

INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO

FACULTAD DE GEOLOGIA Y GEOFISICA

G-428

CIC

Trabajo de Diploma

TITULO: VALORACION INGENIERO GEOLOGICA
DEL CARSO EN LA PROV. HOLGUIN

AUTOR: RAFAEL COUTIN LAMBERT.

TUTOR: ING. MANUEL HERNANDEZ PEREZ.



INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO
FACULTAD DE GEOLOGÍA Y GEOFÍSICA

00017428

0402-B

TRABAJO DE DIPLOMA

TITULO:

VALORACION INGENIERO~GEOLOGICA
DEL CARSO EN LA PROV. HOLGUIN



AUTOR:

RAFAEL COUTIN LAMBERT

TUTOR:

ING. MANUEL HERNANDEZ P.

MOA 1983

Ing. Rafael Coutín Lambert

Dpto. Ciencias Geológicas Básicas

Geología y Geofísica

ISMH-Moa.

RESUMEN

En este trabajo se desarrolla una valoración desde el punto de vista Ingeniero-Geológico del fenómeno del Carso en la Provincia Holguín.

Se ofrece una zonación Geomorfológica donde se informa la distribución geográfica y características Morfológicas más relevantes de las zonas distintivas del territorio. Es además presentada una caracterización geológica - detallada del fenómeno. Atendiendo a la estructura Geológica, Litología, - Hidrogeología y Geomorfología; así como la integración de cada uno de esos aspectos a una sistemática de nominación sencilla y memorizable, con su correspondiente caracterización, ofreciéndose tablas y anexos gráficos a dichos efectos.

También se valora el Carso por el desarrollo del proceso con óptica Ingeniería y se hace además una zonación Ingeniero-Geológica como referencia. Se mencionan además diferentes características orientativas de la Construcción de obras cárnicas, concluyéndose con un conjunto integrativo de memoria y anexos, un trabajo racional del tipo auxiliar, para las investigaciones Ingeniero-Geológicas inmediatas y mediatas que interesen dicho territorio o su posible aplicación fuera de sus límites Político-Administrativo.

I N D I C E

1.	Resumen	1
2.	Introducción	2
3.	Parte General	4
<u>Capítulo I</u> : Características Geográficas de la Provincia Holguín		4
1.1	Características Físico-Geográficas	4
1.1.1.	Generalidades	4
1.1.2.	Orografía	4
1.1.3.	Hidrografía	6
1.1.4.	Clima y Vegetación	6
1.2	Características Económicas	7
1.2.1.	Desarrollo Agropecuario	7
1.2.2.	Desarrollo Industrial	8
1.2.3.	Vías de Comunicaciones	8
<u>Capítulo II</u> : Características Geológicas de la Provincia Holguín....		10
2.1	Generalidades	10
2.2	Geomorfología	10
2.3	Geología Regional	13
2.4	Estratigrafía	15
2.5	Magmatismo	22
2.6	Tectónica	24
<u>Capítulo III</u> : Características Hidrogeológicas de la Provincia Holguín		-
3.1	Generalidades	26.
3.2	Descripción de los diferentes Complejos Acuíferos.....	26
<u>PARTE ESPECIAL</u> .-		
<u>Capítulo IV</u> : Volumen y Metodología de los trabajos		
4.1	Generalidades	30
4.2	Etapa de Búsqueda y Recopilación de la Información.....	30
4.3	Etapa del Trabajo de Campo	30
4.4	Etapa de análisis, Elaboración y Procesamiento de la información.....	31

Capítulo V : Características Regionales del Carso Cubano

5.1	Generalidades	32
5.2	Trabajos Precedentes	32
5.3	Clasificación Ingeniero-Geológica del Carso Cubano.....	35

Capítulo VI : Morfología Cársica

6.1	Generalidades	38
6.2	Descripción de las diferentes Zonas y Sub-Zonas.....	38

Capítulo VII : Valoración Ingeniero-Geológica del Carso en la-
Provincia Holguín.

7.1	Generalidades	55
7.2	Valoración Geológica del Carso	55
7.2.1.	Clasificación de las rocas cársicas según litología.....	56
7.2.2.	Clasificación estructural de los macizos cársicos.	59
7.2.3.	Caracterización Hidrogeológica de los macizos cársicos.....	62
7.2.4.	Clasificación Geomorfológica del Carso	71
7.2.5.	Clasificación Geológica del Carso.	75
7.3	Sistemática Ingeniero-Geológica del Carso.	75-A
7.3.1.	Aspectos Generales.	75-A
7.3.2.	Zonación Ingeniero-Geológica.	75-A
7.3.3.	Valoración apreciativa de las rocas carsificadas como ba se para la construcción Ingenieril.....	83
7.3.4.	Clasificación de las investigaciones Ingenieriles.....	86
7.4	Algunas consideraciones para la investigación Ingenieril..... en Zonas Cársicas.....	87
7.5	El Carso como proceso Físico-Químico del Medio Exodinámi co-Ingenieril-Terrestre.....	89

Capítulo VIII : Conclusiones y Recomendaciones.

8.1	Generalidades.....	91
8.2	Conclusiones.....	91
8.3	Recomendaciones.....	92
5.	Ilustraciones Fotográficas.....	94
6.	Relación de Anexos, Gráficos y Tablas.	110
7.	Bibliografía.	111

I N T R O D U C C I O N

El trabajo que a continuación se describe en esta memoria textual, es fruto del intento de valorar y clasificar el fenómeno Cársico en la Provincia Holguín, desde el punto de vista de su afectación a la construcción Ingenieril.

Hasta ahora en la práctica constructiva el rasgo fundamental de las investigaciones Ingeniero-Geológica ante la aparición de carso, en áreas predestinadas a diversas obras ingenieriles, ha sido la eliminación de estas variantes, y por tanto el umbral de este trabajo es caracterizado por la total ausencia de investigaciones precedentes y mucho menos de estudios geotécnicos o hidrogeológicos especializados, donde se pueda obtener desde el punto de vista cuantitativo y cualitativo algún criterio para una sistemática de carácter regional, por lo que ha surgido la necesidad de desarrollar intensos procesos analíticos sobre la base de la comparación con las regiones de Cuba Occidental donde estas investigaciones se han logrado difundir con cierta regularidad.

Otro punto de vista muy empleado en este estudio, ha sido la exposición de criterios hipotéticos dada la necesidad de ofrecer una guía orientativa par enfocar el estudio en estas zonas, así como para tratar de responder las incognitas dadas por las condiciones geológicas. Esto fundamentalmente ocurre en el caso del denominado Carso Cubierto donde las formas cársicas obviamente no pueden ser observadas directamente en el campo.

Bajo las crecientes exigencias del desarrollo constructivo de nuestra provincia, se ha planteado en el marco del Esquema Ingeniero-Geológico de dicho territorio, la tarea de valorar el fenómeno Cársico, pues es muy probable que en años venideros se haga necesario construir en estas áreas, antes desdeñadas.

El Carso introduce efectos anómalos en las condiciones Ingeniero-Geológicas de un territorio dado, determinados según los ensayos geotécnicos convencionales, pues los valores de las propiedades Físicos-Mecánicas y acuíferas no son ya representativas de las condiciones naturales del macizo, por lo que surge la necesidad de valorar mediante un estudio especializado estas zonas cársicas con el objetivo de determinar los efectos negativos de éste fenómeno, y tomar las justas medidas ingenieriles para la compensación de tal desequilibrio en las condiciones Ingeniero-Geológicas, debidas al Carso.

El objetivo principal de este trabajo es servir como investigación auxiliar de escala regional, paralela a la Esquematización regional de las condiciones Ingeniero-Geológica de la provincia Holguín, desarrollada por nuestra Facultad. Para esto se ha condicionado la metodología empleada al punto de vista geológico e Ingeniero-Geológico, y por tanto se tratará el Carso como fenómeno y/o proceso geológico y no como objeto, criterio muy generalizado en las investigaciones geográficas y geomorfológicas, que han primado en la literatura carsológica especializada en Cuba, por lo que de forma aclarativa exponemos el criterio de Savarinski F.P. (1933) que tiene una óptica marcadamente geológica; ... "Como Carso se sobreentiende los fenómenos relacionados con la actividad de las aguas subterráneas expresadas en la lixiviación de las rocas solubles agrietadas y la formación de cavidades en las rocas acompañadas de derrumbes, hundimiento del techo y originándose diversas formas superficiales"...

Es por tanto una investigación destinada a los trabajos geológicos e ingeniero-geológicos en zonas cársicas, por lo que queda excluida toda objeción no fundamentada en estos parámetros. Bajo estas premisas se ha acometido este estudio, que pese a sus posibles limitaciones constituye la primera investigación de este género en la provincia, y es por tanto antecedente directo de cualquier investigación carsológica-ingenieril, que con mayor detalle se realice en nuestro territorio, dejamos pues a consideración del personal interesado, este nuestro modesto aporte al quehacer investigativo ingenieril de nuestro territorio.

P A R T E G E N E R A L

Capítulo I: Características geográficas de la provincia Holguín.

1.1 Características Físico-Geográficas

1.1.1 Generalidades:

La provincia Holguín ocupa un área de 9110 Km² que representa el 82% del territorio nacional localizada al noreste de la región oriental del país, limitando al oeste con Las Tunas al suroeste con Granma al sur con Santiago de Cuba y al sureste con Guantánamo (gráfico 1)

Por su gran extensión, la provincia Holguín abarca territorios geográficamente diferentes con características del relieve e hidrografía propias, por la que la geografía de dicha región tiene un carácter muy variado encontrándose desde extensas llanuras, como lo son la aluvial del Cauto y la de Nipe, hasta regiones montañosas de considerable importancia como lo son las Sierras de Nipe-Cristal y Moa-Baracoa.

El clima de la región de forma general, es de un carácter semicontinental ubicado en la zona tropical que es característico, en línea general para todo el archipiélago cubano, a pesar de esto existe cierta variedad microclimática, debido a la variedad del relieve así como al carácter de los vientos que azotan al territorio, la hidrografía es abundante en corrientes de notables caudal en forma general y dependiendo de sus características y de los principales rasgos geológicos-geográficos de las regiones donde dichas corrientes se desarrollan.

1.1.2 Orografía:

Como rasgos característicos del relieve de la provincia se pueden destacar 4 regiones naturales;

Peniplano Camagüey-Holguín.

Llanura fluviomarina del Cauto.

Cuenca de Nipe.

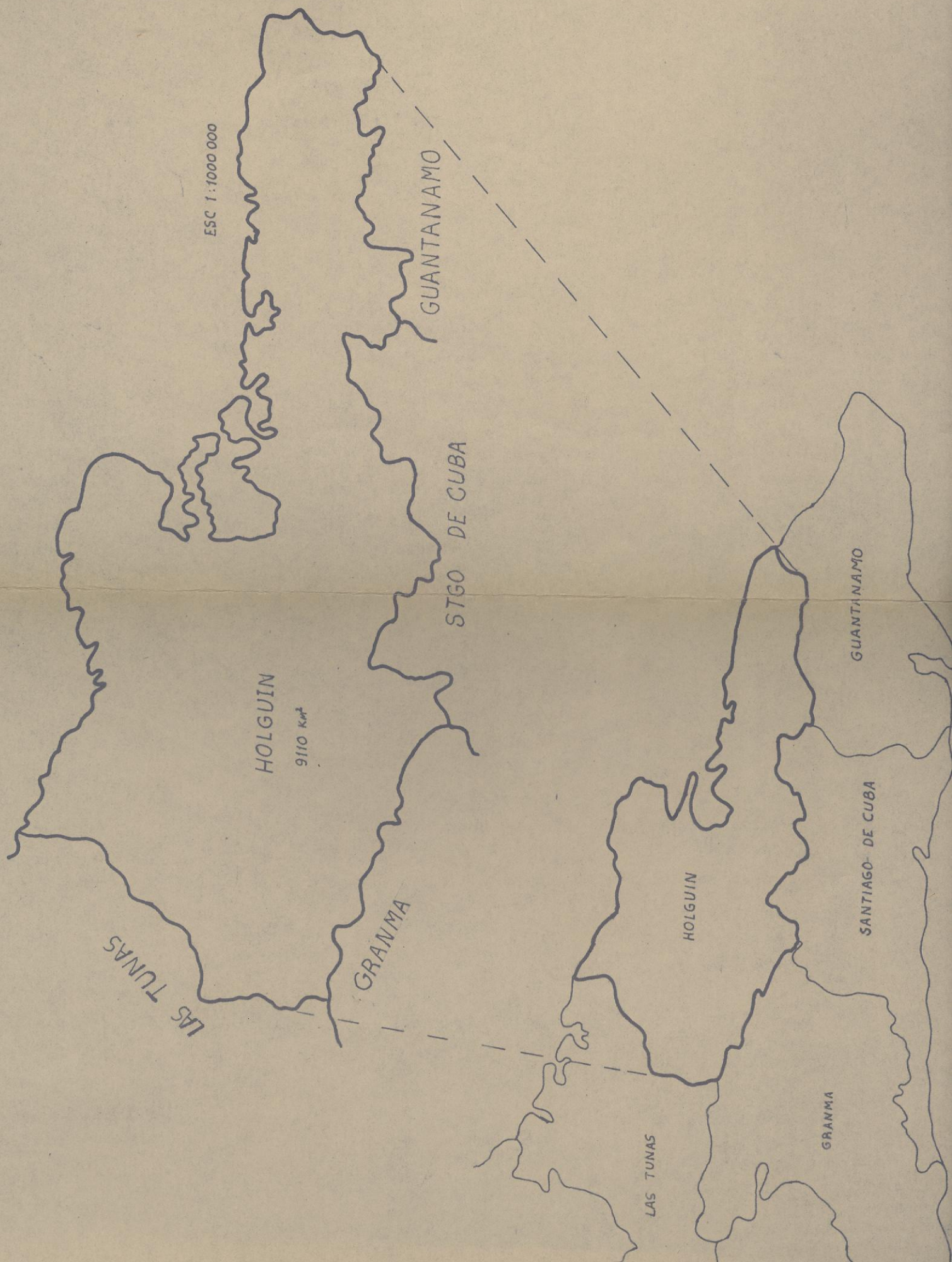
Sierras de Nipe-Cristal-Baracoa (gráfico 2)

a) Peniplano Camagüey-Holguín: Está constituido por 3 subregiones naturales.

- Alturas Cupeicillo-La Candelaria: Se localiza directamente al oeste de Gibara, está constituida por elevaciones calizas del Cretácico con un relieve de alturas petrogénicas, fuertemente carsificada con un intrincado relieve de elevación mogotoides de cimas aplanadas, hoyos (poljes) y cuevas, con cotas entre 200 y 243 metros (22).

- Alturas y llanuras de Maniabón; se encuentra al sur del antes citado. Esta subregión está constituida por complicado relieve erosivo-denudacional de llanura onduladas con cerros aislados, premontañas y montañas bajas desarrolladas sobre una compleja estructura alpinotípica (4).

