de sedimentos de origen diferente no presentan cortezas a causa de falta de evaporación y el ascenso capilar de soluciones saturadas. Por otra parte, en los mantos sedimentarios y de meteorización permeables debido a los procesos bioquímicos, aumenta rápidamente la capacidad del agua pluvial para disolver los carbonatos subyacentes.

Debido a esas circunstancias, las altitudes relativas se desarrollaron con gran rapidez en las regiones carbonatadas. Por consiguiente, estos fenómenos coadyuvaron considerablemente en el origen y desarrollo de formas de paisaje peculiares, positivas y negativas, del trópico estacionalmente húmedo de Cuba, que están presentes en las fases de desarrollo geomórfico más avanzadas, como son los famosos mogotes o conos cársicos y otras formas similares. Sin embargo las formas similares se originaron también en secuencias heterogéneas de estratos carbonatados y no-carbonatados donde la erosión diferencial aísla los *monadnocks* calcáreos de los menos resistentes estratos no calcáreos. Por consiguiente, se trata aquí no de formas de origen cársico, sino de origen de erosión diferencial, aunque esas formas están muy carsificadas.

Así pues, existen en los paisajes de Cuba varias fajas paralelas o ligeramente divergentes, rectilíneas o arqueadas, de crestas monoclinales de *hogbacks* (como las alturas calizas del Norte de Las Villas y Camagüey), cuestras (como las existentes entre San Miguel de los Baños y Coliseo), cuesta-puentes, restos erosivo-corrosivos de antiguas cuestras diseccionadas (como en la ladera Norte de la sierra de Jaruco en La Habana), mesetas (como la del Guaso en Guantánamo), cerros de cimas planas o *buttes* (como Daiquirí, en la costa Sur de Oriente), y *mendips* (como Cerro Caudal, en Isla de Pinos) con picos redondeados o planos. Estas formas positivas están limitadas por declives estructurales, de falla o de línea de falla, generalmente abruptos. Las porciones de paisaje negativo y bajo están representadas principalmente por superficies planas extensas con cuestras bajas y levantamientos de las llanuras costeras onduladas, tierras bajas subsecuentes, alargadas, rectilíneas o arqueadas, periféricas o internas y por grandes pedimentos ligeramente inclinados que son particularmente característicos en las regiones de superficies de rocas intrusivas, cristalinas u otras superficies de rocas menos resistentes, extendidas sobre los núcleos anticlinales expuestos que se encuentran en una fase avanzada de desarrollo geomórfico.

Todo el paisaje presenta una red típica de valles, a menudo fosilizada; esa red refleja alineamientos estructurales de macroformas constructivas. Los niveles de las cimas, las pendientes escalonadas, los pedimentos y terrazas en las tierras bajas representan sistemas de superficies erosionales o acumulativas oligocenas, neógenas y cuaternarias. Los márgenes marítimos de las estructuras combadas o llanuras costeras levantadas están bordeados de numerosas terrazas marinas o por arrecifes coralinos o algáceos, en forma de franjas o de barreras o por bancos de arena o dunas litorales, deltas y grandes pantanos que se extienden entre las porciones sumergidas y emergidas de la llanura costera (como la ciénaga litoral al Sur de la provincia de La Habana). Algunas porciones más bajas del paisaje interior están también cubiertas por grandes ciénagas y lagos de agua dulce. En las márgenes marítimas de las porciones sumergidas de la llanura costera se desarrollan grandes barreras de arrecifes coralinos y se acumulan algunos bancos de arena.

En términos generales, el paisaje de Cuba puede ser clasificado como un paisaje estructural típico que se originó, por una parte, a consecuencias de la erosión diferencial, y por otra parte, principalmente debido a procesos cársicos. Sin embargo, a menudo resulta casi imposible

de distinguir, especialmente en las estructuras heterogéneas, un grupo de formas de paisaje resultantes, genéticamente distintivo, del otro.

De acuerdo con el predominio de los factores individuales que causan el desarrollo diferenciado de estos carsos tropicales, se distinguen seis tipos cársicos genéticos básicos y catorce sub-tipos:

TIPOS Y SUBTIPOS DE CAR SOS CUBANOS DE ACUERDO CON LA ESTRUCTURA Y LA GENESIS

1) Tipo de carso de las llanuras costeras.

- Subtipos:*
- 1 a) Carso de las llanuras costeras sumergidas en el mar (como el que ocurre en la plataforma entre la costa Sur de la Isla de Cuba y la Isla de Pinos)
 - 2 b) Carso de las llanuras costeras emergidas recientemente (como el de las penínsulas de Guanahacabibes, Zapata y Sur de Isla de Pinos).
 - c) Carso de las llanuras costeras cubiertas de marismas y de pantanos de agua salobre y agua dulce (como el de la Ciénaga de Zapata).
 - 1 d) Carso de las llanuras costeras cubiertas de gruesos y continuos sedimentos aluviales, deltaicos o mixtos (como el del Sur de Pinar del Río).
 - ✓ e) Carso de las llanuras costeras cubiertas de delgados y discontinuos sedimentos, predominantemente fluviales (como la «Llanura Cársica Meridional» de La Habana y Matanzas).

2) Tipo de carso de las mesetas.

- 6 (Como en la región del Guaso, en Guantánamo, Oriente).

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

- ✓ *Subtipos:*
- 7 a) Carso de alturas constituidas por estratos sedimentarios, predominantemente carbonatados (como la sierra del Grillo en Madruga).
 - 1 b) Carso de alturas constituidas por estratos sedimentarios, predominantemente no-calizos (margas o areniscas) (como en las lomas de Bejucal en La Habana).
 - c) Carso de alturas constituidas por estratos volcánico-sedimentarios (calcáreos), (como en las lomas de Baire en el flanco septentrional de la Sierra Maestra).
 - d) Carso de alturas constituidas por rocas intrusivas (como el carso de Moa, en Oriente).

