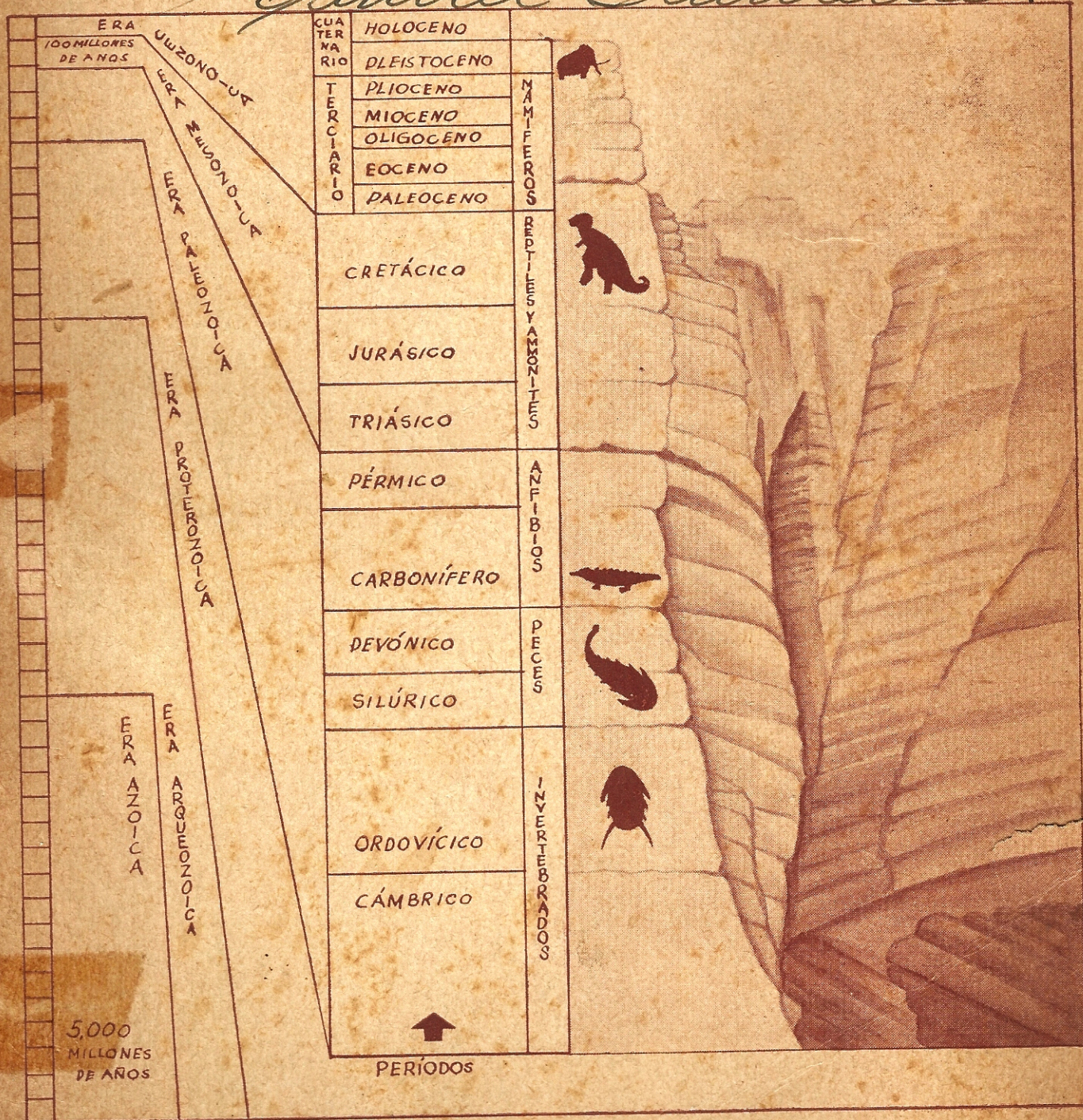


REVISTA DE

GEOLOGIA

Manuel Terralde



REVISTA DE
GEOLOGIA

ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

AÑO I No. 1

CONSEJO DE DIRECCION

DR. ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ, PRESIDENTE
ACADEMIA DE CIENCIAS DE CUBA

ING. JESUS FRANCISCO DE ALBEAR, DIRECTOR
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

MIEMBROS:

LIC. ANDRES LINCHENAT
INSTITUTO CUBANO DE RECURSOS MINERALES

ING. JOSE RAMON LUEGE
INSTITUTO NACIONAL DE RECURSOS HIDRAULICOS

LIC. FRANCISCO FORMELL
DEPARTAMENTO DE GEOLOGIA

DR. PEDRO CAÑAS ABRIL
INSTITUTO DE GEOGRAFIA

ING. GERMAN PLANAS
INSTITUTO DE SUELOS

Co. OTTO HERNANDEZ
DEPARTAMENTO DE GEOFISICA

I N D I C E

Notas preliminares acerca del carso en peridotita, Sierra de Moa, Oriente, Cuba. Por Antonio Núñez Jiménez, Igor Z. Korin, Vladimir I. Finko, Francisco Formell Cortina	5
Sobre la edad de la corteza de intemperismo y las lateritas de Cuba. Por V. I. Finko, I. Z. Korin, F. Formell Cortina	29
La mineralogía de la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas de la costa norte de la provincia de Oriente, Nicaro, Moa. Por Vladimir Kudelasek, Irena Marxova, Vitezslav Zamarsky	49
Breve informe sobre la metalogenia de los yacimientos hidrotermales de cobre en Cuba. Por N. P. Laverov, R. Cabrera, A. Calvache	77
Estructura geológica y algunas cuestiones relativas a la génesis del yacimiento "El Cobre" (Oriente). Por N. P. Laverov, R. Cabrera	87
Algunas peculiaridades de la Geología de los alrededores del yacimiento "El Cobre" relacionadas con su génesis. Por N. Laverov, R. Cabrera	104
Protrusiones de las serpentinitas en el noroeste de Oriente. Por A. L. Knipper y M. Puig	122
Estructura tectónica de las montañas de la Sierra de los Organos en la zona del pueblo de Viñales y situación en ella de los cuerpos de serpentinitas. Por A. L. Knipper, Y. M. Puscharovski, M. Puig	138
Estructura geológica y algunas cuestiones sobre la génesis del yacimiento de cobre "Matahambre" (provincia de Pinar del Río). Por N. P. Laverov, J. Burian, R. Cabrera, S. Konecny	147

Notas preliminares
acerca del carso en peridotita,
Sierra de Moa, Oriente, Cuba

ANTONIO NUÑEZ JIMENEZ

IGOR Z. KORIN

VLADIMIR I. FINKO

FRANCISCO FORMELL CORTINA

NOTAS PRELIMINARES ACERCA DEL CARSO EN PERIDOTITA, SIERRA DE MOA, ORIENTE, CUBA

RESUMEN :

Se describe una formación cársica no conocida hasta ahora, la cual se encuentra localizada en las rocas peridotíticas y en serpentinitas que se presentan en el macizo montañoso denominado "Cuchillas de Moa", al sur de la bahía de Moa, desde la "Re-vuelta de los Chinos", hasta la zona del Pico del Toldo, de 1139 m de altitud, sobre un área de más de 156 kilómetros cuadrados en esa región de la cordillera Sagua-Baracoa.

Se señalan las características morfológicas y geológicas especiales que ofrecen varias decenas de depresiones cársicas que fueron examinadas en esa región en relación con su posición topográfica y sus localizaciones a los distintos niveles de la corteza de intemperismo, indicando las formas, dimensiones y profundidades de las dolinas, ponores, uvalas, las clases de material que rellenan en algunos casos esas depresiones y oquedades y las relaciones de sus paredes y fondo con la roca delimitante más o menos intemperizadas o frescas.

Las observaciones preliminares realizadas, conducen a las siguientes conclusiones:

- a) Quedó establecida una relación precisa y completa de los llamados "embudos cársicos" en las serpentinitas con las zonas donde se desarrollan bolsones de la corteza de intemperismo.
- b) Las formaciones y depresiones cársicas, en general, aparecen alineadas según la orientación de las grandes fracturas y fallas regionales, e individualmente ocupan las intercepciones de ese alineamiento con los planos de agrietamiento de la roca ultrabásica; es decir que esas depresiones de cualquier tipo que sean, se encuentran sobre y a lo largo de las diaclasas y deben haberse originado por acción química de agentes exógenos y de las aguas descendentes que actuaron sobre los bolsones de la antigua corteza de intemperismo.
- c) La génesis, por lo menos de las dolinas y embudos más pequeños que se encuentran en la parte más alta de la superficie actual, no está vinculada con los procesos ulteriores de rejuvenecimiento, sino que se debe a los procesos originales que dieron lugar a la formación de la antigua corteza de intemperismo.
- d) Finalmente para poder determinar con precisión la edad geológica de la formación de esas depresiones cársicas de

la peridotita de las "Cuchillas de Moa", deben realizarse investigaciones especiales y estudios sistemáticos carsológicos sobre las serpentinitas, no solamente de la región descrita, sino del conjunto montañoso de Oriente, comprendido entre Macambo y Yateras por el sur, Sierra de Cristal y Pinares de Mayarí por el oeste, Sagua de Tánamo y Navas por el norte y Baracoa y La Farola por el este.