- Elevaciones Banes-Cacocum: Esta subregión se encuentra ubicada en la parte cen la parte centro y oeste de la provincia, y que



ESC 1:1000 000

GUANTANAMO

STGO DE CUBA

HOLGUIN

9110 Km²

GRANMA

LAS TUNAS

HOLGUIN

GRANMA

SANTIAGO DE CUBA

GUANTANAMO

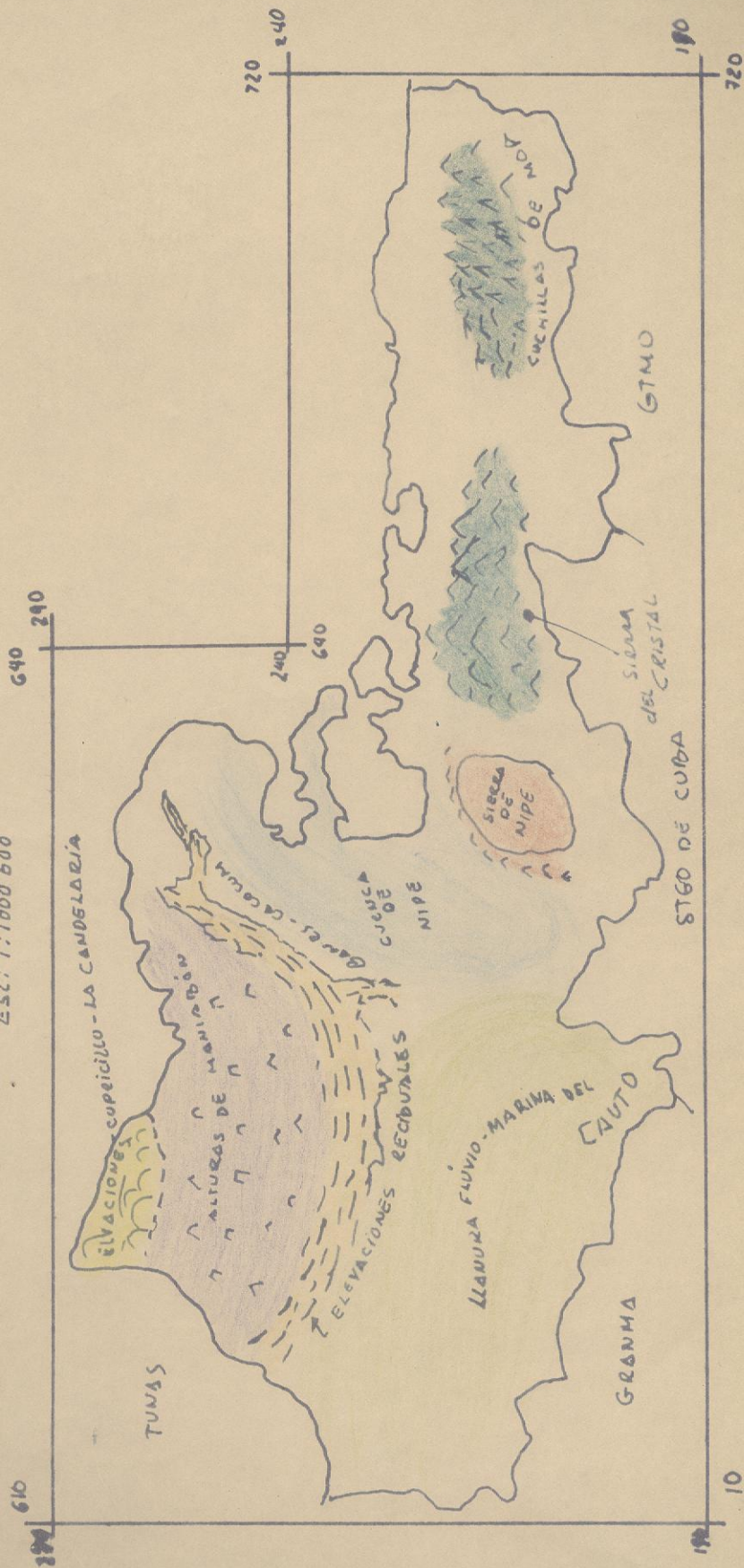
LAS TUNAS

rodea en forma de una herradura abierta hacia el oeste a las alturas y - llanuras de Maniabón. Está constituida por elevaciones mesetoides crestas y cuevas fracturadas tectónicamente, que constituyen los restos de la cobertura post-Larámica de la región (4)

- Llanura fluvio-marina del Cauto: Es una llanura interior constituida por sedimentos aluviales y calcáreas que se caracterizan por un relieve casi totalmente llano, se extiende en los territorios administrativos de la provincia en la parte sur del municipio Cueto hasta el límite occidental provincial (22).
- Cuenca de Nipe: se encuentra bordeando la bahía de Nipe y se desarrolla sobre formaciones carbonato-terrágenas, el relieve es de llano a ondulado y hacia el suroeste transiciona a la llanura del Cauto, el rasgo característico del paisaje lo constituye en gran contraste entre esta inmensa llanura y las elevaciones de la sierra del mismo nombre que la limitan al sur.
- Sierras de Nipe-Cristal-Baracoa: esta región natural está integrada por varias subregiones características limitadas entre sí por los estrechos valles de los principales ríos que la atraviezan (22).
- Sierra de Nipe: se encuentra limitada al oeste por la llanura del Cauto - al norte por la cuenca de Nipe al oeste por el río Mayarí.
El relieve de esta subregión lo constituyen fundamentalmente la altiplanicie de Nipe cuya superficie de aplanación tiene cotas que oscilan alrededor de los 700 m y cuyo punto culminante lo constituye la Mensura - con 995 m, esta elevación está constituida por rocas serpentiniticas, - con grandes espesores de cortezas lateríticas. El resto de la altura lo constituyen las serranías premontañas que bordean toda la base de la meseta, separadas de ella por algunos valles interiores. Estas alturas - son fundamentalmente crestas y cuevas calizas compuestas además por margas y rocas vulcano-intrusivas constituyen una especie de arco cárdico - representado por las alturas de Bitirí, Serones, Canapú, Seboruco etc. - (22).
- Sierra del Cristal: se encuentra entre los valles del río Mayarí y Sagua de Tánamo, lo constituye un macizo montañoso de relieve muy vigoroso predominantemente de crestas de formas mas o menos circulares de unos 40 Km de diámetro en cuyo centro se erige el pico Cristal con 1231 m de altitud. Está desarrollado sobre rocas serpentiniticas, caracterizado por un estilo tectónico propio, limita al sur con la meseta del Guaso de la cual la separan grandes fallas, Las laderas septentrionales de la sierra del Cristal llegan casi hasta la costa donde se desarrollan grandes bahías - de bolsa como la de Cabonico, Levisa y Sagua de Tánamo (22).
- Sierra de Moa: está constituida por alturas que se extienden entre el -- río Sagua de Tánamo y el río Jiguaní limitando al sur con el río Jaguaní

OROGRAFIA PROV. HOLGUÍN

ESCA: 1:1000 000



Está desarrollada sobre diversas litologías las mayores alturas del macizo es el Toldo con 1139 m de altitud y el rasgo mas característico es el desarrollo del relieve de Cuchillas que denominan a este tipo de elevaciones al sur de Moa. Es aquí donde en las mayores alturas se observa una interesante expresión topográfica de depresiones pseudocársicas, sobre rocas serpentínicas apareciendo además otros rasgos del microrelieve característico del Carso (22).

1.1.3 .Hidrografía: La provincia Holguín cuenta con varias corrientes -- superficiales importantes como son el río Mayarí, Sagua, Cacoyo -- güín y otras de menor importancia, que conforman la red hidrográfica provincial. Casi todos los ríos desembocan en la vertiente -- norte sirviéndoles de divisorias las diferentes elevaciones y sierras que se encuentran bordeando sus respectivas cuencas. Respecto a esto, solo algunas corrientes de menor importancia drenan hacia la vertiente sur como es el caso del río Holguín que lo hace hacia el Cauto (1).

La red hidrográfica de la provincia se encuentra desmembrada, presentando un estilo dendrítico, las montañas estan surcadas por cañadas que sirven de drenaje a las aguas superficiales en período de lluvia. Dentro de los principales ríos aparecen algunos con -- gastos residuales como es el caso del río Moa el cual puede rebasar los 40 litros /seg. que lo define como un río caudaloso. Los valles de los ríos son abruptos y estrechos en la mayoría de los casos formando especies de cañones (gráfico 3).

1.1.4 Clima y Vegetación: todo el clima de la provincia está fuertemente influenciado por su orografía, donde las montañas sirven de -- pantallas a los alisios del nordeste, los cuales cargan la vertiente norte con copiosas lluvias . También esta zona se encuentra sometida al régimen de brisas y terrales, así como a los vientos gravitacionales (que descienden siguiendo aproximadamente el curso de los ríos).

En todas las franjas costeras y la cuenca de Nipe se siente la -- fuerte influencia de los alisios por lo cual es característico la fuerza del viento que provoca fuerte deformación en las plantas. La dirección predominante de los vientos tomado en Cabo Lucrecia es Este-Oeste, con una velocidad promedio local de 3,6 m/seg. (gráfico 5). (Media anual).

La provincia Holguín se encuentra en una franja donde la presión atmosférica varía entre los 761.5 mm (media anual)

Las temperaturas medias mensuales del aire oscilan entre 18 C y -- 27 c (gráfico 4)

HIDROGRAFIA

PROV. HOLGUIN

ESC. 1:1000 000

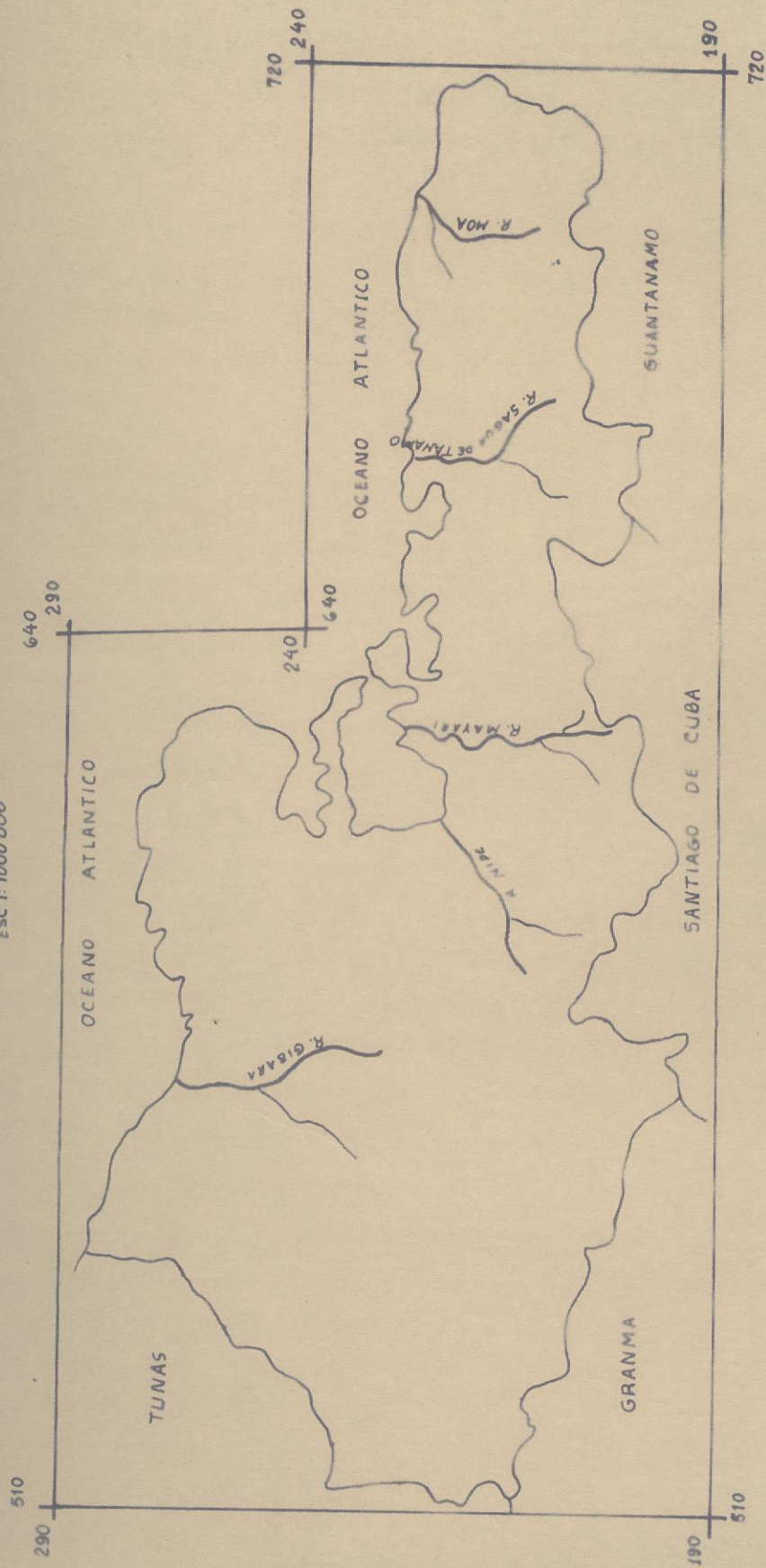


GRAFICO 3

Se localizan los mayores valores siempre hacia las zonas costeras mientras que los menores, se encuentran hacia las zonas montañosas. El régimen pluviométrico de la provincia es variable en distintas zonas dentro de un mismo período (de seca o de lluvia) y esto es debido a las características climáticas locales, generada por el relieve y régimen de viento. En el período de seca (de Noviembre a Abril) las precipitaciones oscilan entre 200 y 1000 mm localizándose esta última cifra en la sierra de Moa, ya que en las demás zonas de la provincia para este período las precipitaciones son menores. Referente a las precipitaciones medias anuales estas oscilan entre 1000 y 2000 mm de lluvia real caída, localizándose los máximos valores en las elevaciones de las regiones Nipe-Cristal - Baracoa. Existen zonas como en Banes donde el régimen pluviométrico está desfasado del resto del territorio con un período de humedad muy corto que fluctúa entre los meses de Octubre y Enero. En las zonas comprendidas entre Mayarí y Sagua de Tánamo hay dos períodos secos y dos húmedos aunque prevalecen los tiempos lluviosos y se pueden contar alrededor de ocho meses con buenas condiciones para la agricultura.

En la provincia Holguín se encuentra desarrollada una abundante vegetación donde predomina el Pino Cubensis desarrollado sobre los suelos lateríticos de Moa y Mayarí a raíz de la repoblación forestal. Además de encontrarse una vegetación de cultivo (plantaciones cañeras, siembras, huertos, frutales, pastos etc.) con sectores de vegetación espontánea arborea y arbustivo (1).

1.2 Características Económicas.

La base económica fundamental es el sector agropecuario y minero, el territorio abarca dos zonas muy diferenciadas, la occidental con predominio del desarrollo agrícola, y la oriental con un marcado desarrollo industrial prospectivo. El rasgo predominante en la provincia es la producción azucarera basada en las Industrias de este género asentadas como núcleos de los diferentes complejos agroindustriales de la caña de azúcar.

1.2.1 Desarrollo Agropecuario. La actividad agrícola está conformada de manera tal que las producciones obtenidas se destinan a satisfacer las necesidades de materias primas que regulan la Industria, y las crecientes demandas de la población.

De las tierras bajo control Estatal el 47% corresponde a la agricultura, el 7% representa las zonas no agrícolas y el 46% a las áreas forestales localizadas en los municipios Moa, Sagua y Mayarí. Por la topografía general de la provincia y las actividades que se realizan en cuanto al desarrollo y aprovechamiento forestal, la selvicultura será un renglón con determinada importancia en la economía provincial.