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

- Subtipos:*
- a) Carso de alturas constituidas por series de potentes estratos de rocas carbonatadas y no-carbonatadas (como el carso de la sierra de los Organos y las alturas pizarrosas).
 - 1,2 b) Carso de alturas constituidas por series sedimentarias de delgadas capas carbonatadas y no-carbonatadas, interestratificadas (como en la sierra del Rosario en Pinar del Río).

- c) Carso de alturas constituidas por las secuencias de estratos volcano-intrusivos y carbonatados, (como el de Maniabón).
- d) Carso de alturas constituidas por esquistos cristalinos calcáreos (como en el Grupo de Guamuhaya).
- e) Carso de alturas constituidas por esquistos cristalinos no carbonatados con bloques, intercalaciones y lentes aislados de mármol (como las sierras de las Casas y de Caballos en Isla de Pinos).

5) Tipo de carso de estructuras diapíricas.

(Como el de la loma de la Cunagua).

6) Tipo de carso costero.

(Como el de las zonas litorales llamadas localmente de «seboruco»).

Los tipos de carso referidos difieren unos de otros genética y morfográficamente. En cada tipo y subtipo se observan varias fases de desarrollo geomórfico. El carso costero se distingue como tipo cársico independiente porque se desarrolla en todas las macroformas del paisaje estructural constituido de rocas solubles a causa de procesos diferentes que el carso del interior.

Los tipos y subtipos de carsos ocupan ciertas unidades geomorfológicas o regiones cársicas de Cuba y coinciden mucho con los tipos o regiones espeleológicas de Cuba distinguidos en la monografía «Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba». (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ, 1967).

Así al tipo 1) «Carso de llanura costera», subtipo e) de la «Llanura Cársica Meridional» corresponde el tipo de cueva «Aston», de origen freático, generalmente de planta circular, semi-esférica, con lagos en su interior.

Al tipo 2) «Carso de las Mesetas» corresponden las cuevas de origen fluvial del subtipo «Sumidero del Río Cuzco» en la meseta de este nombre en la provincia de Oriente, que corre sin grandes desniveles por el subsuelo de la meseta a través de una caverna en forma de «cañón» subterráneo de paredes muy altas y casi verticales.

A los subtipos de 3) «Carso de alturas simplemente plegadas y falladas» corresponden distintos tipos de cuevas debido a la gran diversidad de paisajes que engloban; así al subtipo b) que como dijimos es un carso constituido por alturas de estratos sedimentarios, predominantemente no calizos (margas o areniscas) corresponde el tipo de cueva «Furnia del Gato» (cerca de Santiago de las Vegas, La Habana) que es una sima casi vertical originada por las aguas vadasas; al subtipo de carso c) formado por alturas de estratos volcánico-sedimentarios (calcáreos) como el de las citadas lomas de Baire, corresponde el tipo espeleológico «Sumidero de Cueva Jíbará» de forma escalonada, originada por la profundización del río subterráneo de La Papelera; al subtipo d) constituido por alturas de rocas intrusivas serpentizadas le corresponde el tipo espeleológico «Moa» (dolinas y pequeños sumideros abiertos en serpentinita).

En cuanto al tipo 4) «Carso de alturas complejamente plegadas y falladas» diremos que al subtipo a) tipificado en los mogotes de la sierra de los Organos corresponde el tipo de espelunca «Sumidero del Cuyaguaje», río subterráneo que atraviesa el carso cónico por su base local que es el fondo de los «valles» o poljas vecinos.

Al tipo 5) «Carso de estructuras diapíricas» corresponde el tipo de cueva «Caguanes» (en cayo Caguanes, Las Villas) de origen freático, de forma laberíntica en que las extensas galerías parecen «divagantes».

Al tipo 6) «Carso costero» corresponden las cuevas de origen marino como la de «Los Pájaros» en Puerto Escondido, costa Norte de Matanzas.

1) Tipo de carso de las llanuras costeras.

Los rasgos básicos del carso de las llanuras costeras están determinados por la estratificación subhorizontal y la combadura local de los sedimentos neríticos, predominantemente carbonatados de edad terciaria superior-cuaternaria, así como por el buzamiento general leve de los estratos hacia las márgenes de la plataforma insular, por la superposición regresiva de los estratos litológicamente distintos, por el alto grado de porosidad, y por su posición baja con respecto a las alturas y montañas adyacentes.

En algunos lugares, donde los estratos litológicamente diferentes buzan más abruptamente, se desarrolla un paisaje de cuevas de origen cársico-fluvial y de pequeñas diferencias de altitud relativa. Los procesos más importantes en la formación del paisaje son: la acción disolvente del agua pluvial y la erosión subaérea, influidas por los sedimentos fluviales, marinos y mixtos, de permeabilidad variable, así como por cortezas carbonatadas firmes y otras cortezas de meteorización. Las amplias crestas interfluviales, cuevas bajas, y domos o levantamientos locales, presentan superficies rocosas expuestas, con lapiés y depresiones de varios tipos y dimensiones. Debajo de los mantos permeables existen zonas fuertemente corrosionadas de carso cubierto y carso sepultado. Los mantos sedimentarios se acumularon parcialmente en tierras bajas aisladas y en los fondos de valles ampliamente abiertos que ahora están intensamente cultivados.

Existen sólo algunos ríos superficiales permanentes, principalmente alógenos, que pronto se pierden en el subsuelo después de su entrada en la llanura costera o desembocan en las cerradas tierras bajas, donde dan origen al desarrollo de pantanos, turberas y lagos. Sólo penetran hasta las fajas de pantanos costeros o desembocan en el mar, en cuyo fondo se pueden trazar sus valles sumergidos a considerable distancia detrás de la línea litoral actual, lo que es bien típico en Caibarién. Los ríos superficiales autóctonos no abundan tampoco y tienen su origen en potentes manantiales cársicos en algunos lugares del interior de la llanura costera.