INTRODUCCION

Las formas del paisaje cársico, han sido estudiadas intensamente en los terrenos calizos, aunque tales monografías no se reducen a este último tipo de roca. Así Martonne, en su gran "Traité de Géographie Physique"⁽¹⁾ publicado en París en 1935 (Tomo II, págs. 671-674), describe brevemente la topografía cársica en la creta, en el yeso y en la sal.

También se dan excelentes paisajes cársicos en la marga, en la dolomita, en el mármol y en otras rocas carbonatadas.

Todas esas distintas clases de rocas son sedimentarias o metamórficas. Tenemos noticias que en Brasil se han descrito hoyos "cársicos", en el granito. Debemos recordar, además que algunos tratadistas en espeleología a menudo incluyen descripciones de un tipo peculiar de galería subterránea: la "cueva de lava", formada durante las erupciones por los gases expelidos por el volcán.

Thomas Aley⁽²⁾ al describir la cueva Frost Creek situada en el Parque Nacional de Sequoia, California, menciona que sus pasajes están abiertos en el contacto entre el mármol y el esquisto.

Vinogradov⁽³⁾ describe varias cuevas en la región montañosa de Amir-Tamir abiertas enteramente dentro del granito, las que fueron disueltas en mármol xenolítico dentro del granito. En las paredes graníticas de esas cuevas se localizan formaciones de calcita.

Hasta el presente no se había efectuado ninguna descripción específica sobre formas cársicas en la peridotita.

En la literatura geológica, este fenómeno fue señalado por primera vez, muy brevemente, por George Edward Lewis y John A. Straczek,⁽⁴⁾ en 1955, y fue denominado "carso en serpentinitas". Más tarde, las formas cársicas de relieve en la región de los declives septentrionales en las serranías llamadas "Cuchillas de Moa" del curso superior de los ríos Cayo Guam y Calentura, fueron consideradas en un informe especial, manuscrito, por el grupo de geólogos soviéticos A. F. Adamovich, V. D. Chejovich, I. Shirokova y otros en 1962.⁽⁵⁾

Consideramos que, por primera vez, la presente monografía colectiva se dedica a la descripción de un carso singularísimo en nuestro planeta: el carso en peridotita y serpentinita, rocas localizadas en las "Cuchillas de Moa", provincia de Oriente, Cuba, y en las que hemos tenido la oportunidad de estudiar distintos fenómenos cársicos.

En el viaje realizado el día 10 de junio de 1965, desde la bahía de Moa hasta el Pico del Toldo, participaron los geólogos soviéticos Igor Korin y Vladimir Finko del Instituto de Geología de la Academia de Ciencias de la Unión de Repúblicas Socialistas Soviéticas; Francisco Formell y la traductora Saskia Cruz, del Departamento de Geología de la Academia de Ciencias de Cuba; y el práctico de Moa, Juan Ramón Rodríguez, que tanto nos ayudó en esta corta excursión, el ayudante José L. Chávez y Antonio Núñez Jiménez.

NOTAS GEOGRAFICAS GENERALES

El área cársica en serpentinitas y peridotitas anteriormente citada, se localiza entre las cuencas de los ríos Moa por el noroeste, y del cauce superior del Jaguaní, afluente del río Toa, por el sureste.

Observando las hojas topográficas 5277-IV (Moa) y 5277-III (Palenque) de la Carta de Cuba a escala 1:50,000 del Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía, se puede delimitar un cuadrilátero de 10 kilómetros de ancho por 12 kilómetros de largo, enmarcado por las líneas horizontales 01 y 11 y las verticales 97 y 09, donde tales fenómenos cársicos se hacen visibles en esas cartas, estando clasificados y representados claramente, por el correspondiente signo convencional de "depresión".

Tales "depresiones" se abren en las montañas del grupo orográfico conocido tradicionalmente por "Sagua-Baracoa", que cubren prácticamente todo el extremo oriental de Cuba, y en el cuadrilátero mencionado que abarca una zona montañosa serpentínica de unos 120 kilómetros cuadrados, se pueden contar en dicho mapa 58 depresiones de muy distintos tamaños, aunque en el terreno se pueden localizar muchas más.

Es una región geográfica difícil de explorar: completamente deshabitada, sin ganadería, viviendas, cultivos o cualquier otro signo de civilización. Apenas los grandes accidentes geográficos aparecen con nombres en los mapas. Así, en el área enmarcada en la figura 1 (Ver Ap. Fig. 1-A), que cubre 156 kilómetros cuadrados, sólo se observan cinco nombres: *Revuelta de los Chinos*, el *Alto de la Calinga*, *La Delta*, *San Diego* y *Punta Gorda*, es decir, una proporción onomástica que indica lo deshabitado de esas montañas.

El punto culminante de la región, es el Pico del Toldo, montaña de 1.139 metros de altitud, a menudo cubierta por las nubes y visible en lejanía desde la bahía de Moa; su nombre no aparece en la carta 5277-IV pero se puede localizar con las coordenadas 004-071. (Véase figura No. 2). Otros muchos picos de la zona pasan de los mil metros de altitud y aparecen cartografiados sin nombres que los identifiquen.

El grupo orográfico Sagua-Baracoa está formado por rocas distintas: en las costas por calizas de edad cuaternaria, donde han sido modeladas bellas terrazas de origen marino; tierra adentro, por calizas del paleógeno medio a superior, que constituyen mesetas con magníficos ejemplos cársicos (cavernas, ríos subterráneos, mogotes, lapiez, etc.) y por rocas ígneas y metamórficas. En la zona de Moa, tales rocas son fundamentalmente serpentinitas y peridotitas, cubiertas por un manto de laterita, explotada para la obtención de níquel, cromo, hierro y cobalto.

Las montañas de la zona recorrida, están cubiertas por espesos bosques, de los cuales sólo se han entresacado algunos ejemplares de madera valiosa. Es frecuente ver en la zona más baja, grandes poblaciones de pinos, más arriba hasta lo más alto, se ven los de la especie de altas *jubas*, *manglillo* (utilizado para hacer carbón), *guacacoa* (del cual se saca fibras) y muchos helechos arborescentes. También se ven en los altos montes el *clavel chino rústico*, el *tibisi*, planta espinosa que hiere la piel de los que ascienden a tales montes.

Un solo camino, construido hace unos diez años para los trabajos mineros y forestales, atraviesa la zona mon-



FIGURA 2. Pico del Toldo, de 1 139 metros de altitud, punto culminante de la región estudiada y en cuya cima se localiza una dolina abierta en la roca de peridotita que forma esta montaña.

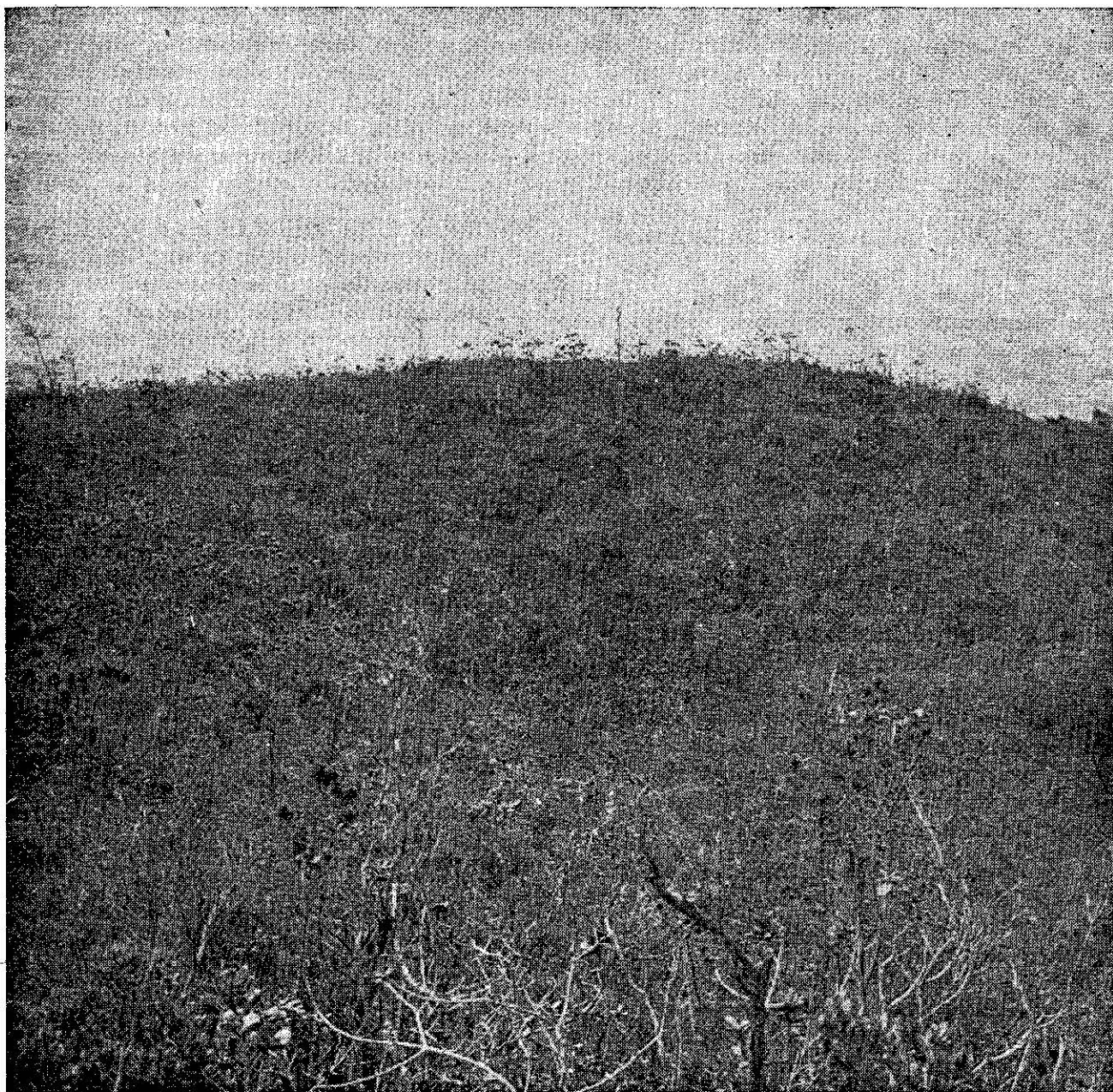


FIGURA 3. Dolina abierta en la cima del Pico del Toldo. Para destacar mejor la forma de este gran embudo de 60 metros de diámetro y unos 30 metros de profundidad, se ha punteado el perfil de la misma.