ZONAS TERMICAS e ISOYETAS

PROV HOLGUIN
ESC 1:1000 000

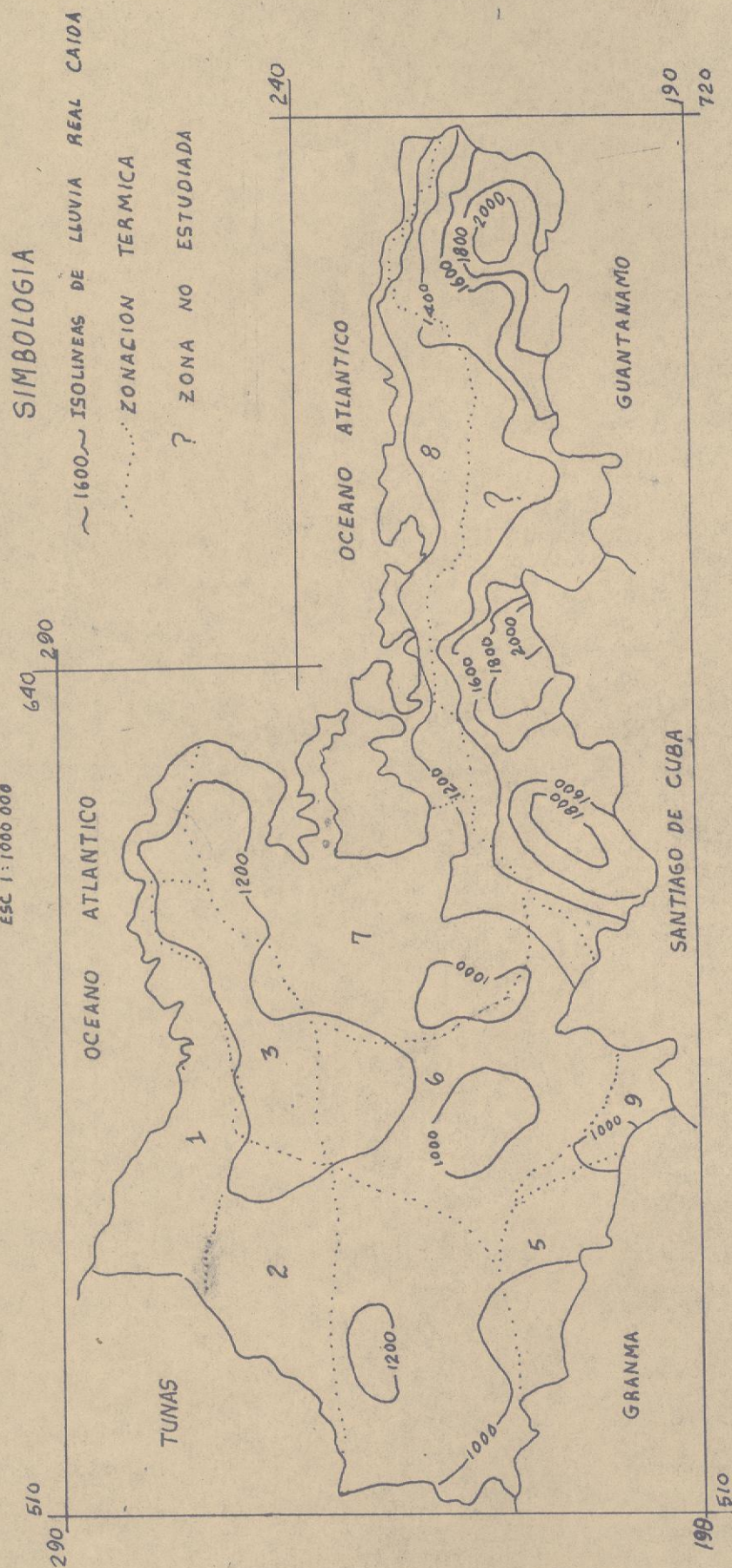


GRAFICO 4

La superficie agrícola se encuentra cultivada en el 66% y el 7% de la misma se encuentra dedicado a plantaciones cañeras localizadas en la mayor parte del territorio, el resto de las áreas se dedican a cultivos temporales de ciclo de producción corto. La ganadería se desarrolla en todos los municipios exceptuando el municipio de Moa. En cuanto a las áreas del sector privado también se desarrollan plantaciones similares a las del sector estatal.

1.2.2 Desarrollo Industrial.

En 1958 la producción de níquel era de 17,946 Ton. en 1960 fué puesta en marcha una nueva planta y la producción fué incrementándose llegando a establecerse entre 35 y 37 000 Tn. al año. Las producciones iban ascendiendo en la medida que se modernicen las plantas existentes y se instalen nuevas unidades. La producción de materiales de construcción en el año 1975 era 5,6 veces mayor que la alcanzada en 1971 debido a la instalación de nuevas capacidades de producción.

La Industria Sideromecánica ha tenido algún desarrollo con la existencia de fábrica de acumuladores, así como la importante existencias de las industrias de producción de combinadas cañeras K.T.P.1, Fábrica de Implementos Agrícolas. La Industria pesada actual en la provincia-Holguín puede verse multiplicada, en los años venideros según el plan de desarrollo industrial prospectivo con el montaje de una nueva planta de Níquel en Punta Gorda, y la futura instalación del proyecto --- CAME 1, la Siderúrgica de Cajimaya, el combinado mecánico del Níquel en Moa y la C.E.N del Norte de Holguín.

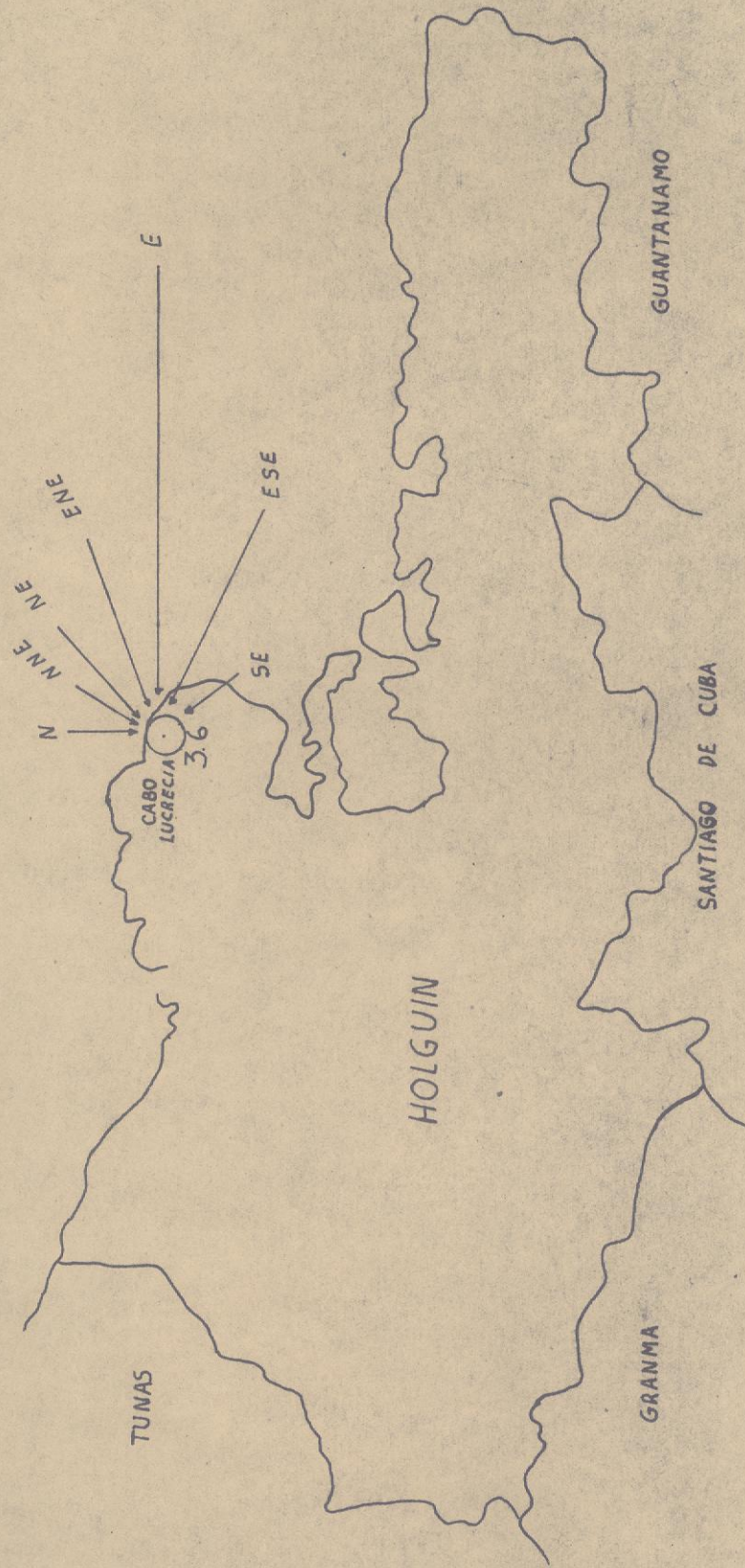
Por lo que puede verse aparejado al desarrollo industrial se desarrollará un enorme salto en las construcciones de obras ingenieriles de todo tipo, lo cual plantea la necesidad de la cognoscibilidad integral de las condiciones ingeniero geológica de la provincia.

En cuanto a la Industria ligera se cuenta actualmente con 41 unidades de producción y servicios, además se cuenta con 96 unidades de producción y servicios en el sector alimenticio. (45)

1.2.3 Vías de Comunicación.

El incremento de las comunicaciones ha sido constante lo que se expresa en las instalaciones que amplían la red telefónica la construcción vial, la adquisición de nuevos equipos y medios de transporte y comunicación. Se cuenta con un puerto y siete subpuertos dedicados a la explotación de azúcar, minerales y la recepción de materias primas y otros productos.

ROSETA DE LA DIRECCION PREDOMINANTE DE LOS VIENTOS



3.6 PROMEDIO LOCAL DE LA VELOCIDAD DEL VIENTO ; m/seg

La provincia cuenta con un aeropuerto principal y dos menores en cuanto a los ferrocarriles, se cuenta con una amplia red de vías férreas siendo el Antillano el segundo ramal en importancia de las provincias orientales teniendose además 48 instalaciones postales, 21 telefónicas, 13 - radiales y una televisiva que cubre toda la provincia. (45)

Capítulo II. Características Geológicas.

2.1 Generalidades.

La provincia Holguín dado por su apreciable extensión superficial abarca territorios con características geológicas variables, sobre todo en el tipo de estructura y la expresión geomorfológica - de los diferentes eventos geológicos que han influido en la forma ción del relieve actual.

En este epígrafe introductorio se debe aclarar que por poseerse - únicamente el mapa 1:100 000 de la Brigada Cubano-Hungara (BCH) - se ha tenido que asumir la terminología litoestratigráfica y zona ción geotectónica dada por estos investigadores, sobre todo para - las zonas pocos investigadas por nuestra Facultad, en la mitad - oriental de nuestra provincia se ha mantenido los criterios de los trabajos realizados por la Facultad, relacionadas bajo la nomenclatura de la BCH con objetivo de ser reflejado útilmente por el ma - pa, pero la descripción y conceptualización están enfocados desde los - puntos de vista manejados por los investigadores del I.S.M.M.

2.2 Geomorfología.

El relieve actual de la provincia Holguín es el resultado del con - tinuo desarrollo e interacción compleja de los procesos endodinámi - cos y exodinámicos de la tierra, por eso se destacan en el paisaje en dependencia del predominio en su expresión morfológica, de los - factores que lo generaron o los que han modificado su forma inicial. Esta provincia abarca regiones en cuya expresión fisiográfica se - encuentran altas montañas, grandes llanos, caudalosos ríos, gran - des recursos naturales, que hacen de ella uno de los mas ricos te - rritorios del país (45).

Los rasgos fundamentales del relieve son:

- a) Llanuras abrasivo-denudativas.
- b) Llanuras fluvio-marinas.
- c) Llanuras erosivas.
- d) Llanuras aluviales.
- e) Mesetas.
- f) Premontañas.
- g) Montañas bajas .
- h) Montañas medias.
- i) Altas montañas.

Breve descripción y Ejemplificación.

- a) Llanura abrasivo denudativa; comprende las llanuras costeras de reciente emersión donde se pone de manifiesto los procesos denu - dativos y abrasivos litorales, generalmente asociados al desa - rrollo cársico, Ej. Llanura costera del norte y este de Banes.

- b) Llanura fluviomarina ; Son cuencas marinas neeríticas emergidas, sobre la cual se han depositado sedimentos fluviales, y debido a la estructura geológica y procesos denudativos afloran tanto los sedimentos aluviales como los marinos Ej. Llanura fluviomarina del Cauto.
 - c) Llanura erosiva; Son los territorios caracterizadas por bajo relieve y poca pendiente, donde está relieve se ha logrado a expensas de una profunda denudación de la estructura geológica (anticlinal de Holguín) quedando como expresión morfológica los llamados peniplanos, en los cuales se observan como un relieve contrastante los cerros calizos, típicos de la subregión de Maniabón.
 - d) Llanura aluvial; caracterizan los cursos medios y finales de los principales ríos, que han podido desarrollar una apreciable disección horizontal, con la consabida acumulación aluvial en su valle, como ocurre en los valles fluviales de los ríos Mayarí y Sagua.
 - e) Mesetas; se caracterizan por tener una superficie de aplanación con elevadas cotas topográficas, como es el caso de Pinares de Mayarí donde se tiene escasos valores de pendientes en cotas de alrededor de 700 mt.
 - f) Premontañas; son abundantes en las zonas marginales de la altiplanicie de Nipe se caracterizan por tener cotas que no alcanzan los 200-mt. de altitud con el predominio de formas positivas del relieve. También pueden encontrarse en relieves petrogénicos como es el caso de las llanuras erosivo-denudativa.
 - g) Montañas bajas; son así denominadas las elevaciones que sobrepasan los 200 mt. (28) y sus máximos valores promedios no sobrepasan los 400 mt., son muy comunes en la parte occidental de las cuchillas de Moa, y en la parte media de la distancia radial al centro del macizo de Sierra del Cristal.
 - h) Montañas medias; son las elevaciones cuyo rango hipsométrico sobrepasa los 400 mt. quedando por debajo de los 800 (Op.Cit.) son muy comunes en todos los grupos orográficos, constituyendo las principales elevaciones, o los contrafuertes y estribaciones de las partes centrales de los macizos.
 - i) Altas montañas; constituyen las cimas que se ierguen por encima de los valores de 800 mt. formando los picos centrales y puntos culminantes de las distintas sierras de la provincia, entre ellos tenemos el Toldo, la Mensura y el Pico Cristal.
- Cada uno de estos tipos de relieve están asociados a litologías características y al desarrollo de los movimientos neotectónicos que han sufrido en mayor o menor cuantía.

Desde el punto de vista morfoestructural se pueden diferenciar tres - zonas características por la expresión en el relieve de las estructuras geológicas regionales:

- A- Zona Tunas-Holguín; comprende el extenso anticlinorium del mismo nombre, donde la evolución del relieve inicial se caracterizó por un estilo Alpinotípico (4) denudado, cubierto por secuencias post-larámicas (Op.Cit.), y posteriormente intensamente denudado en su parte central, que presenta como rasgos característicos la aparición de la estructura prelarámica compleja, muy denudada con cerros Clippes (34) que afloran por erosión diferencial con marcado contraste topográfico, presentándose además en las zonas periféricas un relieve desigual constituyente del paisaje Banes-Cacocum (4).
- B- Zona Guacanayabo-Nipe; corresponde a extensas zonas llanas, con características de acumulación marina y fluvial, que representan zonas de depresión estructural, que expresan en superficie las geoestructuras constituídas por el Sinclinal Oriental y la Cuenca Babi - ney - Maisí.
- C- Zona Nipe-Cristal-Baracoa; aunque corresponde al nombre de la zona Estructurofacial propuesta por la B.C.H. no se asume el contenido de esta representación en su descripción morfoestructural, sino que el autor se adhiere al criterio que trata esta extensa región como una estructura anticlinal compleja (6) (Anticlinal Oriental-Cobie - lla et.Al) constituída por varios mantos tectónicos relacionados con el emplazamiento de las serpentinitas. Es característico de esta zona una profunda disección vertical y por una notable tendencia a ascenso, lo que se pone de manifiesto por la alta energía del relieve y su morfología.