Las características y la distribución de los fenómenos cársicos determinan, además de los factores señalados, las formas de muchas cuencas acuáticas subterráneas independientes, cuya existencia resulta de las combaduras locales de estratos irregularmente permeables. Debido a la alta porosidad de estos estratos, el nivel de agua subterránea es uniforme en las cuencas individuales y las aguas cársicas subterráneas presentan características de agua freática. El movimiento de ésta sigue el buzamiento de los estratos y promueve el desarrollo de sistemas de cuevas a lo largo de los planos de estratificación. A causa de movimientos de la corteza y fluctuaciones glacio-eustáticas del nivel del mar se desarrollaron sistemas de cuevas en numerosos niveles. El nivel más antiguo de cueva aparece cerca de la superficie actual. Ocurre, a menudo, que los techos de las cuevas se desploman, dejando claraboyas o dolinas dispersas sobre la superficie de la llanura costera. Esas cuevas desplomadas de tipo «Aston» son verdaderos cenotes, semejantes a los de Yucatán. Los niveles de cuevas más bajos ocupados por agua freática se encuentran en la actualidad debajo del nivel del mar y esta circunstancia determina, por una parte, la existencia de numerosos manantiales cársicos submarinos como se ve a lo largo de toda la costa meridional del occidente cubano. Por otra parte, ese fenómeno determina también la penetración y difusión del agua marina a gran distancia tierra adentro.

Según los tipos o las fases de desarrollo geomorfológico de ciertas porciones de las llanuras costeras se distinguen los siguientes subtipos de carso.



FIGURA 7

La cordillera de Guaniguanico, vista desde el aire por su ladera meridional. El valle del río Caiguanabo o San Diego de los Baños divide (al centro de la fotografía) esta cordillera en dos serranías geomorfológicamente distintas: al Oeste (izquierda) la sierra de los Organos; al Este (derecha) la sierra del Rosario. En primer plano la llanura aluvial de Pinar del Río.

Foto A.N.J.



FIGURA 8

Dolina que da acceso a la Cueva de *Quintanal*, en la Llanura Cársica Meridional de La Habana. La caliza es del Mioceno. Foto A.N.J.



FIGURA 9

La meseta del Guaso, al Norte de la cuenca de Guantánamo. Esta meseta está formada por estratos casi horizontales del Eoceno y se encuentra atravesada por cañones fluviales y grandes cavernas, como las del Cuzco, el Guaso y otras. Fotografía aérea tomada por A.N.J.

FIGURA 10

Vista aérea de los mogotes o conos carsícos en la meseta del Guaso, en Oriente. Vista aérea por A.N.J.

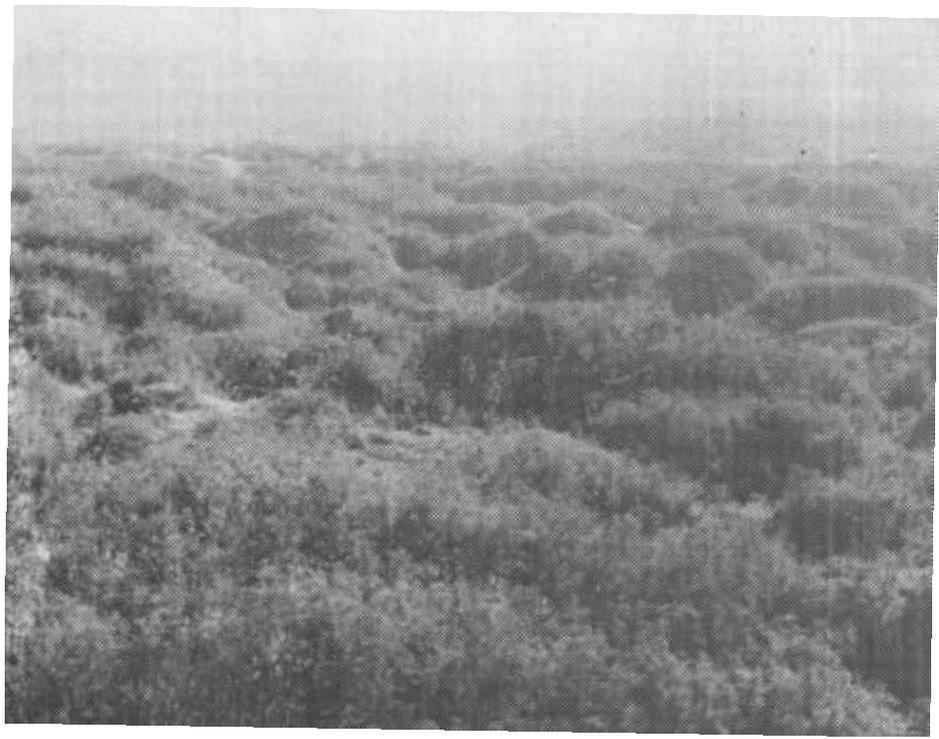
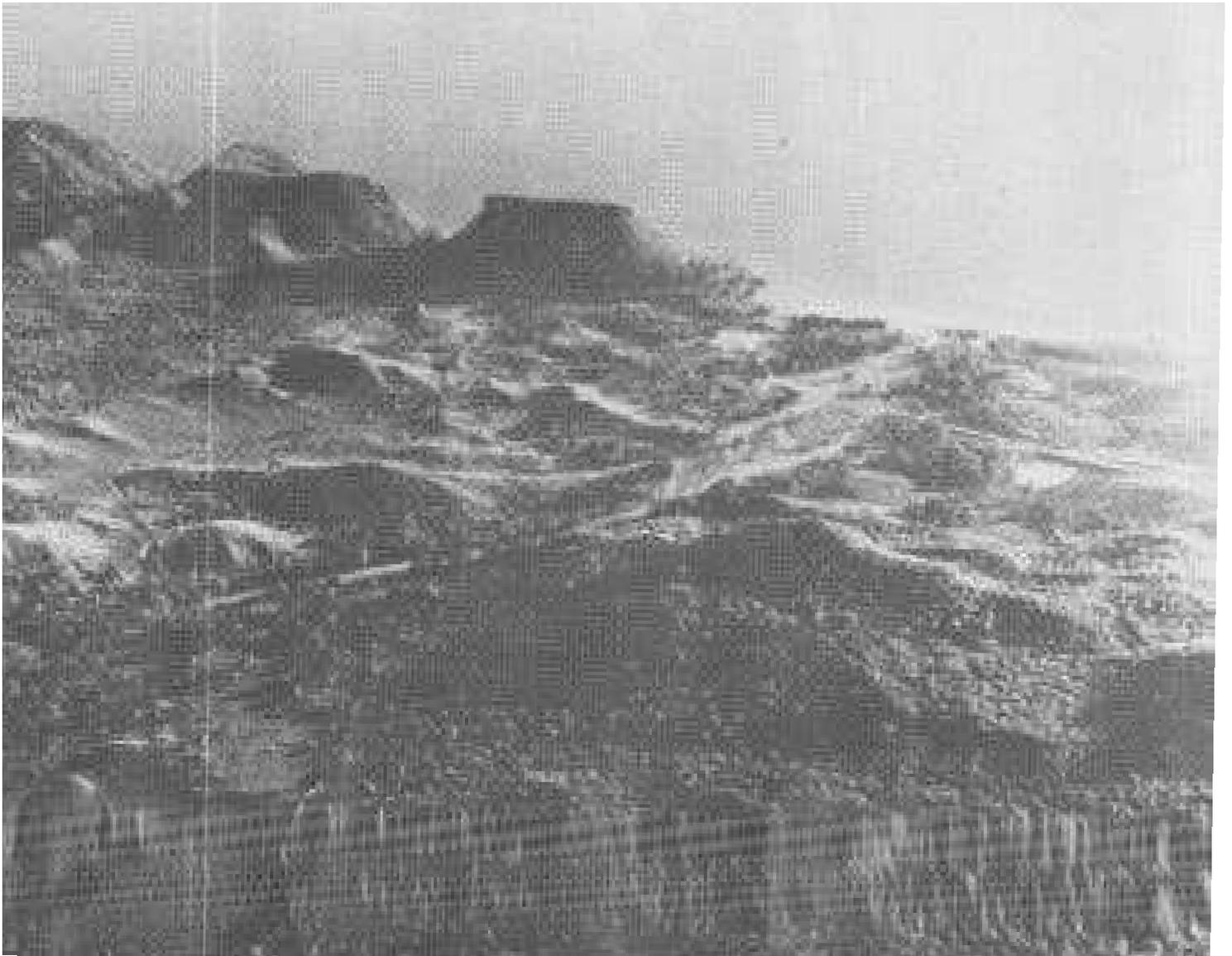