tañosa de Norte a Sur, pasando por *Revuelta de los Chinos*, el *Alto de Calinga* y *Punta Gorda*, de donde se dirige al sureste, hacia el afluente del Toa, el río Jaguaní (erróneamente denominado río Jiguaní, en las mencionadas cartas topográficas, por confusión con el río de este nombre que desemboca al norte, cerca de la bahía de Yamanigüey). Este camino es transitable para yips sólo hasta *Revuelta de los Chinos*, a unos 13 kilómetros al SSE en línea recta del pueblo de Moa; de ahí en adelante esa vía se ha deteriorado y es necesario andar a pie como 10 kilómetros para llegar al *Pico del Toldo*, lugar extremo de nuestra excursión.

FENOMENOS CARSICOS OBSERVADOS

La particularidad de las citadas "depresiones" en la región montañosa de Moa y de Palenque, es que son verdaderas dolinas abiertas en peridotitas. La exploración sobre el terreno comprobó, no sólo la existencia de tales fenómenos, sino la de curiosas formas de *diente de perro* o de *lapiez*, de sumidero o ponores todos abiertos o modelados en la dura peridotita.

A. Dolinas y Ponores:

Como hemos mencionado anteriormente, en las cartas 5277-IV y 5277-III se encuentran cartografiadas unas 58 dolinas con tamaños que varían desde 50 metros de diámetro (coordenadas 058-072) hasta la mayor que tiene 900 metros de diámetro (coordenadas 046-078). Aclaramos que esos son los datos observados en dichas cartas, pero nuestra brevísima exploración de campo mostró que había pequeñas dolinas que por sus escasas dimensiones no aparecen en los mapas, es decir, que la *dolinización* de esa área, es mucho mayor que la registrada en el mapa.

Las formas de las dolinas varían: según un plano horizontal, las hay circulares como la explorada por nosotros sobre la cima del ya mencionado *Pico del Toldo* (coordenadas 004-071); tiene unos 60 metros de diámetro y unos 30 metros de profundidad, en forma de embudo, recubierto interiormente de erectos "dientes de perros" de peridotita coloreada exteriormente de ocre, quesobresalen entre la rala vegetación verdosa. En el fondo se ve un ponor o embudo menor, por donde drenan las aguas pluviales. (Véase figuras 2 y 3).

Otra dolina explorada por nosotros, también es de planta circular, localizada en la zona conocida por *Revuelta de los Chinos*, casi en la cuneta del camino de Moa hacia el río Jaguaní, en la coordenada 008-111.

Tiene unos 7 metros de diámetro por 7 de profundidad, en cuyo fondo se abren dos sumideros de menos de 1 metro de diámetro y un tercero a 1 metro sobre la boca de los anteriores, es decir, que esa dolina presenta 3 ponores, a distintas altitudes. La profundización de la dolina, parece que dejó inoperante el ponor alto y ahora las aguas de lluvias drenan por los inferiores que se ven de 2 y 3 metros respectivamente de profundidad visible. (Véase figuras 4 y 5). En sus fondos se observa materia vegetal en descomposición, producto del arrastre. También en esta dolina se notan "dientes de perro" en la cuesta interior.

Una tercera dolina estudiada sobre el terreno, localizada a 30 metros al Sur de la anterior, en la misma zona de *Revuelta de los Chinos*, presentaba su plano de forma alargada de 7 metros de longitud de Norte a Sur con una anchura que varía de 1 a 2.5 metros y una profundidad de algo más de 2 metros con un sumidero en el fondo de 1 metro de profundidad visible. (Véase figuras 6 y 7).

Una cuarta dolina, en las coordenadas 008-100 al Sur de *Revuelta de los Chinos*, también al lado del camino, mostraba forma de embudo con un diámetro de 25 metros y una profundidad de 6, en cuyo fondo se abre un sumidero y encima de éste como a 3 metros, se abre otro a lo largo de una diaclasa orientada de SE a NW. (Véase figura 8).

La frecuencia de estas dolinas es extraordinaria. Por ejemplo, próxima a la anterior, separada sólo por el camino, se abre otra de forma y dimensiones parecidas, pero como toda la zona está cubierta por bosques y matorrales (Véase figura 9), la localización sobre el terreno se hace muy difícil. Es más sencillo localizarlas estereoscópicamente, ayudándonos de fotografías aéreas.

Otras dolinas no exploradas por nosotros, pero visibles en el mapa, casi alcanzan hasta un kilómetro de diámetro, como las cuatro mayores de la región alineadas en una zona de 4 kilómetros al Este del *Alto de la Calinga*. Esas cuatro grandes dolinas presentan las siguientes características, según la carta 5277-IV:

- 1) Situación del centro de la dolina: coordenadas 044-0,1. Es de forma ovalada. Tiene 900 metros de longitud, orientada de NE-SW; anchura de 300 metros.
- 2) Situación: coordenadas 045-078. Tiene forma irregular, algo lobulada, tal vez formados los "lóbulos" por la colescencia de varias dolinas. En este caso estaríamos en presencia de una

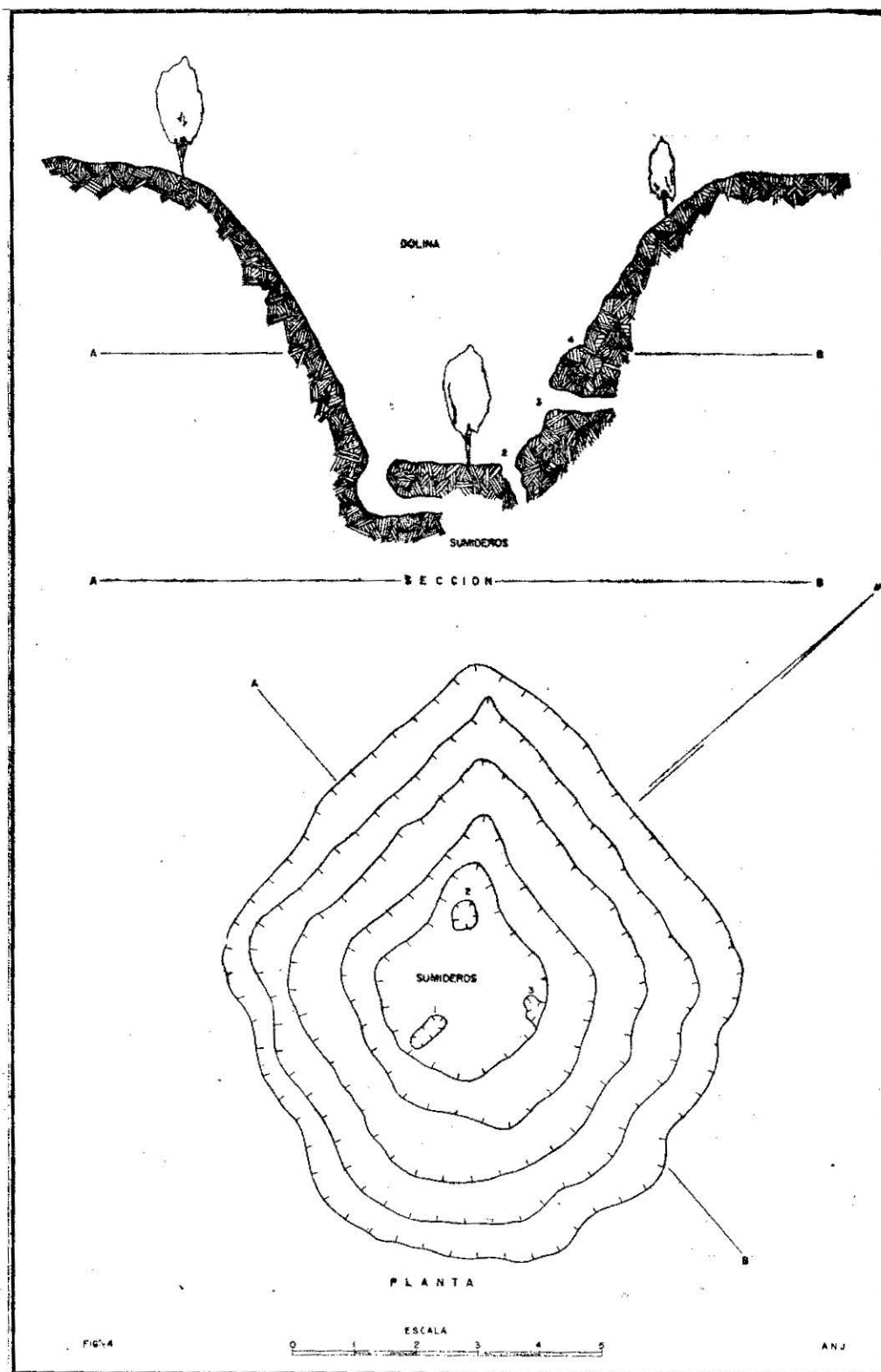


FIGURA 4. Dolina abierta en la zona de la Revuelta de los Chinos junto al camino que comunica a Moa con la zona del Toldo. Obsérvese que marcado con los números 1, 2 y 3, aparecen los respectivos sumideros o ponores y que el número 4 señala formaciones de "diente de perro".