2.3 Geología Regional.

Esta caracterización se hace en base a los datos obtenidos del informe de la Brigada Cubano-Hungara (B.C.H.) sintetizado por H. Barrabí, - (6) donde se hace una zonación estructurafacial de las provincias -- orientales y se proponen las estructuras superpuestas (gráfico 8).

Zonación Estructurafacial.

- 1) Zona Caimán.
- 2) Zona Tunas.
- 3) Zona Auras.
- 4) Zona Sierras de Nipe-Cristal-Baracoa.
- 5) Zona Remedios.

Estructuras Superpuestas.

- a) Cuenca Guacanayabo- Nipe.
- b) Cuenca Guantánamo.
- c) Sinclinorio Central.
- d) Franjas Transgresivas.Litorales.

Descripción de las Zonas Pre-Cubanas.

- 1) Zona Caimán; se extiende a lo largo de la Sierra Maestra desde el río Toro hasta el Baconao, no será descrita por no aflorar en el territorio de Holguín.
- 2) Zona Auras; comprende a Manatí, Maniabón, Holguín y Santa Lucía. Estructura; la conforma un melange en forma de arco en bandas --- alargadas, constituido por escamas y nappes de ultrabasitas y por una secuencia vulcano-sedimentaria^a, contiene enormes inclusiones-tectónicas y franjas menores de micro-melange. La convergencia - general de las formas escamosas es hacia el norte.

Litofacie; son característicos los cuerpos de ultramafitas, las - inclusiones tectónicas, principalmente de calizas cretácicas y -- gabros.

- 3) Zona Tunas; se extiende entre los ríos Cabrera y Jobabo hasta Camagüey.

Estructura; constituye un anticlinorio fuertemente erosionado en los estadios finales de la evolución geosinclinal, su núcleo está constituido por un cuerpo granodiorítico (Camagüey-Tunas) y en -- los flancos sur y norte predomina una secuencia vulcano-sedimentaria con frecuencia contacto-metamorfizada.

Litofaci^e₂; con frecuencia aparecen hornfelsas, la ausencia de ultramafitas es el rasgo fundamental, así como la abundante presencia de rocas vulcanógenas.

- 4) Sierra de Nipe-Cristal-Baracoa; abarca los territorios de las Sierras del mismo nombre.

Estructura; B.C.H. (gráfico 8) la caracteriza por bloques horsticos y graben, entre un sistema de fallas antiguas post-cubanas, considerando además que esta dislocación es contemporánea con la formación de los nappes de ultramafitas.

Cobiella et. Al, proponen denominar esta estructura como Anticlinal -- Oriental (6) que abarca las Sierras de Nipe, Cristal, del Purial y -- las cuencas del río Sagua, Mayarí y las cuchillas de Toa. Esta estructura se caracteriza por tener su núcleo formado por rocas generalmente muy deformadas, que constituyen una serie de mantos tectónicos, -- donde las relaciones estratigráficas son secundarias, los flancos están constituidos por rocas Cenozoicas poco dislocadas, con ligeras -- discondancias angulares que no alteran la estructura del flanco.

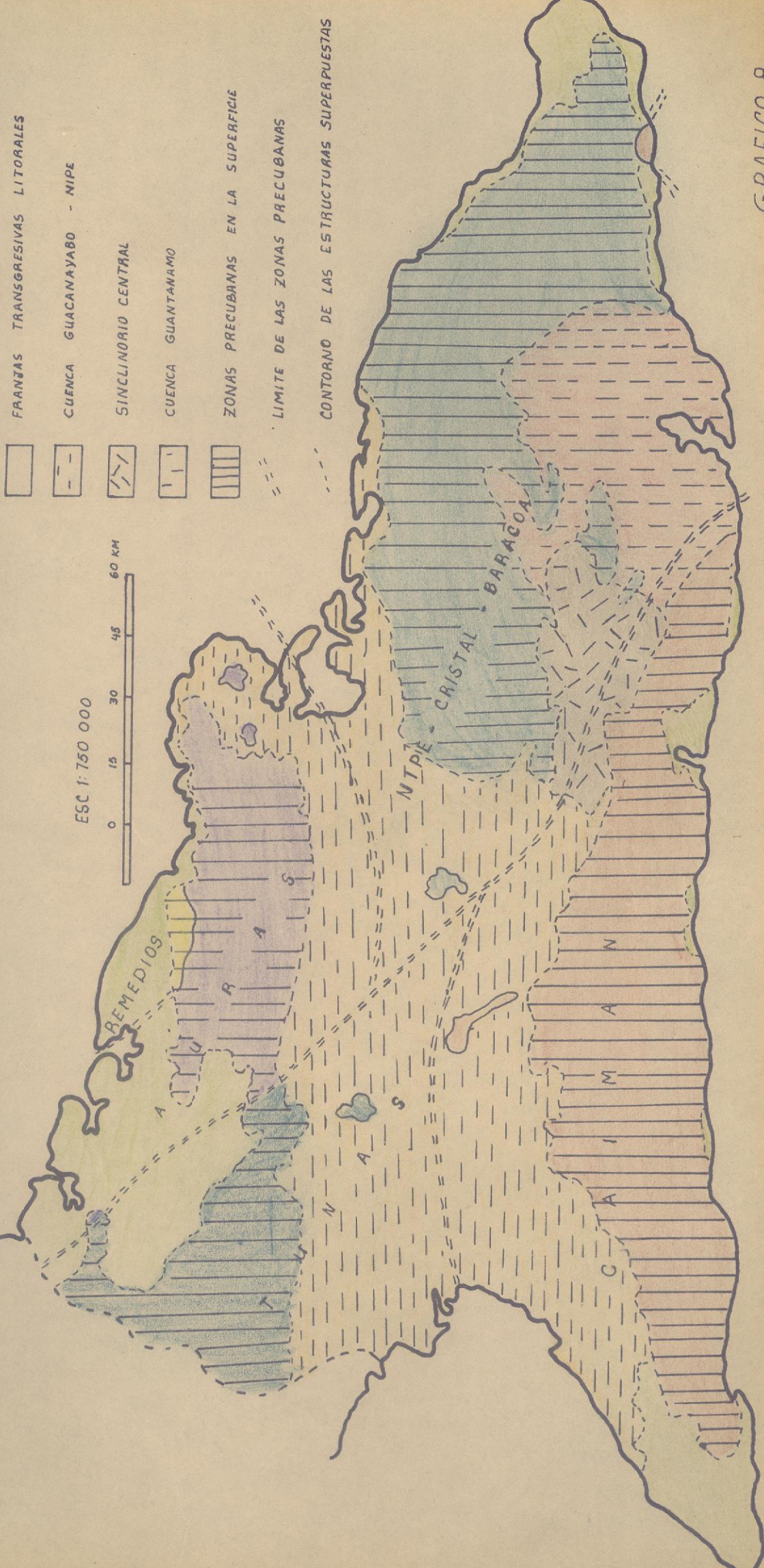
Litofacia^e; es sumamente variable.

Caracterización de la Estructuras Superpuestas.

Las unidades estructurales post-cubanas están formadas por cuencas superpuestas y franjas transgresivas-litorales, están constituidas por depósitos carbonatado-terrágenos, biógenicos, de molazas y sus combinaciones.

- a) Cuenca Guacanayabo-Nipe; es una depresión que se ensancha hacia el Golfo de Guacanayabo y se estrecha hacia la bahía de Nipe, su eje principal presenta una dirección NE-SO afectadas por las elevaciones del anticlinorio Sierra Maestra y las elevaciones de la Sierra de Nipe por la parte norte. Estructuralmente se subdivide en tres subdepresiones; Guacanayabo, Cacocum y Nipe, las dos últimas son -- las concernientes a nuestro estudio.
- b) Cuenca de Guantánamo; no se manifiesta en la provincia Holguín.
- c) Sinclinorio Central; no se manifiesta en la provincia Holguín.
- d) Franjas Transgresivas Litorales; en ella se incluyen dos unidades, la franja septentrional y la meridional, la primera se extiende desde el río Cabrera hasta Guardalavaca y la segunda no aflora en nuestro territorio, son zonas de sedimentación post-cubanas, edad N-Q -- son estructuras isoclinales que buzan hacia el mar y se dividen en bloques emergidos y hundidos por fallas recientes.

ESQUEMA DE LA POSICION DE LAS ESTRUCTURAS PRINCIPALES



2.4 Estratigrafía

El corte estratigráfico de la provincia Holguín es muy complejo, para su mejor comprensión y relación gráfica se ha corelacionado la interpretación de H. Barrabí (6) con la nomenclatura empleada por la B.C.H. (Anexo 1).

Zona Remedios.

Aparecen representando una parte del Miogeosinclinal, que es sobrejacida hacia el norte por las franjas transgresivas post-cubanas, en forma discordante, la parte inferior incluye las rocas mas antiguas de la provincia constituídas por las Fm. Gibara y El Jobal, de edad K.

Fm. Gibara (GIB); localizada en el municipio del mismo nombre -- constituída por calizas criptocristalinas, compactas, estratificadas, blanco parduzcas. Mas arriba aparecen calizas microcristalinas y margas, presentando un cambio facial con ligera discordancia angular. Pasando a la parte superior del corte se observa el predominio de calizas masivas densas, fosilíferas, amarillentas con fragmentos de Rudistas. Junto con la orogénesis Larámica termina su deposición comenzando la sedimentación de la brecha calcarea de la formación Embarcadero, discordantemente.

Fm. El Jobal (JOB); localizada en el poblado de igual nombre. Afloran calizas dolomíticas y dolomitas grises parduzcas, poco estratificadas, en estrecha relación con la Fm. Gibara, no contiene material terrígeno ni vulcanógeno, de génesis neerítica-pelágica de edad K Campaniano.

La parte superior del corte caracteriza otros estadios evolutivos de esta megafacie.

Fm. Embarcadero (EMB); localizada al sur de Gibara. Constituye una brecha calcarea bien cementada compacta, compuesta por fragmentos de rocas carbonatadas del K, cementadas por material similar, constituye una brecha sinorogénica, relacionada con los eventos Larámicas, de edad K Maestrichtiano - P₁.

Fm. Vigía (VIG); aparece en buenos afloramientos en la loma de La Vigía (Loc.Tip) cerca del poblado de Auras, constituídas de piso a techo; por areniscas con intercalaciones de calizas y margas, integradas por fragmentos de serpentinitas, calizas y vulcanitas, todas del K. Mas arriba afloran tobas zeolitizadas, lutitas, y margas estratificadas, en estructura general plegadas, con buzamiento de 15 a 40°, de edad aprox. P₁³ P₂².

El resto de las formaciones son depositadas en fases post-cubanas pertenecientes a las estructuras superpuestas.

Fm. Rancho Bravo (RBR); aflora en los caseríos de Rancho Bravo y Cupeicillo, está constituida por conglomerados polimicticos verdes-oscuros, con cemento calcáreo, los fragmentos estan bien elaborados, - de rocas intrusivas y serpentinitas, procedentes de la zona Auras, - así como calizas y dolonitas de Remedios.

Litofacié: terrígeno-carbonatada, molásica, fosilífera, de edad P .

Fm. Vazquez (VAZ); aflora en las áreas de Manatí, Naranjo y Vazquez - (Loc.Tip.) Estendiendose por el norte de Gibara, representando de piso a techo por; margas amarillentas, calizas organodetríticas bien es tratificadas, capas de arcilla bentoníticas y fosilíferas.

Litofacie; carbonática-biogénica, con influencia terrígena y asociaciones evaporíticas, edad Miocenomedio.

Fm. Puerto Padre (PPD); aflora en las cercanías de la ciudad del mismo nombre. Se extiende cubriendo las zonas Auras y Remedios, compuestas por Bivalvo-calcarenitas oolíticas de color blanco amarillento.

Litofacie; carbonática-biogénica, de edad Mioceno superior o plioceno-pleistoceno.

X Zona Auras; considerada como un macromelange, de estilo tectónico -- muy característico, con litologías de variadas características litogenéticas.

Fm. Iberia (IBE) aflora en el poblado de Iberia (Loc.Tip.) complejo-vulcanógeno-sedimentario, donde alternan con frecuencia los mantos - de efusivos, de composición andesítica-basálticas y piroclastitas -- de la misma composición, diferencianse tres litologías principales, - de origen volcánico; lavas, piroclastitas, y sedimentarias vulcano-clásticas. Datadas por la B.C.H. como pertenecientes al P P .

Sus contactos con otra litología como con sus miembros son siempre - tectónicos, por lo que no puede establecerse su correlación estratigráfica exacta.

Los miembros asignados son:

Lindero (I-LD) ; de composición carbonatada con material vulcanógeno.

Tinajitas (I-TN); de constitución carbonatada.

La Morena (I-LM); de composición carbonatada-terrígena y carbonatada.

La Jíquima (I-LJ); constituida por secuencias terrígenas.

Este es el esquema planteado por la B.C.H. sin embargo parecen ser inclusiones tectónicas asociadas a los nappes de serpentinitas.

Fm. Yaguajay (YAG) : Es un melange típico donde afloran serpentinitas esquistosas, fragmentos y bloques de gabros, calizas, tobas andesíticas, margas y areniscas, mezcladas caoticamente, todas las litologías con evidentes relaciones tectónicas, ocasionalmente de aspecto sedimentario, edad Maestrichtiano Superior-P .

En la parte superior de la zona Auras afloran secuencias larámicas tardías.

Fm. Haticos(HAT) ; aparece en los Haticos entre Holguín y Báguano -- (Loc.Tip.) el corte típico de inferior a superior presenta tobas pumíticas, de grano grueso, con fragmentos subangulosos de serpentinitas y diabasas, mas arriba aparecen conglomerados de Wild Flysch, -- sin estratificación, con matriz margosa, los clastos son de serpentinitas y diabasas, gabro-diabasas, calizas etc. aparecen discordantes sobre la Fm. Iberia, de edad Paleoceno.

Fm. Vigía (VIG); presenta también en Auras, descrita en la zona Remedios.

Fm. Charco Redondo (CHR); aflora en todas las zonas excepto Remedios en Auras aparece en las zonas marginales sobreyaciendo discordantemente la Fm. Vigía, y a las ultrabasitas.

Esta compuesta por calizas compactas y masivas, organodetríticas fosilíferas, con texturas oolíticas, en la parte basal hay materiales redepositados de la formación El Cobre, los estratos son gruesos en la parte baja y mas delgados en la superior, presenta facies litorales y sublitorales, de las cuencas del Eoceno Medio, afectadas por la orogénesis cubana.

Fm. Rancho Bravo (RBR); aparece también en Auras fué descrita en la zona Remedios.

Grupo Nipe; propuesto por la B.C.H., que abarca las secuencias de las formaciones Pedernales, Bitirí, Camazán, Yayal, Jagüeyes y Júcaro, que representan secuencias carbonato-biogénicas con influencia terrígena variable.