FIGURA 11

Alturas litorales calcáreas, en la costa Sur de Oriente. Al centro la mesa de Daiquirí. Foto A.N.J.



a) *Carso de las llanuras costeras sumergidas.*

La plataforma insular cubana ocupa un área de 67.831 kilómetros cuadrados con profundidades de algunos centímetros hasta 200 metros. La faja atlántica de las llanuras costeras cubanas sumergidas alcanza su ancho mayor al Noroeste en el golfo de Guanahacabibes y al Norte entre la bahía de Matanzas y la bahía de Manatí. La faja del Caribe alcanza su ancho mayor al Sureste en el golfo Guacanayabo y el golfo de Ana María y al Suroeste en el golfo de Babatabanó.

El relieve llano del somero fondo marino actual presenta crestas bajas de tipo cuesta o elevaciones combadas, separadas por depresiones longitudinales que están orientadas concordantemente con las direcciones de los alineamientos estructurales en las porciones adyacentes de las llanuras costeras emergidas. Las tierras bajas de la faja atlántica están rellenas principalmente de légamos de pterópodos (A. S. ЛУНЧ, 1954). En las tierras bajas de la faja del Caribe predominan lodos calcáreos y aragoníticos, detritos coralinos y arenas, mientras que en las proximidades de las desembocaduras de los grandes ríos abundan los depósitos deltaicos. Las crestas y las elevaciones combadas que frecuentemente se levantan sobre el nivel del mar en forma de bajos islotes del archipiélago cubano, están en franjas o cubiertas de arrecifes coralinos y arenas oolíticas. Las crestas longitudinales están, a menudo, atravesadas por cañones y valles de ríos consecuentes extendidos, que en otros tiempos constituían las secciones inferiores de grandes valles fluviales cubanos, transformados actualmente en canales profundos que separan los islotes individuales. Estos valles principales se comunican con la red de sistemas de valles tributarios obsecuentes y resecentes que aún se distinguen con bastante claridad en muchos lugares. Las crestas bajas y domos están sembrados de numerosas depresiones circulares, mientras las pendientes presentan, algunas veces, potentes manantiales cársicos submarinos y entradas a grandes cuevas. En las porciones inundadas de las llanuras costeras se extienden zonas de lapiés accidentadas cuyas crestas y puntas se levantan sobre el nivel del mar, exhibiendo, algunas veces, sus originales y consolidadas cubiertas de turba sedimentaria y de meteorización. Las formas originales del relieve sumergido determinan e influyen también en las direcciones de las corrientes marinas y, por consiguiente, también en los rasgos de las recientes formas sedimentarias neríticas como, por ejemplo, los arrecifes coralinos y algáceos, las barreras y los bancos de arena.