FIGURA 5. Fondo de la dolina cartografiada en la Fig. 4. El ponor que aparece aquí cartografiado es el correspondiente al No. 3 de dicho mapa.

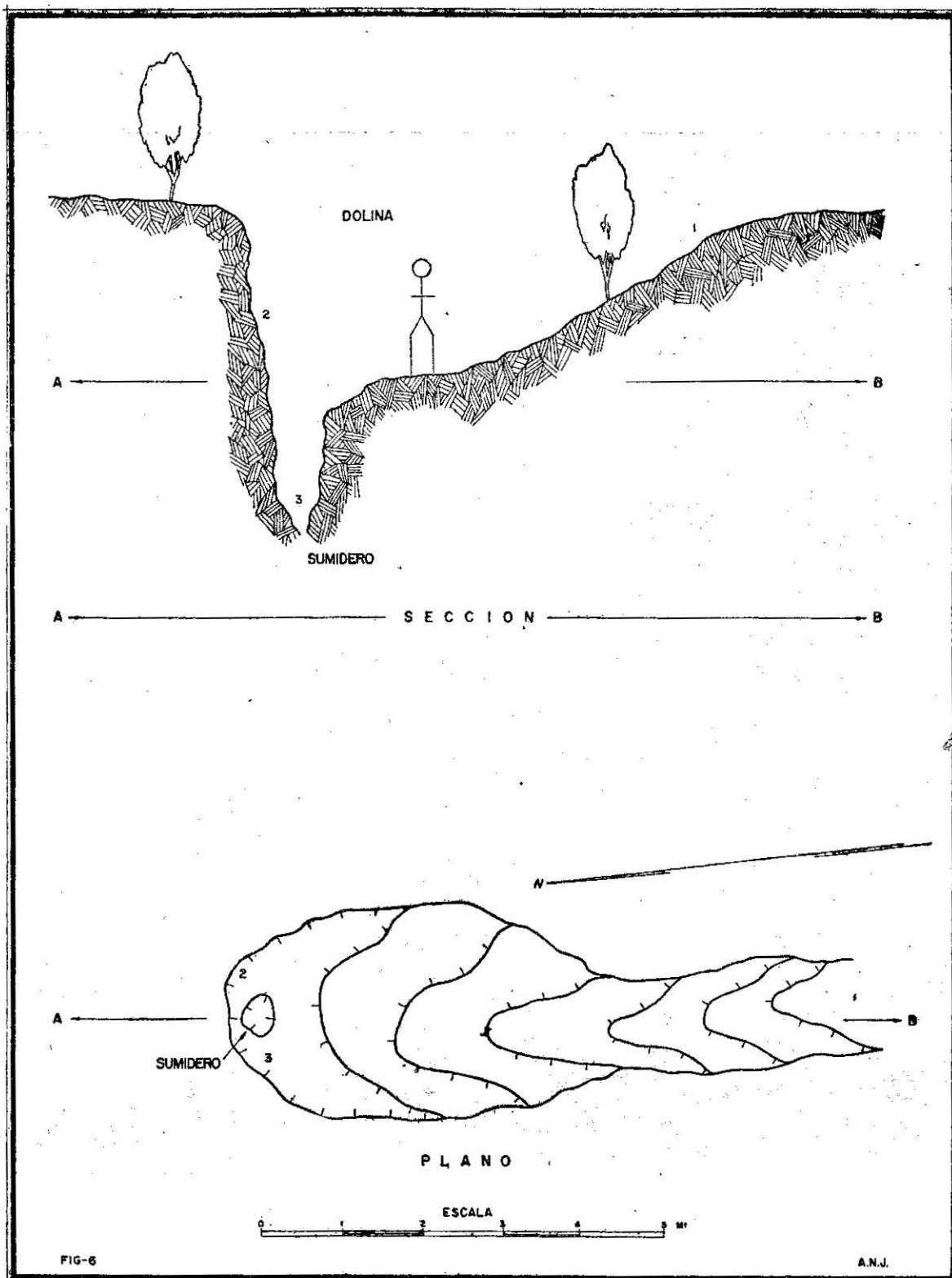


FIGURA 6. Dolina abierta en peridotita al lado del camino en la zona de la Revuelta de los Chinos. Obsérvese que la pared 1 está inclinada suavemente, mientras que la pared 2 es casi vertical. El número 3 señala el sumidero o ponor.



FIGURA 7. Fondo de la dolina cartografiada en la Fig. 6 de esta monografía. Aparece el geólogo Igor Korin.

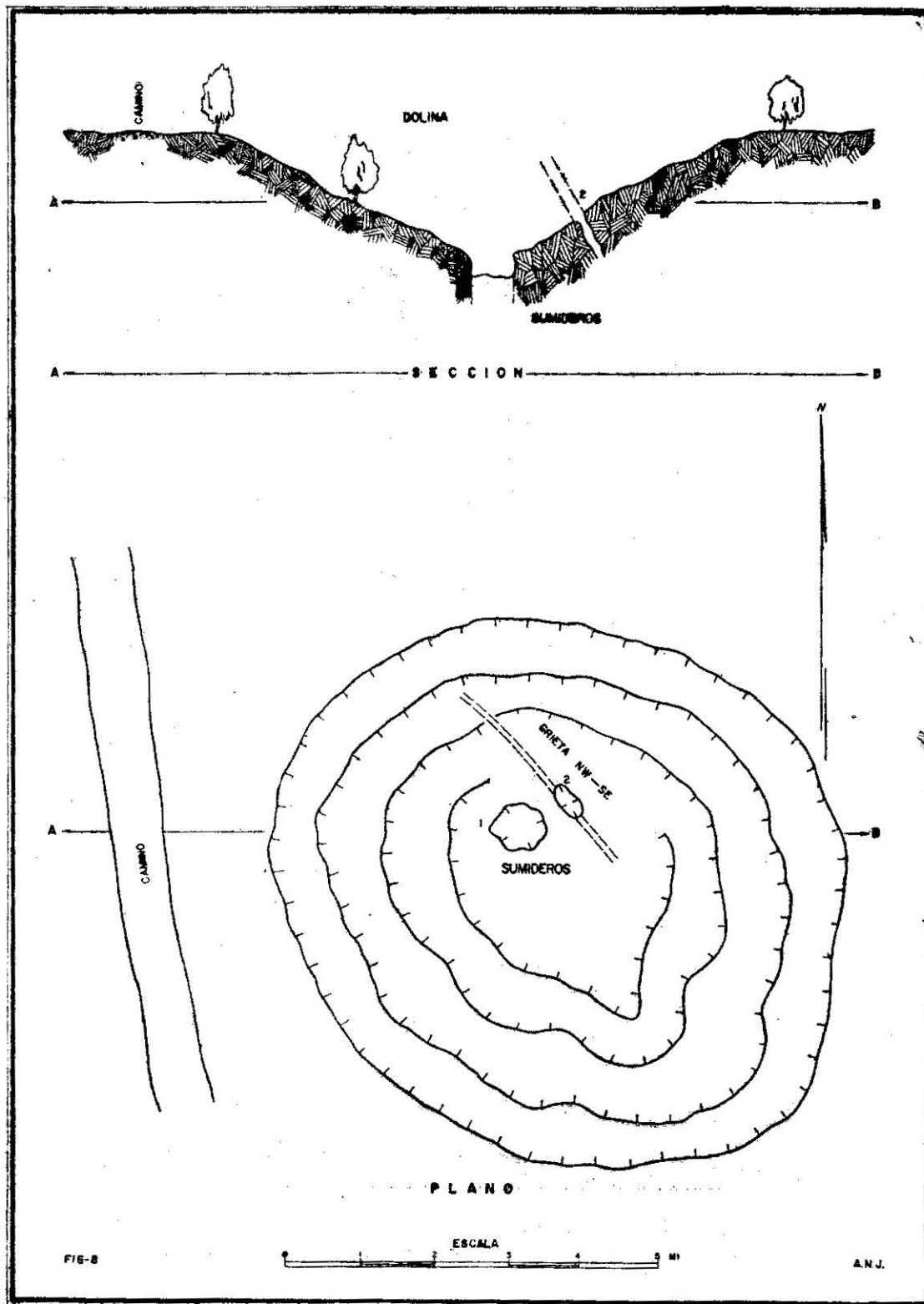


FIGURA 8. Dolina abierta en peridotita en el camino entre la Revuelta de los Chinos y el Alto de la Calinga. Obsérvese la grieta que atraviesa esta depresión con rumbo NW-SE. Con el número 1 se señala el ponor central.