Fm. Bitirí (BIT) aflora en las sierras marginales de Nipe y Cristal- extendiéndose hasta Jigüaní, contiene calizas organodetríticas amarillentas, bien estratificadas y carbonificadas con inclusiones tobáceas litofacie; carbonatico-biogénica con influencia terrígena de edad -- Oligoceno Superior Mioceno, contiene el miembro Baguano, de litofacie carbonática. M

Fm. Pedernales (PED); aflora entre Pedernales y Los Haticos, cerca de Holguín, la formación está constituida por conglomerados polimicticos de cemento alevrolítico, sin cementación, los clastos estan bien redondeados de edad Aquitaniano Superior.

Fm. Camazán (CAN); aflora en extensas áreas al oeste de Nipe, Banessur de Holguín y curso del río Cauto. Está constituida por margas amarillentas bien estratificadas con intercalaciones de calizas organodetríticas y margas arenosas con inclusiones de U.B., vulcanitas.

Litofacie; carbonatico-biogénica con marcada influencia terrígena, asociaciones evaporíticas, de edad Oligoceno-Mioceno.

Fm. Jagüeyes (JAG); bordea la bahía de Nipe hacia Banes, aflora al-Oeste de Cayo Mambí y elevaciones de Tacajó, en la parte baja del - corte hay alevrolitas, arcillas grises, margas arcillosas y calcar^e nitas.

Litofacie; terrígeno carbonatada.

Fm. Yayal (YAY); aflora en la zona del mismo nombre, cerca de San-Germán, Omaja y sur de Jobabo, contiene calizas organodetríticas - con influencia terrígena, calcificadas las cuales en su parte supe- rior transicionan a alevrolitas calcáreas y margas blancas.

Litofacie; carbonato-biogénica con influencia terrígena edad Mioce- no superior.

Fm. Júcaro (JUC); aflora en los alrededores de la bahía de Nipe y- Banes, en el corte aparecen calizas margosas, con probable transi- ción lateral a biocalcarenitas y margas arcillosas, estratificadas

Litofacie; carbonatico-biogénica, con influencia terrígena de edad Mioceno superior-Plioceno basal.

Zona Tunas; se diferencian tres pisos estructurales (6) uno infe- rior con rocas metamórficas, el medio donde predominan las vulcani- tas y el superior constituido por las secuencias post-cubanas.

Fm. Buena Ventura (BVE); la formación está compuesta en su parte - baja por efusivos y piroclastos, que alternan con rocas sedimenta- rias, ricas en materiales efusivos. Estas rocas se encuentran ple- gadas y muy deformadas, aparecen los miembros La Guana (B-LG) cali- zas organodetríticas microcristalina, el miembro Cayojo (B-CY) car- bonato-terrígeno, San Nicolás (B-SN) tufítico carbonatada, Sirven- (B-SR) constituido por materiales terrígenos y Las Parras (B-LP) - compuesta por mármoles grises, le asigna carácter lenticular, la - edad de la secuencia es K Turoniano-Maestrichtiano.en l

En la parte superior de esta zona estructurofacial aparecen las si- guientes formaciones:

Fm. Monte Alto (MAL); localizada al sur de Mir, constituida por -- margas detríticas y organoclásticas grises delezñables.

Aparecen además las formaciones Pedernales y Camazán descritas en- Auras, además también afloran las estructuras superpuestas aquí re- presentadas por Vázquez, Yayal, ya caracterizadas.

Fm. Cauto (CAU); constituye la parte superior de esta megafacie, - se extiende además por otras unidades estructurofaciales, sobre --

Todo en la cuenca del Cauto representando depósitos arenosos, con intercalaciones gravosas y arcillosas, son depósitos arenosos fluviales, -- friables de edad Pleistoceno.

*Zona Sierras de Nipe-Cristal-Baracoa; es una zona objeto de grandes -- polémicas en cuanto a criterios geológico se refiere. Aquí se asumen -- los criterios de la Facultad de Geología y Geofísica bajo la nomenclatura de el mapa geológico de la B.C.H. e incluso adoptando el esquema-estructural regional planteado por los primeros autores antes citados.

Cobiella et Al. , propone el siguiente esquema generalizado para esta- región considerandola como Anticlinal Oriental. En este estudio se en- trará analizar, tan solo el corte stratigráfico presente en el terri- torio de Holguín.

Piso Estructural Prepaleogénico.

Fm. Bucuey (BUC); descrita por Iturralde como Santo Domingo, se encuen- tra una secuencia de tobas y tufitas con algunas intercalaciones de an- desitas que afloran en Calabazas (S.Cristal) y en toda la mitad orien- tal de la provincia. Posiblemente esta secuencia sea correlacionable -- con las vulcanitas de Cuba central, aquí B.C.H. incluye el miembro Ba- rrederas (B-BA) de forma arbitraria no concordante con la edad plantea- da para esta frecuencia según el criterio correlativo que es del K Pre-Coniaciano.

Fm. La Picota (PIC); localidad tipo monte La Picota, al sur de la Sie- rra de Nipe. aflora en amplias regiones de esta megaestructura, se con- sidera alóctona por muchos autores, se presenta como secuencia brecho- sas y brecho-conglomerática, de génesis tectónico-sedimentaria.

Cobiella, Quintas y otros, consideran esta formación como predominante- mente brechosas constituidas por clastos de serpentinitas y diabasas y en menor cantidad calizas arrecifales rocas efusivas y otras. El tama- ño de los fragmentos es muy variable, posee fauna del Maestrichtiano -- y las evidencias de campo la sitúan en esa edad.

Litofacie; son depósitos de aguas profundas generadas en el frente de- avance de los mantos tectónicos de Cuba Oriental.

Fm. Mícará (P-MC); según la B.C.H. la incluyen como un miembro, sin -- embargo los estudios del Departamento de Ciencias Geológicas Básicas, -- han determinado su elevación de rango. Esta compuesta por secuencias -- detríticas de granulometría variada, vulcanomicticas presentando ade- más algunas variaciones a materiales carbonatados. De edad Maestrich- tiano-Paleoceno.

Complejo Eoceno-Oligoceno.

Fm. Gran Tierra (GTR); está compuesta por una secuencia terrígeno-car- bonatada que está integrada por conglomerados vulcanomicticos, con ce- mento calcáreo que transiciona a calizas organodetríticas.

Toda la secuencia está muy plegada, yace concordantemente sobre Nícara y es cubierta de igual forma por Sabaneta, la edad de la secuencia es Paleoceno inferior, aflora en pequeñas áreas al sur de Sagua de Tánamo.

Fm. Castillos de los Indios (CIN); corelacionable con la Fm. Miranda - (MIR) y la formación Sabaneta^t propuesta por Iturralde, están constituidas por secuencias vulcano-sedimentaria de composición andesítica, -- dasíticas, basálticas, generalmente alteradas con intercalaciones de material tufítico y calcareo, al parecer son la expresión del vulcanismo de la Fm. El Cobre en las zonas del anticlinal oriental, con edad presumible del Eoceno Medio.

Fm. Capiro (CAP); secuencias de ale^vrolitas y margas con intercalaciones de areniscas y conglomerados finos, aflora en una estrecha región en el límite oriental de edad Eoceno Medio a superior.

Fm. Puerto Boniato (PBO); se extiende en una extensa área sobreyaciendo la formación Miranda y cubierta por la formación Sagua, en la parte sureste y este de la altiplanicie de Nipe. Está constituida por estratos de caliza aporceranadas, que contienen muchos silex, de color pardo, aparecen intercalaciones de margas muy finas, se le asigna edad -- Eoceno Medio a superior.

Fm. Sagua (SAG); descrita por la B.C.H. al sureste de Sagua de Tánamo que aflora también en la parte superior del río Mayarí, correlacionable con la formación Mucaral, constituida por margas blancas estratificadas, calizas compactas organodetríticas de edad probable Eoceno inferior a superior.

Fm. Charco Redondo (CHR); aparece bordeando la altiplanicie de Nipe, -- fué descrita en la zona Auras.

Fm. Maquey (MAQ); secuencia de areniscas y margas que presentan en su parte inferior conglomerados con matriz arenosa, sobreyaciendo a esta secuencia aparece el material terrígeno-carbonatado de buena estratificación, con edad Eoceno superior a Oligoceno.

Fm. Yateras (YAT); ha sido mapeada con formación ^MMajimiana por los investigadores de nuestra Facultad, incluyendo en ella calizas arrecifales masivas, que afloran en las zonas altas coronando las elevaciones Ej. la cuenca del río Castro, tiene influencia terrígena subordinada. Esta secuencia presenta una buena estratificación se caracteriza fundamentalmente por calizas organodetríticas masivas compactas que yacen discordantemente sobre la formación Sagua, edad Oligoceno-Neoceno.

Las formaciones del grupo Nipe formadas por Bitirí, Camazán, Jagüeyes y Júcaro aparecen en la parte occidental de esta zona estructurofacial, ya fueron caracterizadas en la zona Auras.

Las formaciones que se describen a continuación forman parte de las franjas litorales de reciente emersión, presentes tanto en las bahías como en los acantilados.

Fm. Jaimanitas (JAI); aflora en una franja estrecha en todo el litoral norte hasta cerca de Yaguaneque, está constituida por calizas or ganógenas y arcillas arenosas, por lo general muy calcificadas. De -- edad cuaternaria..

Fm. Jutía (JUT) ; aflora en las áreas inundadas que constituyen "Los Esteros" y "Salados", genralmente asociados a costas de sumersión y cuencas parálicas costeras, estan formadas por depósitos areno-arcillosos con fragmentos de diversas litología, con contenido de material carbonatado y cantidades subordinadas y un amplio contenido de materia orgánica. Edad cuaternario.

Fm. Río Macío (RIO); está compuesta por depósitos arenogravosos, bien elaborados y poco seleccionados, se extienden por las márgenes litorales sur y norte, estos depósitos son de origen aluvial, de los principales ríos, mas amplios en las proximidades de las costas y acuñandose hacia el interior. De edad cuaternario.

2.5 Magmatismo.

Las rocas magmáticas de la provincia Holguín están integradas por una variada gama que oscila desde las que tienen composición ácidas hasta las ultrabásitas, que poseen gran distribución e importancia regional.

Las rocas ultrabásicas, presentan una amplia distribución en la -- provincia Holguín, apareciendo con un alto grado de afloramiento -- en la zona Auras y en la zona Nipe-Cristal-Baracoa. En la primera en el núcleo de una estructura anticlinal denudada, y en la se -- gunda conforma las principales alturas que integran las sierras -- del mismo nombre.

La génesis de estas rocas es muy discutida, en la actualidad la -- mayoría de los investigadores que han trabajado en las zonas de -- desarrollo de estas rocas coinciden en el carácter tectónico de -- su emplazamiento actual (9), no obstante ha sido reflejado por va -- rios trabajos como los de Kniper (27) y Kozary (In 6) el carácter predominantemente hacia la periferia de la serpentización, desa -- rrollandose con menor intensidad hacia el centro de los macizos, -- justificando lo anterior con el alto grado de agrietamiento que -- dichas rocas poseen.

También coinciden en la descripción petrográfica de estas rocas, -- las que son peridotitas principalmente harsburguitas mas o menos -- serpentinizadas y raramente frescas. La textura de estas rocas es muy variada, en forma general se han diferenciado tres tipos prin -- cipales (27).

- a) Esquistosas.
- b) Brechosas.
- c) Maciva.

- a) La primera se caracteriza por presentar un aspecto esquistoso, en forma de franjas de diverso grado de cataclasis, generalmen -- te se encuentra cerca de los contactos con otras litologías o -- en zonas de fractura interior, de los bloques serpentiniticos -- y como es mas común contorneando los fragmentos de otras rocas -- incluídas dentro del macizo serpentinitico, así como el caso -- de bloques serpentiniticos masivos que flotan dentro de las -- franjas de esquistosidad.
- b) Brechosas; aparece con este aspecto, muy cataclastico, rodeada por una masa de serpentinitas inestructural de aspecto plásti -- co y escamoso, muy relacionado con las zonas de cizallamiento -- regional y contacto con otras secuencias.

c) Maciva.

Se trata de un tipo de serpentinitas que se presenta en enormes - bloques lenticulares, que generalmente son contorneados por franjas de serpentinitas esquistosas, en las cuales parecen flotar, aunque también es común encontrarlas en macizos muy agrietados generalmente con una pátina de serpentinas en sus contactos cataclásticos.

Es característico de las rocas ultrabásicas estar asociadas en su parte basal a las secuencias brecho-conglomeráticas de las formaciones Yagüajay y La Picota, ambas posiblemente equivalentes, que constituyen un melange típico, integrante de la alfombra tectónica que constituyó la litología de interacción cataclástica entre las ultrabásitas y las rocas autóctonas, formadas durante su emplazamiento tectónico, que afectó decenas de kilómetros de sur a norte - durante el Maestrichtiano, evento que creó efectos anómalos en las condiciones de sedimentación normal de este piso, es característico de los macizos hiperbásicos la inclusión de rocas extrañas -- que constituyen bloques y brechas de diferentes litología como son metamorfitas, gabroides, calizas, material terrígeno y vulcanógeno.

Rocas Básicas. Se encuentran muy difundidas en toda la provincia - generalmente asociadas a las rocas ultrabásicas, aunque es posible encontrar algunos cuerpos básicos con relaciones magmáticas, pero esto es muy localizado.

Los gabroides asociados a las ultrabásitas constituyen cuerpos de variada dimensiones, las cuales aparecen en todos los macizos ultramáficos que afloran en nuestra provincia (9). Dentro de ellos - se diferencian dos grupos;

- 1- Gabros que forman macizos considerables.
- 2- Gabrodiabasas de menores dimensiones.

- 1- Los gabros que constituyen grandes cuerpos, se localizan en las sierra de Nipe, Cristal y Moa (Anexo 1) compuestos por gabro -- normal, olivínico, troctolitas y noritas, constituyen cuerpos -- bandeados o estratiformes (9) debido a la diferenciación en la composición mineralógica, con contactos transcicionales como se observa en Moa. De forma general se cree que originalmente los gabros se formaron en conjunto con las ultramafitas, y poste -- riormente fueron movilizados por el emplazamiento de las serpentinitas, que por tener propiedades mas plásticas que los gabros, trajeron consigo el comportamiento rígido de las intrusiones básicas y su aparición en bloques de aspecto tectónico (Op.Cit.)

- 2- Las gabrodiabasas y diabasas forman pequeños cuerpos incluidos dentro de las serpentinitas que tienen siempre contacto tectónico, -- probablemente estas rocas constituyeron diques que cortaban a las rocas ultrabásicas (6). En la zona Auras aparecen algunas inclusiones tectónicas de rocas básicas del tipo melange típico para esta zona.

Granitoides. En la provincia Holguín los intrusivos de composición ácida y media solo están representados en la porción occidental -- del territorio cerca de Buenaventura. Generalmente son cuerpos de rocas intrusivas asociadas en profundidad al magmatismo del K, su composición es muy diversa y está relacionado directamente con los grandes cuerpos existentes en Cuba Central.

2.6 Tectónica.

Aquí se esbozan los aspectos principales del marco tectónico-estructural de Cuba Oriental, sobre todo de aquellas estructuras que constituyen " El Telón de Fondo" de las condiciones geológicas y por tanto ingeniero-geológica de la provincia Holguín.

Se diferencian las siguientes megafacies precubanas;

- 1) Plataforma de Bahamas, en su margen meridional se sitúa el miogeosinclinal cubano que posee cortezas continental, representado por la zona Remedios (gráfico 8)
- 2) Melange o Leptogeosinclinal, según diversos autores, que se encuentra representado por la zona Auras.
- 3) El Eugeosinclinal de las Antillas desarrollado encima de la corteza Oceánica, representado por las zonas Tunas y Nipe-Cristal-Baracoa.