Puesto que la mayor parte de este relieve sumergido está constituido de carbonatos del Mioceno y del Cuaternario no hay duda de que se desarrolló un paisaje corrosional y carso-fluvial del tipo de llanura costera que, algunas veces, se encuentra en una fase de desarrollo bastante avanzada. Los recientes ascensos, relativos y absolutos, del nivel del mar, interrumpieron el desarrollo cársico, acompañados del depósito de sedimentos neríticos jóvenes y del crecimiento de arrecifes coralinos que cubren, nivelan o acentúan las formas de paisaje anteriores.

En largos tramos paralelos a la actual línea costera la plataforma submarina presenta terrazas sumergidas con cuevas en los acantilados como se ve a pocos metros al NE de la desembocadura del río Jaruco en la costa septentrional de la provincia de La Habana.

b) *Carso de las llanuras costeras emergidas recientemente.*

Este carso se extiende con desarrollo típico en la península de Guanahacabibes, en las zonas meridionales de la península de Zapata y de Isla de Pinos, así como en la mayor parte de los islotes del archipiélago cubano y en otras porciones marginales de la plataforma insular cubana que fueron combadas y levantadas de nuevo en el Plioceno Medio y después una vez más sobre el nivel del mar, junto con su delgado y discontinuo manto de depósitos neríticos y costeros car-

bonatados, margosos, arenosos o arcillosos y sus derivados periféricos. Este manto es también parcialmente del Pleistoceno Superior.

Esta superficie nueva, de acumulación marina, nerítica y litoral, generalmente muy baja, llana o sólo ligeramente ondulada, se inclina en cierta dirección, de modo que está limitada, en un lado, por acantilados abrasionales abruptos, arrecifes coralinos y barreras de playa y extralitorales, levantados a una altura de hasta 26 metros sobre el presente nivel del mar, como en la península de Guanahacabibes, mientras que en el otro lado se sumerge gradualmente en marismas y el vecino mar somero.

Esta superficie parece estar, hasta ahora, mayormente en una fase inicial de desarrollo. Las formas de su paisaje quedan determinadas, por una parte, por tierras altas y bajas del paisaje pre-transgresional sobre rocas miocenas y, por otra parte, por barreras de arrecifes coralinos y otras formas de acumulación marina y costera que se originaron a consecuencia de movimientos positivos y negativos del litoral. Grandes porciones de esta superficie han permanecido, hasta ahora, sin cubierta de suelo; sólo en bolsones corrosionales y en tierras bajas pantanosas someras aparecen delgadas capas de suelo arcilloso, arenoso, humoso y turba. Algunas porciones superiores de esta superficie presentan restos considerables de antiguos depósitos deltaicos o hasta de mantos pretransgresionales, sedimentarios o de meteorización, consolidados. Prácticamente toda la superficie está cubierta de densos bosques, malezas y manglares.

Las formas cársicas jóvenes y su distribución reflejan las formas de un paisaje pre-transgresional, así como de formas de acumulación transgresional y regresional y sus alineamientos hasta un grado tal, que se puede hablar de un «carso de alineación tectónica». Las diferencias morfológicas de las formas cársicas son, pues, reflejos de variaciones químicas o de texturas de los sedimentos irregularmente consolidados. Los carbonatos detríticos y macro-porosos hasta cavernosos están corroídos, formando depresiones lobulares y embudos irregulares que están separados por fuertes, agudas y escoriáceas pero descomunales duras crestas y puntas de lapiés. En los carbonatos compactos y margo-arenosos, así como en las superficies cubiertas de sólidas cortezas calcáreas de meteorización, las formas corrosionales menos accidentadas y más redondeadas son evaporitas lacustres de origen bioquímico o sinters exteriores. Se observan pequeñas depresiones corrosionales, cilíndricas, de fondo llano (casimbas) o dolinas de desplome (cenotes) de, a menudo, grandes dimensiones horizontales y verticales. Los cenotes manifiestan una conexión directa con sistemas de cuevas y que ahora están ocupados, en su mayoría, por lagos permanentes. También abundan extensas pero someras tierras bajas corrosionales de diseño ovalado o circular. Si aparecen en una superficie cubierta de material suelto de deltas antiguos u otros depósitos, estas formas llegan a ser características de fenómenos carso-sufosivos. Estas también están cubiertas de extensos pero someros lagos permanentes o intermitentes. Los arrecifes coralinos y algáceos así como las barreras extra-litorales o de playa conservan su forma y la erosión diferencial separa de ellos los cuerpos diagenéticamente consolidados, lentes de concreciones y restos orgánicos hasta en los detalles más pequeños.

En las cuevas y demás formas huecas abundan superficies «alveoladas» u «onduladas» o «campanas de disolución» (nichos de tipo *taffoni*) en los techos.

El denso manto vegetal y los delgados y permeables mantos humosos intensifican extraordinariamente la agresividad del agua pluvial.

El drenaje superficial se encuentra en la fase inicial de desarrollo o es inexistente. En algunos lugares se desarrollaron simples sistemas de valles ciegos que penetran en las crestas de arrecifes o de barras transversales con cuevas que las atraviesan. Tales valles son cortos pero

a menudo bastante profundos. Las típicas cuevas, desarrolladas a lo largo de los estratos, están ramificadas, son espaciosas pero cortas y a veces desplomadas. Los valles sólo se inundan en la estación de las lluvias pero en las cuevas más profundas el agua permanece todo el año, algunas veces incluso sobre el nivel de agua subterránea.

A causa de un cambio de buzamiento, el drenaje superficial pretransgresional, no experimentó, en general, ningún rejuvenecimiento. Sólo en Isla de Pinos los ríos alógenos de las porciones no-carbonatadas del Norte desembocan, hasta ahora, en antiguos, largos, amplios y someros valles ciegos que están cubiertos de pantanos y lagos o inundados por el mar. Dentro de las llanuras costeras levantadas recientemente ocurren sólo algunos manantiales cársicos. Sin embargo, potentes ríos subterráneos y débiles manantiales cársicos submarinos desembocan a lo largo de la costa dentro del mar.