FIGURA 9. Camino entre Moa y el Pico del Toldo en el lugar conocido por la Revuelta de los Chinos. Esta vía aparece en parte cubierta por la vegetación debido al paso del huracán *Flora*.



FIGURA 10. "Diente de perro" en peridotita en la zona del Alto de la Calinga. Es frecuente esta morfología de lapiez semejante a los dedos de una mano.

uvala. El diámetro mayor es de 900 metros. Este accidente se ve atravesado de NE por una pequeña línea de drenaje fluvial. Todo parece indicar que, después de infiltrarse a través del sumidero, las aguas deben correr hacia las cañadas que alimentan el río Cayo Guam.

- 3) Situación: coordenadas 051-069. Es una dolina alargada de 1 kilómetro de longitud y sólo 150 metros de anchura, orientada también de NE a SW. Presenta como la anterior, la particularidad de estar atravesada por una pequeña corriente fluvial que corre superficialmente desde el SW hacia la dolina donde aparentemente se sumerge en su extremo opuesto.
- 4) Dolina situada en las coordenadas 059-062. Es de forma muy irregular, lobulada como la 2), con una longitud máxima de 800 metros y una anchura mayor de 500 metros.

B. *Lapiez*:

En toda la región estudiada, se observaron grandes grupos de "dientes de perro", lapiez o karren, originados en durísima peridotita, que formaban en ocasiones grupos bastante numerosos, como en las paredes de la dolina abierta en la cima del Pico del Toldo. Casi todos los "dientes de perro" aparecen cubiertos por espesa vegetación. La forma que más abunda está constituida por bloques que terminan hacia arriba, en forma de una mano abierta con los dedos parados, bastante afilados. (Véase figura 10). A veces, como en la zona del Alto de Calinga, un "diente de perro" está formado por una pirámide, casi separada de la base por un "cuello", donde la disolución trabajó más intensamente. (Véase figura 11).

La superficie de esos lapiez presentan cinceladuras como las de la roca caliza, pero se diferencian de ésta, en que no forman casimbas o embudos pequeños alrededor de los "dientes de perro". Tampoco forman verdaderos campos de lenar extensos, sino que están separados por espacios no cubiertos de lapiez.

NOTAS GEOLOGICAS

En el área de ocurrencia de las peridotitas serpentinizadas del macizo ultrabásico de la Sierra de Moa, se observan microformas del relieve que son muy parecidas al carso.

Según las conclusiones de los geólogos soviéticos A. F. Adamovich, V. D. Chejovich, I. Shirokova y otros,

en su manuscrito de 1962,⁽⁵⁾ la génesis de estas formas depende de: 1) el agrietamiento de las serpentinitas y, 2) de su capacidad para la disolución química. Estos autores relacionan el origen de las formas cársicas con la disolución de las lateritas y parcialmente de las serpentinitas, durante el proceso de circulación de las aguas subterráneas. Además, según sus opiniones, los embudos en las serpentinitas deben dividirse por razón de sus edades, en dos grupos: a los de gran tamaño se les asigna una edad más antigua que a los pequeños que se desarrollan en las pendientes de aquellos y tienen una edad más joven.

También en un informe especial sobre el carso en las serpentinitas, I. P. Novojatsky⁽⁶⁾ (1963), hace mención y al mismo tiempo destaca que los procesos químicos de formación del carso (disolución de las serpentinitas) han quedado sin esclarecer.

Al fin, A. F. Adamovich y V. D. Chejovich⁽⁷⁾ (1964), en su artículo "Sobre la cuestión de las condiciones de formación de la Corteza de Intemperismo en las regiones geosinclinales (por ejemplo: la parte oriental de Cuba)" señalan, en forma breve, que sobre la meseta de la Sierra de Moa se encuentran formas negativas de micro-relieve, constituidas por embudos isométricos alargados y de otras formas, con un diámetro de 200 metros hasta 1 kilómetro y con una profundidad media entre 30 y 40 metros.

Dichos autores relacionan la génesis de estas formas con el acarreo de las partículas de lateritas por las aguas subterráneas, a través de las grietas de las serpentinitas. Ellos consideran que con los procesos de ascensión de la tierra, afloraron estas formas típicas.

Algunos autores atribuyen estas formas, a los fenómenos cársicos, es decir, a la disolución química de las serpentinitas y otros explican que se deben a la laterización de las serpentinitas y al acarreo ulterior de las partículas de laterita por las aguas subterráneas.

Los autores de este artículo consideramos, que las formas cársicas en las peridotitas serpentinizadas de Moa, realmente no han sido descritas acuciosamente en la literatura al respecto y su génesis se enfoca hipotéticamente sin sólidos argumentos.

Si se toma en consideración que, sobre el "carso en la serpentinita" en general no se ha hablado en la vasta literatura mundial y que las formas cársicas en las serpentinitas tampoco están descritas en la literatura geológica que trata sobre la corteza de intemperismo, se concluye que las formas cársicas que se desarrollan



FIGURA 11. "Diente de perro" de forma más o menos piramidal modelado en peridotita en la zona del Alto de la Calinga.

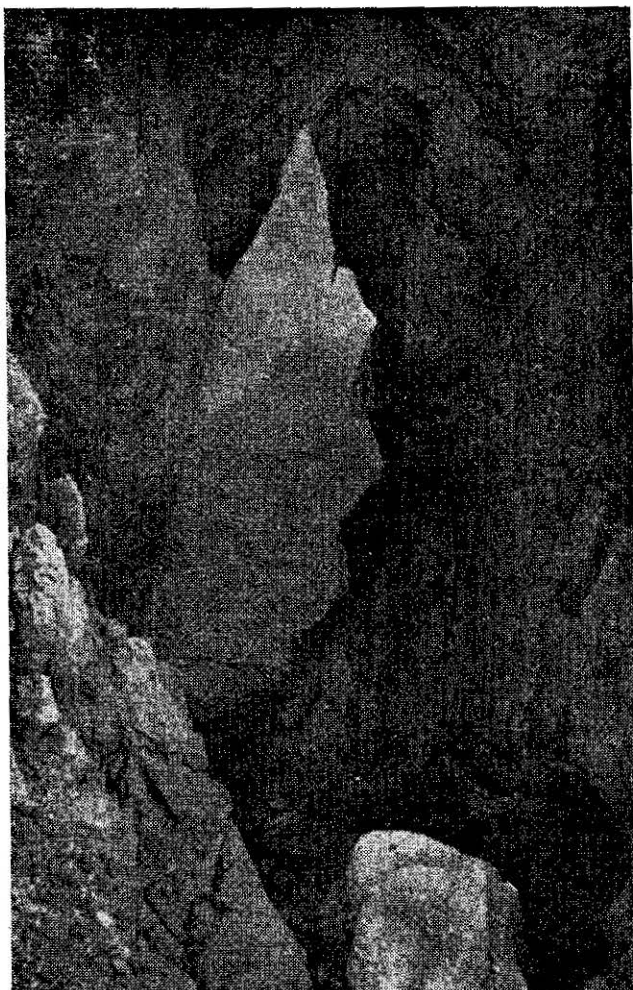


FIGURA 12. Afloramiento del lecho compacto peridotítico de la corteza de intemperismo níquelífero en forma de "diente de perro". El afloramiento yace en el ocre con estructura de peridotita. Afloramiento en la pared noroeste de la falla inferior en la cantera de la mina No. 2 del yacimiento Moa, a una profundidad de 50 m.

en las peridotitas serpentinizadas de la Sierra de Moa, deben considerarse como un fenómeno excepcional que es digno de un enfoque y un estudio detallados.

Los autores de este artículo exploraron las manifestaciones de morfología cársica en la Sierra de Moa, particularmente en las regiones de Revuelta de los Chinos, Alto de la Calinga y Alto del Toldo y sus alrededores. Paralelamente con las exploraciones espeleológicas y geomorfológicas, fueron realizadas las investigaciones geológicas y el estudio del mapa topográfico (hojas 5277-IV y 5277-III) a escala 1:50,000, completadas con la interpretación estereoscópica correspondiente de las fotos aéreas de escala parecida (1:60,000).

Además, en forma comparativa, se realizó una serie de observaciones geológicas de los cortes más representativos de la corteza de intemperismo, tanto en la región Sierra de Moa, como en los yacimientos inmediatos, en la zona de extracción de los minerales de hierro-níquel, producidos como resultado del intemperismo de las peridotitas serpentinizadas.

Considerando los datos obtenidos sobre las formas cársicas de micro-relieve que se encuentran en la Sierra de Moa, en el área comprendida entre los ríos Moa y Jaguaní, podemos señalar: ante todo, que evidentemente estas formas tienden a encontrarse en la zona residual de desarrollo de la corteza de intemperismo de las peridotitas serpentinizadas. Estas formas sólo se encuentran en los relictos superficiales del peniplano antiguo que ha conservado restos de la corteza de intemperismo y se encuentra actualmente distribuido en tres niveles hipsométricos (600 - 750, 750 - 900 y 900 - 1200 metros de altura absoluta).

Después, teniendo en cuenta los parámetros siguientes: 1) la coincidencia con los distintos niveles hipsométricos, 2) la distribución de los diferentes productos (según su composición) de intemperismo de los cuerpos intrusivos hiperbásicos, 3) su morfología evidentemente característica y, 4) sus dimensiones, estas formas cársicas se pueden dividir claramente en tres grupos. Es necesario señalar, que desde el punto de vista genético, conjuntamente con estos tres grupos, tiene que existir un cuarto grupo de estas formas cársicas relacionado con el relieve subterráneo del lecho de las rocas poco intemperizadas, sobre las cuales se extienden las masas desmoronadas de los productos de intemperismo.