Todo este esquema es el resultado de diferentes eventos tectónicos y geotectónicos que han afectado el mosaico geológico antillano.

Actualmente las tres megafacies del territorio de Cuba Oriental, -- están limitadas por norte y sur en sistemas de fracturas jóvenes, -- una de las cuales constituye la Fosa de Bartlett en la actualidad.

Formas Tectónicas de las Zonas Estructurofaciales.

Zona Remedios; son características las fallas de corrimiento y su rumbo coincide con la dirección cubana, atravesadas por fallas -- sublatitudinales, los rumbos son casi perpendiculares entre si, -- el límite entre las zonas Auras y Remedios está dado por una falla de corrimiento, este contacto representa una zona de anomalías negativas de Bouguer (6).

Zona Auras; sus formas mas frecuentes se desarrollan en sus contactos de tipo melange, son características las estructuras escamosas imbricadas, los pliegues lineales con nappes locales y ventanas -- tectónicas que complican estructuralmente las zonas.

Zona Tunas. La dirección general de la estructura prelarámica es-NE-SO, sin embargo el cuerpo granodiorítico que aflora y sus fallas marginales, se caracterizan por una dirección cubana casi perpendicular a la anterior. El contacto entre Auras y Tunas está dado por una falla profunda con dirección Manatí-Baconao(Op.Cit).

Zona Sierra de Nipe-Cristal-Baracoa; se distinguen tres sistemas - de fracturas con orientación característica, la primera es de dirección pre-Larámica, (probablemente sub-Herciniana) con rumbo NEN - SOS, que caracteriza a las metamorfitas regionales y a la formación Bucuey.

La segunda dirección es la cubana, con rumbo ONO-ESE, representada por fallas normales y laterales, las fracturas de las dos direcciones ulteriores, dividen a la zona en bloques y forman parte de los eventos post-cubanos (6). Además de estas formas tectónicas se subordinan otras microformas como son pliegues lineales, flexuras, - pliegues normales, inclinados, etc.

Depresiones Superpuestas; se distribuyen sobre las estructuras pre cubana y se desarrollan en períodos evolutivos postumos del geosinclinal, desde el punto de vista geomorfológico constituyen grabens y semigrabens, según sus megafacies son Parageosinclinales, desarrolladas en el Paleógeno tardío, para el sinclinorio central y -- Paleógeno-tardío a Neógeno para Guacanayabo-Nipe-Guantánmo (Op.Cip) En las diferentes depresiones genralmente se diferencian dos sistemas de fallas, uno que coincide con el contorno de la depresión, - caracterizado por fallas normales y radiales, perpendiculares a dicho contorno.

Otro aspecto que influye determinantemente en las características-estructurales de la provincia Holguín, es el carácter tectónico del emplazamiento de los macizos hiperbasíticos y los distintos eventos que se encuentran relacionados estrechamente a estos, pero no se recoge aquí pues ya se explicó en la caracterización de las rocas ultrabásicas.

Capítulo III. Características Hidrogeológicas de la provincia Holguín.

3.1 - Generalidades:

La Hidrogeología general de la provincia Holguín, reviste extraordinaria importancia a la hora de la valoración carsológica e Ingeniero-Geológica de los acuíferos carsificados de dicho territorio, así como también es relevante el estudio de las condiciones hidrodinámicas de circulación de las aguas subterráneas, en cada macizo en particular, lo que será abordado posteriormente en este estudio.

En el marco de este trabajo se ha incluido una valoración resumida de las características hidrogeológicas, por la peculiaridad de las cuencas hidrogeológicas, de la alimentación y --descarga de los diferentes acuíferos de uno a otro, así encontramos como acuíferos no cársicos constituyen la zona de descarga de los macizos carsificados y viceversa. Por esto se ha ce necesario una valoración de todo el conjunto de complejos-acuíferos, antes de profundizar en las características del movimiento de las aguas subterráneas en los macizos carsificados, que constituye un factor carsogenético fundamental.

Así quedan agrupadas las rocas acuíferas de la provincia Holguín, en ^{do} once complejos acuíferos, según su ubicación geográfica, edad y composición litológica (43).

3.2 - Descripción de los diferentes complejos acuíferos:

1) Complejo acuífero de los sedimentos costeros (Q).

Se extiende por toda la costa norte de la provincia Holguín, --por su gran extensión geográfica posee valores diversos de --pluviosidad en dependencia de cada zona climática (8) geológicamente constituido por las formaciones Jaimanitas, Jutía, y-Varadero (Anexo 1), de las cuales la de mayor circulación son las calizas carsificadas de Jaimanitas, en el caso de Jutía --son aguas intersticiales, rocas poco acuíferas. La profundidad de yacencia del nivel freático oscila entre 1-6 m. aumentando en las rocas carsificadas y disminuyendo en las deltáticas, con $K_f = 268,4 \text{ M/días}$ y $Q=14 \text{ l/s}$ tomado fundamentalmente en las calizas.

2) Complejo acuífero de los sedimentos aluviales (Q).

Se encuentran extendidos de norte a sur, acunándose en esa --dirección, aparece en la parte central de las cuencas hidrográficas principales, formando terrazas aluviales, que tienen valores característicos de precipitación para cada zona climática (Op.Cit.) geológicamente constituido por la formación Macío (Anexo 1). Estos depósitos poseen una alta capaci --

dad acuífera, alimentadas directamente de las aguas fluviales, -
manteniendo una estrecha interacción con dichas aguas. $K_f = 13$ -
- 290 m/días, la profundidad de yacencia oscila entre uno a cinco
metros, $Q = 2-53$ l/s.

3) Complejo acuífero de los Sedimentos Aluvio-deluviales. (Q).

Comprende los sedimentos de la Fm. Cauto (Anexo 1), los valores -
de las precipitaciones promedio anual son de 850 mm, con espesores
que alcanzan hasta la decena de metros. Las capas acuíferas la --
constituyen arenas gravosas con aguas intersticiales, $K_f = 3$ m/dí
as (arcillas) y 54 m/días en arenas y gravas $Q = 31$ l/s y la pro-
fundidad de las aguas oscila de 1- 5,5 mt.

4) Complejo Acuífero de las Secuencias Carbonatadas del Neógeno.

Constituye una franja costera que se extiende desde la bahía de -
Naranjo hasta la bahía del Saltadero, al este. Geológicamente cons-
tituido por la Fm. Júcaro, que al Oeste de Saetía presenta aguas-
de fisuras cársicas; y al oeste presenta aguas de poros; hasta -
Cayo Mambí, donde continúa hacia el este las rocas cársicas, la -
profundidad de las aguas es de 6 mt. para las rocas menos acuífe-
ras y de 25 y mas metros para las rocas carsificadas, $Q = 2-4$ l/s.

5) Complejo acuífero de las secuencias carbonatadas (Oligoceno-Mio -
ceno).

Está constituida por las formaciones Camazán, Jagüeyes y Yayal. -
Tiene una amplia distribución en la parte central de la provincia
(Anexo 1), en ellas se diferencian dos zonas, las que conforman -
la llanura del Cauto y las que constituyen la llanura de Nipe. En-
la primera se registran precipitaciones de 1014,2 mm. pero la co -
bertura es poco permeable y el relieve muy llano, las infiltracio-
nes son escasas y practicamente solo ocurren a través de la Herra-
dura Cársica del Cauto (Anexo 3), la segunda zona se desarrolla en
el complejo acuífero sobre margas, con baja acuosidad. $K_f = 1,7$ m/d
 $Q = 0,7$ l/s, y la profundidad de yacencia es aprox. 1 m.

6) Complejo Acuífero de las rocas carbonatadas Eoceno-Mioceno.

Está constituido por las formaciones Charco Redondo y Bitirí (Anex.
1). Ellas se encuentran notablemente carsificadas por lo que ocu -
rre la circulación a régimen turbulento, característico para este-
fenómeno. Es posible el cambio de régimen de este complejo, en las
zonas en que sus secuencias buzan bajo la cobertura hidrófuga del
complejo anterior.

7) Complejo Acuífero de las secuencias vulcanógenas-sedimentarias del
Cretácico Superior al Mioceno.

Son franjas alargadas que se extienden formando parte de los gru -
pos orográficos Maniabón y las alturas residuales Banes-Cacocum.

La composición geológica es muy variada estando formada por las siguientes Fm. Pedernales, Haticos, Vigía, La Jíquima, Buenaventura, Iberia y Yagüajay (Anexo 1). Las rocas más acuíferas las representan los conglomerados y brechas, con aguas fisurales e intersticiales, las rocas menos acuíferas las constituyen las vulcanitas.

$K_f = 0,5-2$ m/días en dependencia de la constitución geológica, la profundidad de las aguas es de 1-7 m. en dependencia de la permeabilidad de la litología, $Q = 1-2,8$ l/s. se promedia un registro -- anual de precipitaciones de 1002 mm.

8) Complejo Acuífero Carbonatado del Cretácico Superior al Mioceno.

Esta presente en las elevaciones del norte y oeste de Gibara, constituidas por las Fm. Vázquez, Embarcadero y Gibara (Anexo 1). Las rocas acuíferas son las calizas agrietadas y carsificadas de la Fm. Gibara, las profundidades de las aguas se encuentran en las áreas - investigadas a unos 15 mt., pero en las elevaciones lógicamente debe ser mayor, en la Fm. Vazquez es de unos 4 m. aprox., alcanzándose valores de K_f en las calizas de 28 m/días.

9) Complejo Acuífero de las Secuencias Terígenos- carbonatadas del Cretácico superior-Oligoceno.

Aparece dentro de los límites de Sagua de Tánamo y sur de Mayarí, - la constituyen geológicamente las Fm. Sagua, La Picota, Mícará Puerto Boniato y Yateras. Las rocas mas acuíferas son las calizas agrietadas de la Fm. Puerto Boniato y los conglomerado-brechas y areniscas en segundo término (está poco estudiada hidrogeológicamente).

10) Complejo Acuífero de las Secuencias Piroclásticas, del Cretácico Inferior al Eoceno.

Se encuentran en la parte central de Frank Pais, centro y oeste de Sagua de Tánamo, suroeste de Moa y sur de Mayarí. Las precipitaciones medias anuales son de 1110 mm, captadas por las cuencas de los ríos Mayarí, Grande, y Cananova principalmente,. Constituida por la Fm. Bucuey y Castillo de los Indios, este acuífero se caracteriza - por poseer aguas filonianas y de grietas litogénicas, las cuales poseen un gran rango de oscilación de sus niveles, por las abundantes precipitaciones (territorio poco estudiado).

11) Complejo Acuífero de las acumulaciones lateríticas.

Se localiza en dos grandes grupos principales, la Meseta de Pinares de Mayarí y la porción sur-central de Moa. La constitución litológica se representa por potentes espesores de cortezas lateríticas ferruginosas, desarrolladas sobre rocas ultrabasicas serpentinizadas- (Anexo 1).

La mayor acuosidad se produce en el contacto entre las serpentinitas y el horizonte de ocres estructurales. En esta zona se registran precipitaciones de 1360 mm hasta 2000 (8), variando la profundidad de las aguas entre 1,2 a decenas de metros.

12) Complejo Acuífero de las rocas Intrusivas.

Su mayor desarrollo la tiene en la porción este de la provincia, el relieve es variado siendo en la zona de Mayarí mas elevado. - Está constituida por los macizos ultramáficos serpentinizados -- (Anexo 1), las aguas son generalmente fisurales, variando la profundidad de yacencia de 1,5 a 12 mt. , $K_f = 1-14,7$ m/días con gastos que varían de 1,2 - 4 l/s. La zona de afloramiento de estos macizos reciben anualmente 1209,8 mm, drenadas por las principales corrientes superficiales de la provincia.

P A R T E E S P E C I A L

Capítulo IV: Volúmen y Metodología de los trabajos.

4.1 - Generalidades.

Este trabajo consta de tres fases distintivas en su ejecución:

- Etapa de búsqueda y recolección de información; comprende los trabajos de recopilación bibliográfica con el objetivo de la documentación y enriquecimiento teórico con investigaciones -- precedentes para su aplicación o comparación con el fenómeno -- presente en la provincia.
- Etapa del Trabajo de Campo: Consistió en el reconocimiento a -- través de marchas de campo de las manifestaciones superficiales del carso.
- Etapa de análisis, elaboración y procesamiento de la información; constituye la etapa final donde se obtuvieron los resultados y conclusiones de la síntesis general de la investigación efectuada.

4.2- Etapa de búsqueda y recolección de la información;

Constó con dos subestadios, el primero de ellos fué la búsqueda y estudio de la bibliografía relacionada con el perfil de la investigación y el segundo subestadio donde se realizó el estudio del mapa geológico a escala 1: 100 000 de la provincia (BCH), para la realización de la fotointerpretación a escala 1: 62000 de las áreas carbonatadas, efectuándose la detección localización y caracterización de todas las zonas con manifestaciones cársicas superficiales, paralelamente se realizó el análisis de las hojas topográficas escala 1: 100 000- y 1: 50 000 pertenecientes al mencionado territorio.

En la consulta bibliográfica se estudiaron publicaciones en revistas, libros, folletos, conferencias, trabajos de diploma y otros materiales bibliográficos, de ediciones Nacionales e Internacionales. En la fotointerpretación se estudiaron 24- líneas de vuelo describiéndose el aspecto morfológico de las zonas carbonatadas, formas cársicas sobresalientes, estructura geológica, el drenaje y algunos otros elementos importantes para nuestro estudio. Esta etapa tuvo una duración de 30- días del mes de Febrero.

4.3 - Etapa del trabajo de campo;

Este período comprendió 37 días de los meses de Marzo y Abril en los cuales se realizó el mapeo a escala 1: 100 000 de las zonas cársicas de dicha provincia, efectuándose 30 marchas de campo dirigidas a las zonas de mayor expresión del fenómeno -- por cada unidad litoestratigráfica.

El trabajo se inició en la zona de Yamanigüey, extremo oriental de la provincia, y se prolongó hacia el oeste siguiendo en la parte occidental por la mitad meridional de la provincia, hasta el municipio Calixto García, de donde se continuó el recorrido en sentido inverso por la mitad septentrional, hasta el municipio Antilla en la bahía de Nipe.

En esta etapa se reconoció directamente en el campo las diferentes formas cárnicas superficiales y subterráneas, así como aspectos de la composición litológica y régimen hidrogeológico e hidrográfico apreciable visualmente.

4.4-Etapa de Análisis, Elaboración y Procesamiento de la Información.

En esta etapa se realizó la síntesis y procesamiento de la información que culminó con la elaboración de cuatro anexos gráficos y tres tablas auxiliares, así como la redacción de la memoria escrita. El trabajo aquí elaborado contiene las siguientes partes :

- 1) Se realizó una valoración crítica de los trabajos precedentes desarrollados a escala regional, tomándose los aspectos positivos de ellos así como las cuestiones que a estos efectos tienen interés.
- 2) Se realizó una valoración geomorfológica descriptiva de las zonas cárnicas, confeccionándose un anexo con una zonación de referencia.
- 3) Se elaboró la valoración Ingeniero-Geológica del fenómeno cársico atendiéndose a la constitución geológica diferenciada en sus tres aspectos principales e integradas en una clasificación general realizándose una zonación Ingeniero-Geológica del carso, dándose un anexo al efecto y una tabla descriptiva , se concluyó además con algunas apreciaciones de carácter orientativo en la tipología ingenieril del carso y sus posibles líneas a seguir en la investigación.
- 4) Se dieron las conclusiones y principales recomendaciones como término concluyente del presente trabajo.