El nivel de agua subterránea es continuo, encontrándose cerca de la superficie. Frecuentes coincidencias del nivel de agua subterránea con la superficie causan la abundancia de ciénagas con grandes lagos. Sin embargo, el nivel de agua subterránea presenta fluctuaciones considerables que dependen de la distribución anual de las precipitaciones. El cuerpo de agua subterránea consiste en una capa superior no muy gruesa de agua dulce y de una capa inferior de agua salada (marina). Ambas capas llenan los poros, las cavernas y oquedades de toda la secuencia de estratos. El agua salada constituye una superficie casi horizontal que aparece un poco por debajo del nivel medio del mar. Las relaciones hidráulicas entre estas aguas y el mar son tan estrechas que el nivel del agua subterránea fluctúa de acuerdo con las oscilaciones del nivel del mar entre las mareas.

En el carso llano de Guanahacabibes las cuevas, salvo excepciones, son pequeñas, de unos 4 m de profundidad, de planta entre circular y ovalada con un promedio de 10 m de diámetro que pudieran adscribirse a los tipos espeleológicos «Aston» o «Caguanes» en sus fases juveniles o maduras.

En la llanura carsica meridional de Isla de Pinos predominan cenotes circulares más pequeños que los de Guanahacabibes que al disolverse sus respectivos techos quedan como pozos. Morfológicamente son muy similares al tipo freático de «Aston».

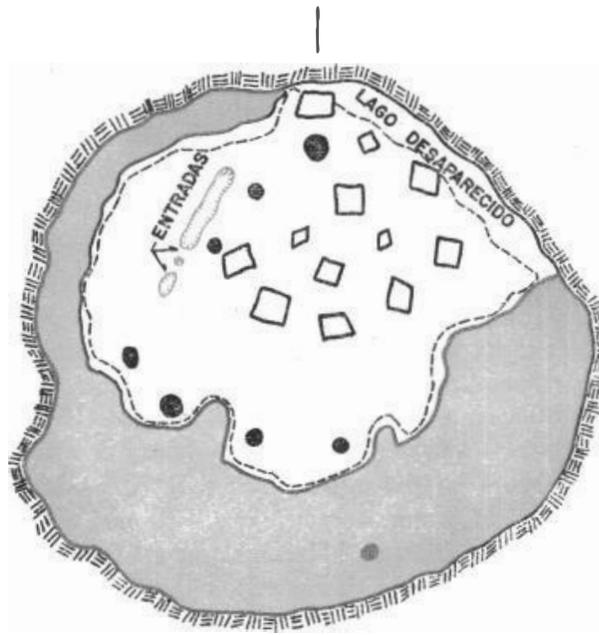
c) *Carso de las llanuras costeras cubiertas de marismas y pantanos de agua salobre o dulce.*

Este subtipo cársico, característico de los trópicos estacionalmente húmedos es muy común en la plataforma insular cubana. Sus rasgos característicos fueron descritos en la literatura cubana desde hace mucho tiempo (J. A. COSCULLUELA, 1918). Ocupa la faja de marismas saladas o salobres de ancho variable o los pantanos de agua salobre y dulce que cubren las tierras bajas interiores cerradas, tectónicas o cársicas, de las llanuras costeras. Los límites de todos los tipos de ciénagas con las porciones de la llanura costera emergidas y sumergidas son generalmente imprecisos y corren a través de amplias zonas transicionales. Las ciénagas más grandes de agua salobre o dulce del interior de Cuba son las ciénagas Occidental y Oriental de Zapata, la ciénaga de Remates y la ciénaga de Lanier en Isla de Pinos.

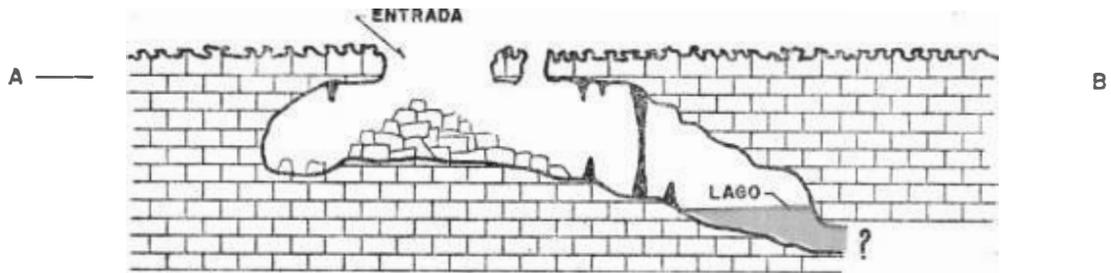
Las características morfográficas de este carso concuerdan, hasta cierto punto, con las del carso de las llanuras costeras levantadas recientemente. Diferencias importantes se producen en varias condiciones hidrográficas. En las regiones cenagosas aparecen extensas superficies de rocas carbonatadas no sobre, sino más o menos al nivel del agua subterránea o marina. Estas superficies ocurren también debajo de mantos compuestos de margas no consolidadas, calizas margosas

CUEVA DEL BAÑO

SAN ISIDRO, BARRIO DE SAN ANDRES, ALQUIZAR, LA HABANA
 CROQUIS POR ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ, 1965



B



La cueva del Baño es del tipo genético morfológico «Aston» de origen freático, en calizas del Mioceno. 1.—Pared de la cueva. 2.—Claraboyas. 3.—Derrumbes. 4.—Lago freático. 5.—Borde del lago. 6.—Estalactitas y otras formaciones secundarias.

y cretas de origen marino y lacustre, así como debajo de sedimentos margo-arenosos y turbosos rítmicamente estratificados, cubiertos de densos bosques, malezas y manglares. Procesos subaéreos, comunes al carso del interior, sólo ocupan allí un puesto subordinado aunque la densa vegetación y el suelo rico en humus, delgado, relativamente permeable los intensifican. Los procesos bioquímicos sobre todo controlan la disolución de los carbonatos, dependiendo de las variaciones diurno-nocturnas de la alcalinidad (pH) y de los cambios cuantitativos del anhídrido carbónico disuelto, condicionados por la fotosíntesis intermitente de las algas verdes.