A continuación intentaremos una descripción de cada uno de esos tres grupos:

Primer grupo: Las formas cársicas más típicas, son pequeñas depresiones del relieve que se encuentran en los relictos de meseta del peniplano antiguo que coronan las elevaciones más grandes del relieve actual, al nivel hipsométrico de 900 a 1200 metros de altura absoluta.

Las depresiones se presentan en forma de embudos que se distribuyen sobre las peridotitas no alteradas o débilmente intemperizadas o serpentinizadas. Vistos en planta, los embudos o dolinas ofrecen una figura regular de contorno redondeado u oval, de algunas decenas de metros de diámetro. También se encuentran embudos que presentan un contorno en forma de 8 que podemos denominar uvalas, ya que resultan de la unión



FIGURA 14. Los autores de este trabajo en la cima del Pico del Toldo. De izquierda a derecha aparecen Francisco Fornell Cortina, Vladimir Finko, Antonio Núñez Jiménez e Igor Korin.

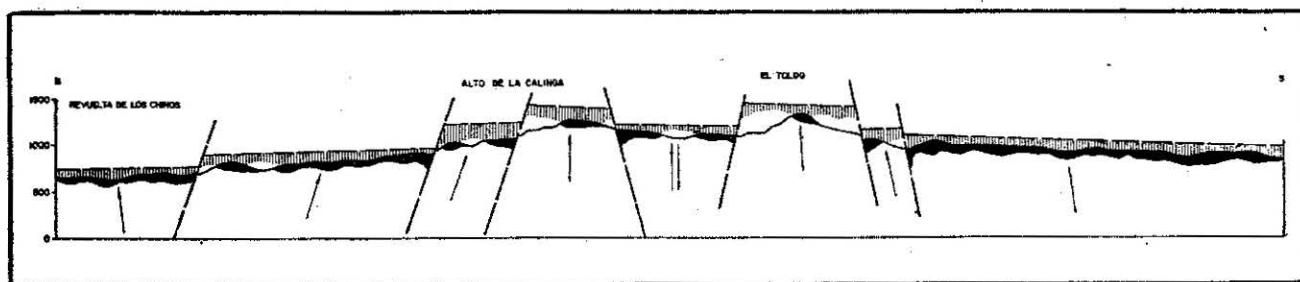


FIGURA 15. Esquema de distribución de la corteza de intemperismo antigua después de las elevaciones en forma de bloques y sobre la superficie contemporánea del macizo ultrabásico de la Sierra de Moa.

de dos dolinas. Como regla general, la profundidad de los embudos es menor que su diámetro, en proporción tal, que para un diámetro de 60 - 80 metros, la profundidad correspondiente ha de ser de 17 - 23 metros. El talud de estos embudos tiene una pendiente de 30° aproximadamente hacia el centro. Las fisuras de drenaje de los embudos estudiados, ocuparon casi siempre una posición central, a manera de poner de infiltración.

La superficie interior de los embudos, es extremadamente irregular, está tapizada de "dientes de perro" (lapiez) que representan afloramientos de las rocas subyacentes. Estas rocas presentan superficies agudas, de aspecto asimétrico-piramidal con aristas filosas. Es típico, que la superficie de los "dientes de perro", frecuentemente se combine o alterne con pequeñas mesetas llanas de aspecto irregular y áspero.

En la superficie de estas rocas, frecuentemente se encuentran gránulos de piroxeno alterado a bastita, que constituyen las partes salientes de la superficie. La altura de los salientes que forman los "dientes de perro" oscila entre 1.40 y 2.50 metros. La disposición de los "dientes de perro" no es desordenada, sino tienen una orientación que se manifiesta bruscamente en algunas partes de los declives de los embudos.

Así por ejemplo, en las dolinas estudiadas en el Alto del Toldo, en una serie de zonas internas de éstos, se notó que los dientes de perro y algunos salientes de aspecto escalonado de las peridotitas débilmente serpentinizadas, están situados linealmente, formando cadenas orientadas en una misma dirección (Acimut de propagación 30° - 40°) y en otras con menos control (160° - 170°). Nos percatamos de que estas direcciones responden a la dirección del fracturamiento general de las rocas y a la orientación de las grandes fallas que se observan bien en las fotos aéreas.

Los agujeros de drenaje de los embudos descritos,

tienen forma agrietada irregular o de cruz oblicua. El ángulo de pendiente del embudo, coincide con la pendiente de las grietas de drenaje.

En los embudos estudiados, las dimensiones de los agujeros de drenaje o ponores, alcanzan 0.40 a 0.60 metros de ancho y más de 6 metros de profundidad. Las paredes de estas oquedades de drenaje de los embudos, están constituidas por una roca compacta y no tienen en todas partes igual textura, en algunos casos las paredes son lisas, a veces cubiertas por finas capas de hidróxido de hierro y en otros casos son áspero-cavernosas.

El reconocimiento megascópico de las peridotitas débilmente serpentinizadas que componen las paredes de los agujeros de drenaje y el fondo y los declives de los embudos, arrojó que éstas contienen carbonatos. Estos carbonatos son débilmente cristalinos (la dimensión de sus gránulos no excede en tamaño a la de los piroxenos), de color gris a gris pardo. Este carbonato concuerda con uno del tipo de los carbonatos ferrosos, del grupo de la breinerita. (Breinerita $[\text{Mg}, \text{Fe}] \text{CO}_3$, con 70 - 95% Fe sideroplita, 50 - 70% pistomesita, 30 - 50% mesisita). Estos minerales frecuentemente se encuentran en todas las rocas de la serie olivínica, atestiguando la alteración hidrotermal en un medio con alto contenido de ácido carbónico.⁽¹²⁾

Es probable que las peridotitas con contenido de carbonato, den como resultado una superficie cavernosa con la disolución de la breinerita. El karren o lenar aflora en toda la extensión de la antigua superficie y no es cubierto en ningún lugar por otras rocas; sólo en las grietas se observaron acumulaciones de ocre porosos inestructurales, en los que han quedado pequeños relictos de piroxeno totalmente alterado a bastita y escasos gránulos de cromoespinelita.

En conclusión, para el primer grupo de embudos, es característico:

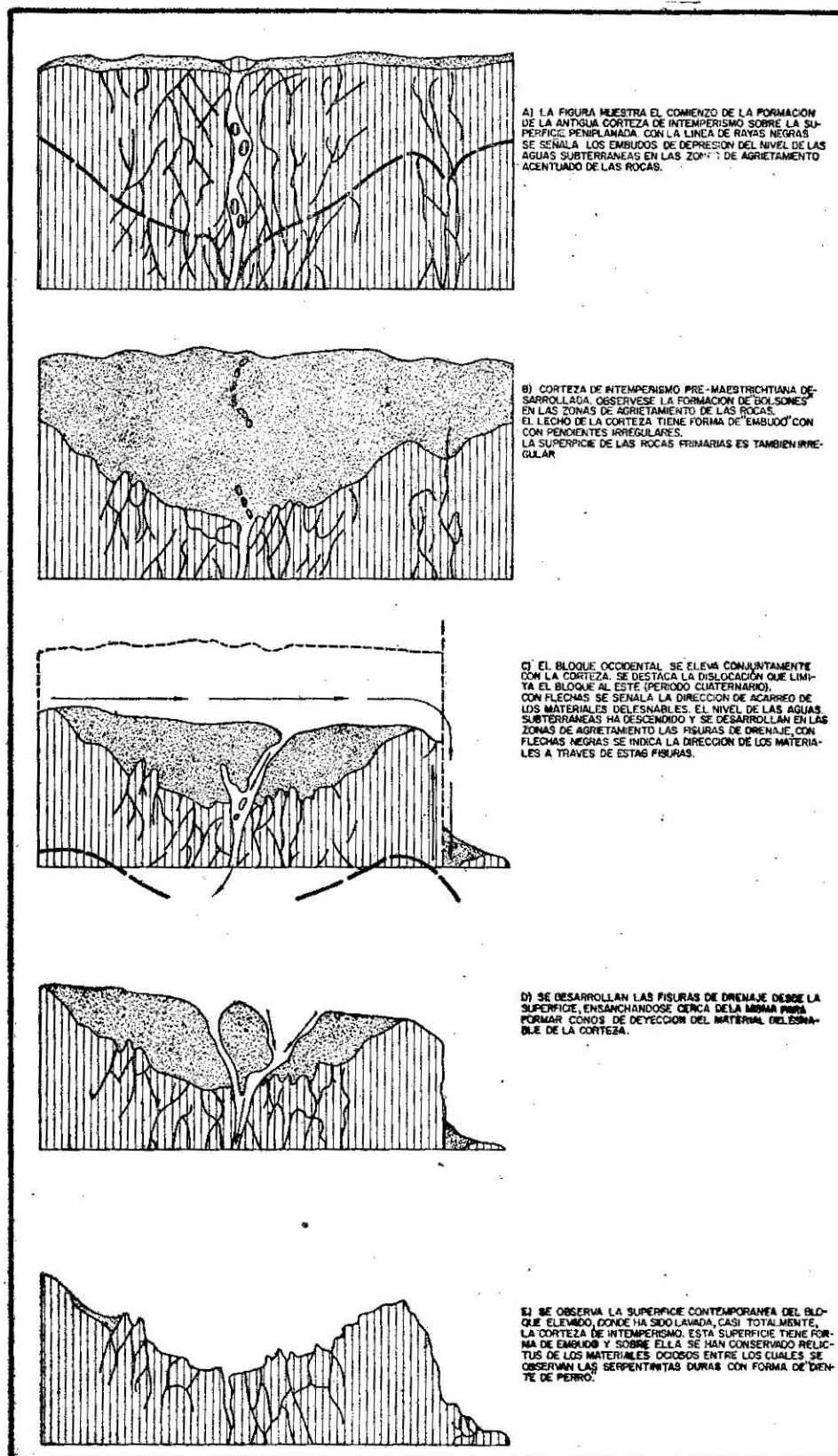


FIGURA 16. Esquema mostrando la génesis de los embudos pseudocárcicos que ocurren en la Sierra de Moa.