Capítulo V. Características regionales del Carso Cubano.

5.1- Generalidades.

X Cuba se caracteriza por poseer un amplio desarrollo de formaciones carbonatadas, por su origen y por las continuas sumersiones y -- emersiones que ha sufrido desde sus orígenes, esto a traído como -- resultado un alto grado de afloramiento de las rocas calcáreas -- que constituyen una buena parte de las rocas sedimentarias. Sobre esta se ha desarrollado una variada carsificación típica de nuestro clima tropical.

A lo largo de mas de 40 años de intensos trabajos fundamentalmente espeleológicos se ha llegado al reconocimiento de las comarcas carsificadas, y su cognosibilidad se ha ido perfeccionando poco a poco, con los aportes de los diferentes investigadores y en dependencia de su criterio y línea de trabajo característica, se ha nutrido el caudal de información carsológica en Cuba. (30).

X El punto de vista más generalizado en las investigaciones carsológica, que más abunda en la literatura de esta ciencia, es el -- geográfico y geomorfológico, por haber sido tradicionalmente el -- Instituto de Geografía de la Academia de Ciencias de Cuba, quien ha llevado el peso del estudio del Carso, por la poca importancia que se le brindaba desde el punto de vista geológico e ingenieril.

El trabajo de M. Iturralde Vinent y E. Skwalestki marca la primera pauta a seguir en las investigaciones carsológicas cubanas con enfoque ingenieril, posteriormente a él e incluso ya antes, se -- realizaban trabajos carsológico-ingenieriles, pero de carácter -- muy local, encaminados a solucionar tareas técnicas surgidas por el desarrollo cársico muy notable en áreas predestinadas a la -- construcción.

Como la mayoría de la literatura carsológica pone mucho énfasis en la zona Occidental del País, por ser esta la que más cercanía ha tenido a todas las investigaciones dedicadas al carso, por lo que el autor se ha visto obligado a reinterpretar estos trabajos para la caracterización geólogo-geográfico de nuestra provincia -- según la escala del trabajo (1: 100 000) y bajo las concepciones geológicas de nuestra Facultad de Geología y Geofísica.

5.2- Trabajos Precedentes.

Por la polarización hacia el occidente que ha tenido el grueso de la información consultada, es que nos referimos en este análisis a los trabajos precedentes que han abarcado todo el territorio Nacional, ellos son fundamentalmente; " Notas Geográficas y Geomorfológicas de Cuba" (31) de A. Núñez Jiménez, donde se plantea la siguiente clasificación del Carso Cubano, que fué el primer intento de sistematizar dicho fenómeno, donde desde el --

punto de vista geomorfológico, se elabora una sistemática bastante acertada, objetándosele que no aborda el factor cargenético desarrollado -- por la hidrogeología de las zonas cársicas y se desligan tipos cársicos muy relacionados entre si genéticamente.

En síntesis esta es la clasificación (31).

- 1- Carso Cónico (Mogotes)
- 2- Carso de lomas, montañas y mesetas.
- 3- Carso llano.
- 4- Carso parcialmente Sumergido en Zonas Pantanosas.
- 5- Carso parcialmente Sumergido en el Mar.
- 6- Carso Costero.
- 7- Carso de Terrazas emergidas.

No obstante el uso del criterio geomorfológico hace que esta clasificación halla sido bastante acertada para haber sido la primera.

La siguiente clasificación fué elaborada por M. Acevedo González 1967.

"Clasificación General y Descripción del Carso Cubano" (2).

I- Elevaciones cársicas.

- a) Mogotes (Cónico), localidad típica, Sierra de los Organos.
- b) Mesetas Cársicas, localidad típica; La Canasta, Guaso.
- c) Otras alturas cársicas. Localidad típica Sierra del Rosario.

II-Llanuras Cársicas.

- a) Activas. Localidad típica llanura cársica Meridional.
- b) Fosilizadas. Loc. Tip. Llanura Aluvial Meridional, Pinar del Río.

III- Carso Sumergido.

- a) En pantanos. Loc. Tip. Ciénaga de Zapata.
- b) Por el mar. Loc. Tip. Plataforma Insular Cubana.

IV- Carso Litoral y Costero. Loc. Tip. Boca de Jaruco, Habana.

Esta clasificación tiene un caracter muy general y tiene el mérito de haber introducido el drenaje como uno de los factores hidrodinámicos carsogenéticos, pero se limita a ello, no haciéndose mención de las condiciones de alimentación y circulación en los acuíferos cársicos. Es también oportuno señalar que desde el punto de vista ingeniero-geológico tiene ciertas limitantes, pues las características del carso Cónico, son agrupadas con las del resto de las alturas cársicas teniéndose en cuenta que estos tipos cársicos aunque poseen similar alimentación su drenaje es diferente, y se desarrollan en estructura geológica desiguales. Las llanuras cársicas, sobre todo las denominadas fosilizadas por encontrarse cubiertas, son caracterizadas sin tener en cuenta la circulación de las aguas subterráneas y los procesos cársicos que se operan en dicha zona, pues se tienen evidencias, a través de perforaciones que cortaron acuíferos con presión en calizas, que denotan la existencia de carsificación-

a régimen piezométrico por debajo de la cobertura impermeable (24). Aquí también se desliga la relación genética que poseen las zonas cársicas costeras de las terrazas emergidas, de las zonas actualmente sumergidas por el mar. No obstante como clasificación general -- puede ser utilizada en trabajos geográficos y geomorfológicos.

"Tipos y Subtipos de Carsos Cubanos." Según A. Núñez, V. Panos, O. - Stelcl, 1968 (33).

1) Tipo de Carso de Llanuras Costeras.

- a) Carso de llanuras costeras sumergidas por el mar, como el que ocurre en la plataforma entre la costa sur de la Isla de Cuba e Isla de Pinos.
- b) Carso de llanuras costeras emergidas recientemente, como el de la Península de Guanacahabibes, Zapata y sur de Isla de Pinos.
- c) Carso de llanuras costeras cubiertas de marismas y pantanos de agua salobre y dulce, como el de la Ciénaga de Zapata.
- d) Carso de llanuras costeras cubiertas de delgados y discontinuos sedimentos predominantemente fluviales, como la llanura cársica-Meridional de la Habana y Matanzas.
- e) Carso de llanuras costeras cubierta de gruesos y continuos sedimentos, como la llanura Meridional de Pinar del Río.

2) Tipo de Carso de Mesetas, como en la región del Guaso, Guantánamo.

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

- a) Carso de alturas constituídas por estratos sedimentarios, predominantemente no calizos (margas o areniscas) como las lomas de Beju cal en la Habana.
- b) Carsos de altura constituída por estratos sedimentarios predominantemente carbonatados, como la Sierra de Grillo en Madruga.
- c) Carso de alturas constituídas por estratos volcánicos-sedimentarios (calcáreos como en las lomas de Baire, Sierra Maestra).
- d) Carso de alturas constituídas por rocas intrusivas como el caso de Moa provincia Holguín.

4) Tipo de Carso de Alturas Complejamente Plegadas y Falladas.

- a) Carso de alturas constituídas por series de potentes estratos de rocas carbonatadas y no carbonatadas como el caso de la Sierra de los Organos y alturas Pizarrozas.
- b) Carso de alturas constituídas por series sedimentarias de delgadas capas carbonatadas y no carbonatadas, interestratificadas y como Ej. la Sierra del Rosario.
- c) Carso de alturas constituídas por secuencias de estratos vulcano intrusivas y carbonatadas, como el de Maniabón, en Holguín.

- d) Carso de alturas constituídas por esquistos cristalinos no carbonatados con bloques, intercalaciones lentes aislados de mármol, como ocurre en la Sierra de Las Casas y Caballos en la Isla de la Juventud.
- 5) Tipos de Carso de Estructuras Diapíricas, como en la loma de la Cuanagua.
- 6) Tipo de Carso Costero, como el de las zonas litorales conocidas localmente como Seborucos.

Esta clasificación no tiene ningún sentido geológico e ingeniero-geológico, pues en ella se toma como factor dominante la estructura geológica regional, señalándose prácticamente la carsificación sobre pisos estructurales, lo que no es geológicamente acertado. En esta clasificación estructural los autores consideran regiones cársicas, donde se denomina el proceso sobre rocas cársicas y no cársicas, lo que no concuerda con el criterio del autor. Aquí se expone un Ej. el carso en las alturas simplemente plegadas y falladas constituídas por estratos vulcano-sedimentarios (calcáreo) como el de Baire, tipo 3_c. Esto es muy discutible pues aquí el carso solo se desarrolla sobre las rocas carbonatadas de la formación Charco Redondo, a las que en la clasificación se alude por medio del paréntesis, creando la impresión de tener un carácter secundario, mientras se le da una importancia desmedida a la secuencia vulcano-sedimentaria sobre las que yacen las rocas calizas. En esta clasificación no se significa tampoco el papel de la hidrogeología en la carsogénesis de esta región. Caso parecido ocurre en la sistemática del tipo de carso de Maniabón y el carso sobre mármoles en Isla de Pinos.

Es notable señalar que en todas las clasificaciones anteriores se omite el papel moderador de la velocidad y perfección de la carsificación, que posee la composición petrográfica y mineralógica de las rocas, lo que fué demostrado por autores soviéticos, F.F. Lartiev, (26).

5.3 Clasificación Ingeniero-Geológica del Carso Cubano.

El trabajo que más se adapta a los objetivos que inicialmente se ha propuesto a esta investigación, es el estudio Ingeniero-Geológico del carso cubano, desarrollado por M. Iturralde y E. Skwaletski (24) (Anexo 2). En el mismo inicialmente se separan las condiciones hidrogeológicas generalizadas, atendiendo a la situación espacial del proceso carsogenético con el nivel de base de erosión actual, y las características del drenaje de las zonas cársicas.

Atendiendo a esto se procede a dar una clasificación con una marcada orientación hidrogeológica;

- 1- Carso con drenaje profundo. Se refiere al desarrollado en cuencas artesianas y lo asignan a las llanuras costeras meridionales e Pinar - del Río, Habana y Matanzas, las cuales caracterizan como taludes hidrogeológicos artesianos que drenan en la plataforma insular entre - Cuba e Isla de Pinos.
- 2- Carso con drenaje local. Desarrollado sobre la base de erosión, el - drenaje tiene lugar a cuenta de la red fluvial local, alimentada por las precipitaciones ^Tatmosféricas ejemplificando con la Sierra de los Organos.
- 3- Carso entre capas preferentemente con drenaje lejano. Se refiere al- carso desarrollado por debajo del nivel de base de erosión ejemplifi- cando con la llanura meridional de Camagüey.
- 4- Carso con drenaje contiguo. Se refiere a ~~otro~~ tipo de carso desarro- llado sobre la base de erosión actual. Se plantea que este tipo tie- ne un desarrollo muy local, relacionado con los cauces de la red --- fluvial, activo solo hasta el nivel basal de erosión.
- 5- Carso con drenaje por fallas. Tiene desarrollo local a lo largo de - dislocaciones disyuntivas, presenta dos variantes; una donde la car- sificación aumenta con la profundidad (drenaje ascendente) y otra -- donde la carsificación disminuye hacia la profundidad (drenaje des- cendente).

A continuación como complemento geológico se abordan aspectos funda- mentales en la carsogénesis y expresión actual del proceso, dándose - además un capítulo acerca de las propiedades ingeniero-geológica de - las rocas carsificadas, basadas en análisis estadísticos de ensayos - geotécnicos, los cuales son de extensión muy local.

Valorando críticamente este trabajo, se hacen algunas consideraciones hidrodinámicas que a juicio del autor no estan del todo claras, por - lo menos según se entiende en el artículo publicado en la serie carso - lógica No. 31 de la A.C.C. (24), que difieren de las concepciones --- acerca del régimen de las aguas subterráneas y su caracterización, -- que sustenta el autor.

En su primer tipo de carso según el drenaje se plantea, un tipo desa- rrollado en cuencas artesianas que comprende las llanuras costeras, - más aquí se plantea como Ej. la llanura sur de Pinar del Río, Habana - y Matanzas, y es bien conocido que al sur de Pinar del Río existe una potente cobertura hidrófuga que cubre una gran extensión de rocas car sificadas, donde las perforaciones como se cita, han determinado pre- sión hasta de 30 mt., más hacia el este de Artemisa es descrito por - muchos autores una zona de carso desnudo, donde el propio autor reco- noce la existencia de una potente zona de areación, lo que según ----

las concepciones del autor , no puede existir un acuífero artesiano - con una zona de aereación. (5).

En cuanto al tipo de carso con drenaje local y drenaje contiguo, se hace referencia al tipo de relación que existe entre el nivel de - corrosión y el nivel de erosión, pero se omite el papel que desarrolla estas regiones en la orohidrografía de la región, así como el - carácter de la alimentación y movimiento interior de las aguas subterráneas y su relación con los otros acuíferos que constituyen la - cuenca subterránea, no está esclarecida. En cuanto al carso con drenaje preferentemente lejano, salvo la diferencia estructural y litológica que existe con el tipo de drenaje profundo, el comportamiento hidrodinámico responde también al régimen acuífero a presión.

El carso con drenaje por fallas lo consideramos acertado, y se toma - en este estudio como un tipo de carsificación anómala dentro de cualquier tipo de carsificación normal.

Factores Geológicos de importancia para el estudio Ingeniero-Geológico de los territorios carsificados. (24)

- 1- Según la estratificación de los macizos:
 - a) Macizo homogéneo.
 - b) Macizo heterogéneo .
 - c) Macizo de estratificación lenticular.
- 2- Composición de las Secuencias (factores petrográficos):
 - a) Carbonatadas.
 - b) Carbonatada terrígena.
 - c) Terrígeno carbonatada.
 - d) Carbonatado-metamórficas.
 - e) Efusivo carbonatada.
- 3- Según la edad del carso.
 - a) Carso joven.
 - b) Carso maduro.
 - c) Carso antiguo.
- 4- Según la relación de la roca carsificada con la superficie:
 - a) Carso desnudo.
 - b) Carso sobre suelo permeable.
 - c) Carso cubierto.

En cuanto al capítulo de propiedades Ingeniero-Geológica, de las rocas carsificadas, se estima que no es propio aplicarlo en un estudio regional, por cuanto a los datos geotécnicos ofrecidos, son representativos de áreas muy locales, por lo que sólo se tomara en cuenta como una guía orientativa. Los autores presentan además un mapa 1: 1 000 000 de los - tipos y subtipos, que tiene un marcado carácter geológico (Anexo 2).

Capítulo VI. Morfología Cársica.

6.1 Generalidades.

En este capítulo se pretende hacer una valoración geomorfológica del relieve cárdico en el territorio estudiado, utilizándose -- una nomenclatura geomorfológica y geográfica con un marcado carácter descriptivo, con el objetivo de lograr una armonización con los trabajos del Mapa Carsológico de Oriente a escala 1: 250 000 que desarrolla el Instituto de Geografía de la A.C.C. (34) , sin hacer dejación de los criterios geológicos que priman en este -- trabajo, así este capítulo permite hacer una referencia geográfica a las distintas zonas cársicas de la provincia, a los efectos de condicionar la valoración geológica e ingeniero-geológica del carso. En este estudio se han agrupado las áreas cársicas de la provincia en 14 zonas geomorfológicas distintivas, que guardan -- relación interna con la litología, estratigrafía, clima, hidro -- geología, estructura y orohidrografía, que posee además unidad -- tipológica del relieve. (Anexo 3).