La mayoría de las ciénagas litorales y del interior de Cuba son, también desde el punto de vista hidrográfico, de origen cársico. En ellas desembocan no sólo algunos ríos cársicos superficiales; sino también numerosos manantiales cársicos, concentrados o dispersos, alimentados por aguas cársicas subterráneas que invaden las tierras bajas y fajas cenagosas desde los alrededores más elevados. Casi todas las ciénagas del interior desaguan, pues, a través de potentes ríos cársicos subterráneos en el mar. Puesto que el cuerpo acuático subterráneo consiste en capas de agua dulce y agua salada, su nivel oscila considerablemente de acuerdo con la distribución de precipitaciones anuales y menos considerablemente debido a las mareas. Por consiguiente, las márgenes de las ciénagas son cambiantes.

Las rocas carbonatadas que bordean las ciénagas o que surgen entre ellas, siendo inundadas periódicamente, están cubiertas de evaporitas lacustres de origen bioquímico difícilmente solubles o de cortezas calcareas duras de meteorización. En la ancha faja que bordea el área cenagosa abundan cenotes y depresiones sufosivo-cársicas. En cambio, las rocas carbonatadas cubiertas por las ciénagas están desintegradas y presentan formas peculiares de carso enterrado y cubierto (profundo). Debido a eso los fenómenos más notables de las ciénagas y marismas son los numerosos lagos circulares, ovalados o estrechos meandriiformes, algunas veces someros, otras veces muy profundos que inundan depresiones cársicas de origen diverso o cuevas desplomadas de sistemas antiguos.

En las ciénagas del interior se hallan los grandes lagos cársicos cubanos como la laguna del Tesoro, en la ciénaga Oriental de Zapata y la laguna de Lugones, en Guanahacabibes, que ocupan inmensos, aunque relativamente someros cenotes, que se originaron debido a potentes manantiales concentrados de aguas cársicas subterráneas. Los grandes lagos de la ciénaga de Remates en Pinar del Río y de la ciénaga de Lanier en Isla de Pinos inundan o las inmensas depresiones sufosivo-cársicas o los antiguos valles ciegos. Los lagos cársicos cubanos más profundos como la laguna de Facundo y la laguna del Valle de San Juan de 47 y 25 m respectivamente de profundidad, así como otros, aparecen en las márgenes de grandes ciénagas y ocupan profundos cenotes ubicados en fallas importantes.

La evolución de estas dolinas lacustres puede seguirse en la península de Guanahacabibes casi desde su comienzo hasta su desaparición. Primero se formó una cueva del tipo «Aston» de planta circular ocupada por las aguas freáticas; después se derrumbó la bóveda (como se ve en «La Cueva» no lejos de la laguna del Valle de San Juan) y al disolverse el «cono de derrumbe» formado sobre el lago por el citado derrumbe quedó dicho lago libre de los bloques clásticos, y el manto freático visible aparece marginado abruptamente por las paredes de las calizas casi verticales como se aprecia en la propia laguna del Valle de San Juan; posteriormente el pantano cubre la dolina lacustre, tal vez por hundimiento regional, quedando sólo un lago circular bordeado por la ciénaga como se ve en la laguna de Lugones, que es el mismo caso de la laguna del Tesoro en la región de Zapata.

d) *Carso de las llanuras costeras, cubiertas de gruesos y continuos sedimentos aluviales, deltaicos o mixtos.*

Algunas llanuras costeras cubanas que se extienden a través de estratos carbonatados miocenos, al pie de grandes montañas y extensas alturas no-carbonatadas, están cubiertas de espesos depósitos aluviales, deltaicos o mixtos. Estos mantos sedimentarios fueron depositados por ríos alógenos, principalmente en las fases pluviales del clima pleistoceno, así como a consecuencia de los ascensos glaci-eustáticos del nivel del mar del Pleistoceno Superior-Holoceno. Los sedimentos más viejos están, a menudo, cementados por duras costras ferruginosas o silíceas, cubiertas mayormente de depósitos blandos más jóvenes. La presencia de estas costras indica fidedignamente las fases semi-áridas (interglaciales) del clima pleistoceno en Cuba.

Los accidentes cársicos del paisaje están casi enteramente cubiertos por sedimentos. Especialmente la faja interior de la llanura costera occidental de Pinar del Río (la llanura de Guane), las fajas meridionales de la llanura costera del sur de Pinar del Río, la llanura de Sagua la Grande, la llanura costera del Norte y la del Sur de Camagüey y, por último, las porciones occidentales de la llanura del Cauto y otras, adquieren el carácter de antiguas llanuras aluviales, deltaicas o de pie de monte. La red fluvial es densa y complicada y los ríos principales están bien incididos en los mantos sedimentarios fluviales así como en el lecho de roca. Los valles se adaptan a las márgenes exteriores de grandes cuerpos sedimentarios y presentan amplias llanuras aluviales, bordeadas con terrazas acumulativas y erosivas. Los ríos crean numerosos meandros a través de las llanuras aluviales, en tanto que los afluentes producen un sistema complicado de valles especialmente en las fajas de las llanuras costeras superiores con divisorias indefinidas y cenagosas.