FIGURA 17. Sumidero abierto en peridotita, cubierto en parte por ocre. Zona del Alto de la Calinga.

- 1) Su ocurrencia sobre los relictos de meseta del antiguo peniplano (nivel actual 900 - 1200 metros de altura absoluta).
- 2) La forma de la pendiente (30°) de los embudos con agujeros de drenaje centrales, con una superficie de tope en el fondo que refleja el sistema de agrietamiento de las rocas fundamentales.
- 3) La ausencia de material de relleno en los embudos, a excepción de algún material ocreoso ocurrido a causa de la alteración de la peridotita.
- 4) La superficie cavernosa de la peridotita, atestigua la disolución del carbonato de la Breine-rita.

Segundo grupo: El segundo grupo de embudos o dolinas, se presenta como micro-formas situadas a un nivel de 700 a 900 metros de altura absoluta, en el cual se han propagado ampliamente pequeñas áreas con restos de la antigua corteza de intemperismo. Aflo-
ran las peridotitas lixiviadas, a menudo alteradas y serpentinizadas y también pequeños bolsones de materiales ocreosos que conservan en parte relictos de la estructura serpentinitica original. El tamaño de estos embudos es variable.

Los más comunes son aquellos cuyo diámetro tiene de 40 a 120 metros, menos frecuentemente se encuentran embudos con un diámetro de algunos cientos de metros y muy raramente aquellos cuyo diámetro alcanza 1200 metros.

La forma de estos embudos varía extraordinariamente; desde formas de aspecto cónico-plano casi regular, con los contornos redondeados u ovals vistos en planta, hasta unas fosas (huecos) isométricos, grietas y cavidades irregulares, que surgen a consecuencia de la unión de dos o tres dolinas que se encuentran próximas unas de otras. La profundidad de estos embudos como regla, es algo mayor que la de los que se encuentran en el nivel hipsométrico superior.

Los taludes de los embudos que frecuentemente están cubiertos por la vegetación, son irregulares, a menudo asimétricos con bloques salientes aislados de peridotita compacta, débilmente serpentinizada e intemperizada; la mayoría de las veces estos salientes tienen una forma de típico karren o "diente de perro". En las pendientes y en el fondo de los embudos, se hallan ocreos entre los bloques de peridotita; en estos ocreos a veces se pueden observar partes de serpentinitas alteradas y nontronitizadas. En las serpentinitas lixiviadas se destacan venas finas de kerolita de color azul verdoso.

Los bordes de estas dolinas casi siempre son escarpados, pero pueden tener cornisas formadas por las raíces de los arbustos.

Las fisuras de drenaje de estos embudos, tienen formas tanto ovals-alargadas como redondas, otras veces su aspecto es de grietas, pero son las menos comunes. Frecuentemente estas fisuras se han desplazado hacia un lado del embudo, y se encuentran embudos con dos y en algunos casos, hasta con tres ponores de drenaje separados entre sí.

Como regla general, las fisuras de drenaje de estos embudos son anchas en su parte superior y se van reduciendo hacia abajo, llegando a tener una profundidad visible de 1.5 a 2 metros, con una posición hasta esa profundidad casi vertical; más abajo se han reducido considerablemente y cambian su dirección uniéndose con las fisuras vecinas para formar un sistema único de drenaje.

En muchos lugares se encuentran embudos unidos entre sí, que forman complejas cuencas, fosos o zanjas, que en algunos casos pueden presentar apariencias de uvalas.

Como ejemplo de estas formas tan complejas, citaremos a continuación la descripción de la "Zanja Cársica de Serpentinitas" estudiada por A. N. Pávlov,⁽⁵⁾ en el curso superior del río Calentura:

"La zanja tiene una profundidad de 20 metros, una anchura de 50 a 100 metros y una longitud de 800 metros. Vista en perfil, la zanja presenta una mayor inclinación del talud en la parte inferior. En el fondo de la zanja yacen ocreos que son resultados de la alteración de las serpentinitas. En el fondo, en algunas partes, se encuentran embudos cuyas dimensiones son: diámetro 4 - 5 metros y 5 - 6 metros de profundidad.

Las paredes están compuestas de ocreos y serpentinitas alteradas. En realidad, estos embudos pequeños constituyen infiltraciones desarrolladas en materiales ocreos y porosos.

En el fondo de los pequeños embudos se descubren serpentinitas compactas, pero muy agrietadas. En algunos embudos se manifiestan grietas en el fondo, que sirven de puntos de infiltración principales a los embudos; en estas grietas, a una profundidad de 2-3 metros, se encuentra el "espejo de aguas".

Generalizando la descripción sobre los embudos del segundo grupo, señalamos a continuación sus rasgos más característicos:

- 1) Su localización en marcada coincidencia con las zonas del peniplano antiguo, que posee relictos de la corteza de intemperismo a un nivel de 750 - 900 metros de altura absoluta del relieve actual.
- 2) Las partes superiores de los embudos y las fisuras de drenaje de éstos, en la mayoría de los casos se encuentran excavadas en ocre y serpentinitas alteradas y lixiviadas a partir de serpentinitas frescas.
- 3) En el fondo de los embudos, por debajo del ocre, en las fisuras o grietas de infiltración, se descubren serpentinitas lixiviadas o poco alteradas apoperidotíticas, con un agrietamiento bruscamente manifestado.
- 4) El amplio desarrollo de los embudos alargados y zanjas; la ocurrencia de grietas y fisuras de infiltración en el fondo de los embudos y la distribución amplia de "dientes de perro" en los bordes de los embudos.

Tercer grupo: El tercer grupo de embudos se extiende en el nivel de 600 a 750 metros de altura absoluta, también al igual que el grupo anterior, sobre las áreas de difusión de los relictos de los productos de intemperismo de las serpentinitas. Como regla general, los embudos a este nivel son de tamaño pequeño. Su diámetro medio oscila entre 2 y 12 metros y su profundidad varía de 2 a 7 metros, es decir, si analizamos la relación diámetro-profundidad de estas formas, vemos que presentan una pared 2 veces más pendiente que los que están situados en el nivel inmediatamente superior.

Estos embudos se encuentran en lugares que conservan ocre de la corteza de intemperismo, resultado de la acción de los agentes meteóricos sobre el macizo serpentinitico. Los ocre forman bolsones irregulares que se acumulan por encima de las serpentinitas lixiviadas (Ver figura 17); estas serpentinitas presentan salientes, resultado de la denudación en bloques. El ocre posee estructura relicto de peridotitas serpentinizadas y contiene núcleos no intemperizados de peridotitas compactas ligeramente alteradas.

Los taludes de los embudos que se desarrollan en estos ocre son abruptos, irregulares y escarpados. Los embudos frecuentemente no son simétricos, pero tienen, vistos en planta, un contorno redondeado. A menudo, en un mismo embudo se encuentran 2 ó 3 fisuras de drenaje; el ancho de estas fisuras o grietas, varía entre

0.40 a 1 metro. Estas grietas de drenaje generalmente no están situadas en el centro del embudo, sino hacia los extremos y su profundidad oscila entre 1.5 a 3.5 metros; la forma de estas grietas en planta, es redondeada u ovalada y casi nunca se presentan con dirección vertical, sino que tienen una inclinación que difiere de la pendiente general del terreno.

En la superficie del terreno, cercano a los embudos, se desarrollan serpentinitas con forma de "diente de perro".

Generalizando las observaciones sobre el tercer grupo, señalamos lo siguiente:

- 1) Se encuentran localizados en la zona del relieve actual, situada en el nivel de 600 - 750 metros de altura absoluta, es decir, en el nivel donde se conservan relictos de la corteza de intemperismo con un perfil relativamente completo.
- 2) Todos los embudos de este grupo, se encuentran excavados en productos porosos de intemperismo que están representados por ocre derivados de serpentinitas.
- 3) En las paredes de los embudos, no afloran rocas compactas, las serpentinitas compactas incluso no se encuentran en las grietas de infiltración.
- 4) La espesa vegetación y las raíces de los arbustos, preservan de la erosión los bordes de estos embudos.

(En el nivel superior del relieve, la vegetación casi no existe y en el nivel medio es también considerablemente menor que en el nivel inferior).

CONSIDERACIONES FINALES Y CONCLUSIONES

Comparando las características de estos tres grupos de embudos o dolinas, no es difícil convencerse de que todas estas formas coinciden extraordinariamente con las áreas de difusión de la corteza de intemperismo en las serpentinitas.

Por su morfología, tamaño y rocas que los componen, los embudos presentan una clara gradación creciente en tamaño y forma, y un aumento gradual de la dureza de las últimas, desde el nivel hipsométrico inferior, hasta el nivel hipsométrico superior.