Sin embargo, el lecho de roca carsificado emerge en algunos lugares sobre el manto sedimentario en forma de cuevas bajas y discontinuas o lomas monoclinales aisladas cubiertas de lapíes. La carsificación del lecho de roca llega también a ser evidente por el régimen específico y las propiedades químicas del agua cársica subterránea que difieren de las del agua subterránea aluvial, y por depresiones sufosivo-cársicas con grandes lagos permanentes que están emplazados encima de potentes manantiales cársicos cubiertos. Ponores o manantiales dispersos de agua cársica ocurren, algunas veces, en los fondos de los lechos más atrincherados de los ríos. En los cortes artificiales se puede observar directamente la superficie cársica original (el carso enterrado) o fenómenos corrosivos que se originaron después de la sedimentación de los depósitos permeables suprayacentes (el carso cubierto).

e) *Carso de las llanuras costeras, cubiertas de depósitos discontinuos y delgados, predominantemente fluviales.*

Esta superficie erosivo-corrosiva y la superficie corrosiva con características morfológicas e hidrográficas de una fase de desarrollo casi madura se considera generalmente como una penillanura plioceno-pleistocénica y se extiende en la mayoría de las partes más elevadas de las llanuras costeras cubanas. Rasgos clásicos manifiesta, por ejemplo, la «Llanura Cársica Meridional» (las zonas meridionales de las provincias de La Habana y Matanzas) que es una llanura costera ondulada típica (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ, V. PANOS, O. STELCL, 1965), modelada por procesos cársicos, y que fue mencionada como uno de los tipos del relieve de llanuras por primera vez por V. C. FINCH y G. T. TREWARTHA (1954).

Los estratos litológicamente diferentes de la serie de carbonatos y margas del aquitaniano, burdigaliano-helvetiano, tortoniano y sarmatiano con superposición regresiva, exhiben, en algunos lugares, un buzamiento más pronunciado que condicionó el desarrollo de un paisaje de cuevas

con pequeñas variaciones de altitudes. Los frentes muy bajos de dos o tres cuestras se inclinan hacia las combaduras y los domos vecinos o interiores y siguen sus lineamientos estructurales. Delante de los frentes de la cuesta se extienden tierras bajas, cerradas o abiertas, interiores o exteriores, dominadas, en algunos lugares, por elevaciones aisladas, restos erosivo-corrosionales de las cuestras o tierras altas circunvecinas (outliers). S. MASSIP, S. E. YSALGUÉ (1942) declararon esta superficie como "peniplano cubano".

Sólo ocurren algunos pocos ríos superficiales, mayormente alógenos, que se sumergen en las tierras bajas interiores poco después de haber atravesado la margen interior de la llanura costera y mucho antes de que puedan alcanzar los antiguos valles ciegos que penetran lobularmente en los frentes de las cuestras interiores. Estas secciones de los valles ciegos muestran 2-3 fases de profundización. Sólo algunos ríos se convirtieron en prolongados ríos consecuentes, llegando actualmente en sus lechos superficiales a la faja de marismas o incluso al mar. Existen también algunos ríos alóctonos que deben su origen a potentes manantiales cársicos en las porciones interiores de la llanura costera. Sin embargo, las largas pendientes traseras de las cuestras están surcadas de valles amplios y someros que se extinguen en las proximidades de los sumideros, a veces inundados por lagos. Ríos superficiales drenan estos valles pero sólo en ocasiones de precipitaciones excepcionales.

Las bajas crestas, cuestras, sus restos erosivo-corrosionales y las extensas tierras altas interfluviales presentan superficies carsificadas expuestas con lapiés y depresiones de varios tipos y dimensiones donde se pueden observar cortezas de meteorización calcáreas y restos de antiguos depósitos fluviales ferrocementados. Las tierras bajas inferiores están rellenadas con sedimentos fluviales, compuestos de una mezcla de terra rossa, podzoles amarillo-rojizos y latosoles de color rojo o de herrumbre con guijarro de cuarzo o de rocas ultrabásicas y concreciones limoníticas redondeadas, transportadas desde núcleos serpentiniticos de domos adyacentes. (*) (A. NÚÑEZ JIMÉNEZ, V. PANOS, O. STELCL, 1965; F. NEMEC, V. PANOS, O. STELCL, 1967). Estos depósitos ocurren también en tierras bajas exteriores de la llanura costera y crean, junto con suelos arcillosos pardo-oscuros o húmidos, una faja casi continua de abanicos aluviales muy delgados. Tales depósitos se sepultan en las tierras bajas exteriores, ocupadas por las ciénagas Oriental y Occidental de Zapata debajo de los pantanos de agua dulce y salobre y turberas. Los horizontes inferiores de la turba tienen una antigüedad de unos 10,000 años (C. C. DAETWYLER, A. L. KIDWELL, 1959).

Los suelos que cubren los mantos sedimentarios son muy fértiles y, por consiguiente, están intensamente cultivados.

Los mantos sedimentarios están superimpuestos sobre el accidentado paisaje cársico, enterrado o cubierto.

En esta llanura costera existen numerosas cuencas individuales de agua subterránea que resultan del gran volumen de precipitaciones durante la estación de lluvias y de las combaduras locales del lecho de roca irregularmente permeable. En la región de la divisoria atlántico-caribe el nivel de agua subterránea ocurre a unos 10 metros debajo de la superficie de la llanura costera. En una ancha zona costera este manto de agua dulce cubre también una capa dispersa de agua marina. El movimiento del agua cársica subterránea, controlado por los buzamientos de los estratos, localmente variables, favorece el desarrollo de sistemas de cuevas, algunas veces complicados, casi dendríticos, otras veces aislados, domiformes y de plano circular a menudo drenados por potentes

(*) Parte de las tierras rojas de las llanuras cársicas de Cuba se deben a suelos residuales originados por las calizas, en otras a arrastres de lateritas originadas en las serpentinas y en ciertas zonas tales tierras rojas son producto de la mezcla de ambos suelos. A. N. J.