En el nivel inferior, que es donde mejor se ha conservado la corteza de intemperismo, los embudos sólo

se encuentran labrados en materiales ocrosos, son pequeños, sus paredes internas son abruptas y en realidad aparecen como hondonadas del ocre que yace sobre las rocas fuertemente agrietadas por donde corren las aguas libres.

En el nivel medio, donde la corteza se ha conservado menos y donde además la vegetación es menos tupida, los embudos son mayores y alcanzan frecuentemente las serpentinitas compactas, poco alteradas. En sus paredes se descubren salientes del lecho de las serpentinitas y a veces se encuentran bloque-relictos de serpentinitas que antes yacían en las masas porosas de la corteza.

En el nivel superior, la corteza de intemperismo fue casi totalmente destruida por la erosión.

Los relictos de la corteza, pudieron conservarse solamente en las depresiones del lecho compacto de la corteza. Las depresiones en el lecho de la corteza, tienen un origen generalmente tectónico; en las partes en que las rocas están fuertemente agrietadas, la erosión actúa más intensamente y se forma consecuentemente un sistema cruzado de grietas abruptas a manera de tubos que juegan el papel de colectores de las aguas superficiales.

Actualmente estas depresiones se encuentran libres de productos porosos de intemperismo, como consecuencia del lavado y acarreo de los mismos por las aguas de la superficie a través del sistema de "tubos" de drenaje, formándose por lo tanto embudos libres de productos porosos, donde afloran a la superficie actual las rocas que forman el lecho compacto de la corteza.

Datos muy interesantes se obtuvieron del desciframiento geológico de las fotos aéreas, conforme se presenta en el esquema de la figura 13. (Ver Ap. Fig. 13-A del Atlas adjunto).

Estudiando estas fotos se ve que el área comprendida entre "El Toldo" y "Revuelta de los Chinos", presenta un sistema definido de grietas en las rocas ultrabásicas, atravesando por una serie de fallas mayores. El sistema de grietas pequeñas, tiene un acimut de dirección de 35° y un buzamiento (medido en el campo) de $75^\circ \pm 5^\circ$ SW. Las fallas mayores que atraviesan el sistema de grietas, se observan muy bien en las fotos; poseen una longitud de 1 a 5 kilómetros. Los acimutes de dirección oscilan entre 80° y 65° , con un buzamiento vertical. En los niveles superior y medio, los embudos coinciden estrictamente con las intersecciones de las grandes fallas con las grietas de las rocas ultrabásicas. El eje mayor de los embudos, está claramente vinculado con el sistema de agrietamiento general de las rocas.

La distribución de los embudos en esta área, en gran medida está relacionada con los grandes quebrantamientos en dirección subparalela, los embudos aparecen como insertados según la dirección de las fallas, pero su eje longitudinal permanece relacionado con el agrietamiento general.

En el nivel inferior del relieve actual, los embudos se han difundido en los ocres producto de intemperismo y no alcanzan las rocas compactas del lecho de la corteza.

Estos embudos tienen contornos redondeados y son de tamaño pequeño; este factor hace casi imposible descifrarlos en las fotos, por lo que no aparecen en el esquema. En relación a la génesis de ellos, no se tienen aún elementos tectónicos de fundamento.

De esta manera queda establecida una relación precisa y completa de los llamados "embudos cársicos" en las serpentinitas, con las zonas donde se desarrollan bolsones de la corteza de intemperismo. La intensidad de la denudación de la corteza de intemperismo durante el levantamiento tectónico de algunos bloques de los macizos ultrabásicos que poseen corteza en su superficie, determinan la formación de los embudos en los niveles hipsométricos más altos, precisamente porque en estos niveles el drenaje de las aguas superficiales es intenso. Las aguas se infiltran a través del sistema de "tubos" de drenaje formados por las grietas, arrastrando consigo los materiales ocrosos de la corteza, de este modo las depresiones o bolsones de la corteza se transforman, al desaparecer los ocres, en embudos abiertos donde afloran las rocas compactas del lecho. (Figuras 15 y 16).

La época de levantamiento de algunos bloques del macizo ultrabásico del Norte de Oriente y de los quebrantamientos regionales, exige investigaciones especiales. Apoyándonos en las investigaciones del compañero autor de esta monografía, Dr. A. Núñez Jiménez,⁽¹⁶⁾ y de los doctores Sara Isalgú y Salvador Massip,⁽¹⁷⁾ podemos hipotéticamente referirlos al Cuaternario.

En conclusión, es de interés informar, que durante el estudio de la corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas, al hacer excavaciones en los frentes de explotación del Yacimiento Moa y en otros lugares, por debajo de la potente masa de ocres (hasta 50 metros) de la corteza, se descubren en el lecho peridotitas compactas débilmente serpentinizadas que presentan superficies con salientes agudos con el aspecto de típicos "dientes de perro" (Foto No. 12).

Los ocrees formados a partir de serpentinitas que yacen alrededor y por arriba de estos "dientes de perro", conservan totalmente la estructura de las serpentinitas originarias, inclusive puede verse que algunas vetas estructurales observadas en las peridotitas serpentinizadas con forma de "diente de perro" sin desplazamiento alguno, continúan y se adentran en los ocrees. Estas observaciones atestiguan que la génesis de los "dientes de perro" y consecuentemente de las dolinas o embudos y pequeños que yacen en el nivel superior de la superficie actual, no está vinculada con procesos posteriores de rejuvenecimiento, sino que se deben a los procesos originales que intervinieron en la formación de la antigua corteza de intemperismo.

Por todo lo anteriormente expuesto se deduce, que es necesario realizar estudios sistemáticos carsológicos

en toda la región descrita, comenzando por la exploración directa de las grandes dolinas 1, 2, 3 y 4, descritas brevemente en este trabajo y estudiar las pequeñas corrientes fluviales que atraviesan las 2 y 3 y sus posibles comunicaciones subterráneas hacia cuencas de los ríos de la zona. Es importante también, tratar de localizar alguna verdadera cueva en esas montañas de peridotita y serpentinita, así como estudiar otras regiones de tipología igual a la descrita, pues es muy posible que los fenómenos cárlicos aquí señalados se repitan.

Debemos recordar que el triángulo geográfico formado entre Maisí, Guantánamo y Sagua de Tánamo, repetidamente ha sido designado como la "tierra incógnita de Cuba".

He ahí un escenario al que deben ser dirigidos los afanes de nuestros investigadores.

BIBLIOGRAFIA

- (1) Martonne: "Traité de Géographie Physique", 1935; Paris.
- (2) Aley, Thomas: "Corrasional Cave Passage Enlargement" "Cave Notes" págs. 2-4 Vol. 7, No. 1, California January-February 1965.
- (3) Vinogradov, Y. B. "Caves of Mount Amir-Tamir" Samarkand (Alishek Navoi) State University, Papers on Karst in Uzbekistan (Proceedings, New Series, No. 134, 88 f. 1963 (Cita tomada de la revista "Cave Notes" California Vol. 7, No. 1 January-February 1965).
- (4) Lewis G. E. y Straczek J. A. 1955 "Geology of South-Central Oriente, Cuba". Bull. U. S. Geological Survey No. 975-D.
- (5) Adamovich A. F., Chejovich V. D., Trubina D. Y., Chejovich M. V., Shirokova V. N. y Pávlov A. U. 1962. "Estructura geológica y los minerales útiles de Moa (provincia de Oriente)". Manuscrito. Archivo Instituto Cubano de Recursos Minerales, I.C.R.M.
- (6) Novojatski I. P. "Los minerales útiles de Cuba" 1963. Manuscrito. Archivo Instituto Cubano de Recursos Minerales, I.C.R.M.
- (7) Adamovich A. F., Chejovich V. D. "Sobre la cuestión de las condiciones de formación de la corteza de intemperismo en las regiones geosinclinales (por ejemplo en la parte oriental de Cuba)". Ivestia. Academia de Ciencias de la U.R.S.S. Serie geológica No. 9, 1964.
- (8) Polinov B. B. "Corteza de intemperismo". Academia de Ciencias de la U.R.S.S., 1934 (Ruso).
- (9) Guinzburg I. I. (y otros). "Antigua corteza de intemperismo de las rocas ultrabásicas en los Urales", trabajos del I.G.E.M. Academia de Ciencias de la U.R.S.S. I parte, publicación (emisión) 30, 1964, II parte, publicación (emisión) 31, 1947. (Ruso).
- (10) Harrassowitz H., "Laterit Fortsch. Geol. u. Paläont. 1926 4.H.14.
- (11) Chakravarty S. "Nickel ore deposits in Indian Minerals". Vol. XIII, No. 2, 1959.
- (12) Pecora W. F. "Nickel-Silicate and Nickel-Cobalt deposit near Tocantins Gojaz, Brasil 1941.
- (13) Bull. Geol. de la Nouvelle Calédonie — Paris 1958.
- (14) Pecora W. T. and Higgs W. "Nickel deposits near Riddle Douglas-Oregon 1942.
- (15) Betejtin A. G. "Mineralogía" — Imprenta estatal geológica 1951. (Ruso).
- (16) Núñez Jiménez Cap. Antonio, "Geografía de Cuba", La Habana, 1959.
- (17) Massip Salvador e Isalgúe Sarah, "Geografía Física de Cuba", La Habana, 1942.