6.2 Descripción de las diferentes zonas y subzonas.

Zona I. Llanura Costera Recientemente Emergida.

Constituye la franja costera que bordea toda la provincia en el litoral septentrional, desde Punta de Mangle hasta Punta Yaguane que, se caracteriza por presentar variadas características, debidas a la gran longitud que posee. Se desarrolla sobre calizas -- Pleistocénicas de las Fm. Jaimanitas, así como de otras secuencias mas antiguas, pero relacionadas en común con la actividad -- corrosivo-abrasiva del litoral, y que han sido afectadas por las variaciones Glacioeustáticas. De cuyas características intrínsecas se han diferenciado 7 subzonas características, que aunque -- teniendo rasgos propios en su carsificación actual, estan muy relacionadas desde el punto de vista genético.

Subzona A. Llanuras Cársicas Litorales. Se desarrolla principalmente sobre las calizas pleistocénicas de Jaimanitas, emergidas durante el ascenso actual, tras la última glaciación cuaternaria. Se caracteriza por presentar un relieve totalmente llano, ocasionalmente cubierto por barras de arenas, como ocurre al norte de Gibara (44). Así como acumulaciones esporádicas de arenas litorales que forman las franjas alargadas de la formación Varadero -- (playas actuales).

El principal desarrollo de esta subzona se observa en las localidades de un ascenso notable, donde aparecen en ocasión desarrollo de colgadizos y microterrazas, como es el caso de Gibara, -- norte y noreste de Banew.

Aquí la carsificación se expresa principalmente, en el desarrollo típico del laplús sagamoniano, o seboruco costero, donde los procesos cársicos predominantes son la abrasión-corrosión, así como los relacionados con la actividad póstuma de las aguas freáticas.

Subzona B; Llanura Cársica Costera Cubierta, se refiere a un área de desarrollo de la Fm. Jaimanitas que difiere de la subzona anterior por tener su superficie cubierta por depósitos arcillo-arenosos, que pueden alcanzar variables espesores (Op.Cit), parecen haber tenido un origen similar, esta característica se expresa en su morfología cuando el diente de perro aflora en forma de aristas ocasionales, estando la mayor parte de la superficie colmatada por estos depósitos, al parecer ferralíticos (4).

En la carsificación actual, la corrosión pluvial es prácticamente inexistente, por lo que solo pueden ocurrir procesos cársicos por la circulación continuada de las aguas subterráneas que será posteriormente descrito. La cobertura de esta subzona ocasionalmente -- transiciona lateralmente a suelos oscuros, según parece con contenido orgánico, propio de cuencas reductoras como las llamadas marismas y turberas pleistocénicas (44). Esta subzona se extiende al noroeste de Gibara formando una franja paralela a la subzona anteriormente descrita.

Subzona C; Llanura Cársica Costera Primaria; nos referimos aquí a las planicies aledañas a las costas, que tienen considerable extensión, como es el caso de las zonas que serpentean la costa noroeste, norte y este de Banes, que tiene un ancho que en ocasiones sobrepasa los 5 Km., se caracteriza por desarrollarse en un territorio llano o ligeramente ondulado, hacia las partes interiores de la Llanura Costera de Reciente Emersión, litológicamente compuesta -- por calizas margosas de la formación Júcaro, con buen desarrollo del carso superficial y subterráneo. Aparece una cobertura de delgados y discontinuos depósitos rojos en los que también es posible encontrar indicios de transiciones ocasionales a material organógeno.

Se denomina a estas llanuras "Primarias" pues al parecer se han -- originado en condiciones subaérea-litoral, que posteriormente fué cubierto por sedimentos neeríticos, quedando el relieve primario -- enterrado, sobre el cual en su parte marginal se desarrollaron en estas sumersiones las secuencias de Jaimanitas, posteriormente -- emergidas y sometidas al carso litoral. Actualmente estos procesos ya han cesado en esta subzona, y el estilo carsogenético contemporáneo prima la actividad freática de las aguas subterráneas, donde se desarrollan grandes cavernas como es el caso de la cueva de Las Cuatrocientas Rozas, en Banes.

Aquí se pone de manifiesto la remodelación superficial del microrelieve cársico (lapiés) expresado en el desgaste de sus formas prominentes, y la colmatación de sus formas cóncavas. Las cavidades hipógeas están representadas por cavernas muy profundas con varios niveles de carsificación en dependencia de sus diferentes estadios.

Una llanura de aspecto similar puede encontrarse al oeste de la bahía de Cebollas, y en la parte norte de Cananovas.

Subzona D. Llanura Cársica Costera Inundada; aquí se agrupan secuencias carbonatadas pertenecientes a las Fm. Jaimanitas y Júcaro las cuales a su carsificación inicial, ha sido superpuesta una notable acumulación de sedimentos parálisos, dado por las vivencias relativas de estas regiones que ha facilitado la penetración acuífera del mar, por tanto el nivel preático alcanza escasos centímetros de profundidad, en la mayoría de los casos creándose un medio de sedimentación reductor. Estos depósitos bioquímico-reductores, así como su vegetación característica cubren total o parcialmente las formas cársicas anteriores y colmatan sus depresiones por lo que prácticamente el proceso cársico se encuentra en la actualidad paralizado.

Es localizable en las zonas parálisas o marismas, de las bahías de Bolsa del noreste de la provincia, así como en los esteros o "Salados" donde se acumulan sobre las rocas carsificadas basales, los depósitos deltaicos y parálisos de las Fm. Jutía y Río Macío.

Subzona E. Llanura Cársica Sumergida; esta subzona no ha sido prácticamente estudiada, por lo inaccesible a los recursos disponibles para este trabajo, y constituye la zona de desarrollo de Fm. carbonatada cubiertas por las aguas del mar, aquí se relacionan tanto las secuencias del primer escalón de terrazas aún cubiertas por el mar pertenecientes a Jaimanitas, como las rocas de Júcaro cubierta por las aguas de la bahía de bolsas. La existencia de carsogénesis actual es muy hipotética solo se sostiene la evidencia de la sumersión por el mar de regiones anteriormente carsificadas.

Subzona F. Llanura Carsica Interior Cubierta; esta región ha sido incluida dentro de las Llanuras Recientemente Emergidas, por formar parte íntegra del relieve y morfología actual, pues fué sometida a diferentes procesos denudacionales y posteriormente sumergida por las transgresiones cuaternarias y precuaternarias, donde se generaron las secuencias litológicas sobreyacentes.

Desde el punto de vista carsogenético esta subzona difiere totalmente del resto de la zona, pues se desarrolla sobre las calizas de la formación Gibara, donde es característica el amplio desarrollo de formas cársicas de grandes proporciones, con evidente control estructural, que no constituyen un rasgo palpable del relieve, por encontrarse sus formas superficiales cubiertas por la Fm. Vázquez.

Zona G. Llanura Cársica Costera Interior Desnuda; es la porción mas interior de toda la llanura de emersión reciente, y se caracteriza -- por su relieve marcadamente ondulado, por la presencia principalmente de algunas depresiones cársicas antiguas, cuyo relieve ha sido denudado por procesos corrosivos-litorales, durante eventos transgresivos del mar. Constituída geológicamente por la Fm. Gibara, muy dislocada e intensamente carsificada, la expresión superficial la representan dolinas y cavidades subterráneas, en muchos casos destruídas, donde se observan huellas de Fm. secundarias redisueltas, aparecen verdaderos campos de Karren, y Diente de Perro Gigante (44) . Es característico que las depresiones tengan las paredes denudadas con pendientes suaves, aparecen típicas casimbas al parecer de dolinas inundadas, -- con una posible intercomunicación horizontal a través de cavernas inundadas (Op.Cit). Es característico de estas casimbas tener grandes profundidades, que en el mayor de los casos se han medido mas de 70 m. Ej. notable de estadios de carsificación vadosa, anteriores al rasgo carsogénico actual. También se observan mesoformas cársicas como es el caso de poljes y grandes dolinas.

Zona II. Alturas Cársicas de Gibara;

Puede decirse que la subzonas antes descrita, es un área de transición de las llanuras cársicas costeras a las elevaciones cársicas, pues --- aquí se observan formas cársicas actuales, muy similares a las que dieron origen a la carsificación de la subzona antes mencionada. Litológicamente constituídas por calizas de la Fm. Gibara, integran el grupo de paisajes Cupeicillo-La Candelaria (4), presenta en sus bordes oriental y occidental gran número de depresiones, como es el caso de los Hoyos, que constituyen una verdadera polja al parecer de origen tectónico. El drenaje es subterráneo cársico y corre a cargo de las estructuras que buzan al noroeste.

En esta zona existe un amplio desarrollo de cavernas sobretudo hacia su parte septentrional, como en la subzona anterior aparecen furnias con aguas saladas y/o dulces. Es característico un amplio desarrollo de microformas cársicas superficiales, como son los típicos Dientes de Perro Gigantes, así como las formas subterráneas representadas por cavernas freáticas. Las cotas alcanzan valores que en mucho de los casos sobrepasan los 100 mt. y ocasionalmente pueden sobrepasar la cota 200, las que geográficamente se sitúan en las partes centro-este de este macizo, en el relieve se destacan ciertas franjas constituídas de elevaciones mogotoides alineadas en dirección este-oeste (34). El rasgo general de las depresiones es que son alargadas teniendo un perfil irregular, sus paredes no son verticales y aparecen con un amplio desarrollo de lapiés, su fondo es desnivelado y cubierto de finos depósitos rojos (Op.Cit).

Zona III. Elevaciones Cársicas Solitarias de Maniabón.

Así son denominadas las elevaciones cársicas que tipifican el paisaje del grupo Maniabón(34). Aquí se trata de una zona con características tectónicas complejas, donde la estructurageológica juega un papel - dominante en la morfogénesis de dicho territorio, por lo que se hace - un breve análisis de dicha estructura.

Aquí se pone de manifiesto la existencia de eventos tectónicos tales - como el emplazamiento de Nappes de ultramafitas que afectaron las con - diciones faciales normales generando una alfombra tectónica (Melange) que sustentó a los potentes mantos de ultramafitas y otras secuencias arrastradas por esto en su avance, esto condicionó que fueran arranca - dos e incluídos tanto por las ultrabasitas, como por su Melange ofio - lítico, grandes bloques de calizas de distinta composición litológica que quedaron tectónicamente emplazados, envueltos por las formaciones Yagüa, Iberia y las ultrabasitas, que constituyen la triada tectóni - ca de la zona Auras. Tras esta premisa estructural, se comenzó a desa - rrollar un proceso cársico y denudativo sobre las secuencias caliza y no carbonatadas respectivamente, dando como resultado la morfología - actual, que desde su génesis constaron con los macizos carbonatados - "Aislados" (sin relación estratigráfica entre ellos) que condicionó - su afloramiento solitario actual.

Estos cerros se caracterizan por tener una carsificación preferente - mente vertical pues todos los macizos se encuentran por encima de la - base de corrosión encontrándose pequeñas cuevas de origen vadoso, co - mo es el caso de la cueva de Las Tinajitas (silla de Gibara). Estos - mogotes solitarios aparecen distribuídos a todo lo largo y ancho del - grupo Maniabón, formando parte de un pintoresco paisaje donde enntas - ta el carácter peniplanado de las secuencias no cársicas y el relieve agreste de las elevaciones mogotoides carsificadas.

Zona IV. Crestas Cársicas de Buenaventura.

Son referidos aquí dos casos muy interesantes de carsificación en már - moles y calizas marmóreas, perteneciente a los miembros Las Parras (B - LP) y La Guana (B-LG) de la Fm. Buenaventura, separados en dos subzo - nas en concordancia con el relieve y grado de metamorfismo.

Subzona A. Crestas Cársicas de La Guana. Se denomina así a ciertas se - cuencias de calizas microcristalinas de gran dureza con contenido vul - canógeno, que se encuentra incluída de forma dudosa en la Fm. Buena - ventura, formando un relieve de crestas con espesores que pueden so - brepasar los 10 mt. de espesor con un largo que se extiende por varias decenas de mt, las rocas se encuentran carsificadas superficialmente - en forma de lapiés y cinceladuras, así como pequeñas cuevas. Las cali - zas estan recristalizadas al parecer por efecto de leve metamorfismo.

Subzona B. Elevaciones Cársicas de Las Parras; aquí se desarrolla una interesante carsificación sobre mármoles, estas rocas son de color -- gris oscuro con cristales que alcanzan dimensiones de varios mm, poseen contenido de material detrítico subordinado. Al parecer se deban al metamorfismo de contacto que afecta la secuencia de la formación -- Buenaventura (6), sobre rocas de posible composición carbonato-terrágena. La carsificación es típica de rocas cristalinas, el diente de -- perro está alineado y es de forma alargada, según los planos de agrietamiento, se han formado algunas cavernas vadosas de pequeñas dimensiones, con formaciones secundarias incipientes y cuya morfología interior tiene un marcado control estructural, encontrándose un evidente alineamiento en las formas cársicas según la dirección de las rutas.

En líneas generales la carsificación de esta zona se ha desarrollado sobre secuencias que en mayor o menor medida han sufrido el metamorfismo de contacto, solo que en la subzona anterior los citados Ej. fueron mas desarrollados que en la subzona A. Esta zona es localizable en el límite occidental y suroccidental de la provincia Holguín.

Zona V. Elevaciones Cársicas Residuales de Banes-Cacocum.

Aquí se refieren un grupo de zonas cársicas asociadas al grupo de -- paisajes Banes-Cacocum (4), compuesto principalmente por secuencias margozas, en las cuales se desarrolla un proceso que pudiera llamarse Seudocársico, pues a la lixiviación química del Carbonato de Calcio, se une el arrastre mecánico por sufusión, de la fracción no carbonatada. Este fenómeno genera una morfología típica caracterizada -- por elevaciones del relieve tipo cuevas, que tienen sin embargo un contraste dependiente de alto rango en los valles fluviales, aquí -- los procesos de sufusión-corrosión tiene características muy diversas estando en predominio uno u otro proceso, en correspondencia con la litología que aflora.

De acuerdo a las características del relieve y a las variaciones faciales que tienen las secuencias integrantes de estas elevaciones, -- se han subdividido en 5 subzonas que poseen límites graduales y difíciles de delimitar, pues las manifestaciones cársicas son comunes de forma esporádica para todo el territorio que corresponde a esa zona.

Subzona A. Llanura Ondulada Seudo-Cársica Calixto-Cacocum. Se extiende al oeste de la carretera Holguín-Bayamo, prolongándose hasta el -- límite provincial occidental, y por el este hasta el río Holguín. El relieve es suave, ondulado, de pequeñas cotas que generalmente no sobrepasan los 100 mt. El desarrollo cársico está en dependencia de -- las variaciones verticales de la composición de la secuencia, aunque generalizando, predomina la constitución margosa, por lo que las formas pseudocársicas tienen un carácter principalmente erosivo-corrosivo, aunque ocasionalmente aparecen algunas intercalaciones calcáreas identificadas como similares al carso y las características acumuladas

ciones rojizas. El drenaje de esta subzona de forma general es paralelo de sur a norte, con una textura de drenaje muy dispersa, las zonas a pesar de ser ondulada presenta un declive general hacia el sur dado por la atenuación de las elevaciones en esa dirección.

Subzona B. Elevaciones Cársicas Camazán-Báguanos; se extiende desde el río Holguín por las elevaciones de Camazán hasta mas al norte de los Rejondones de Báguanos.

Constituye la parte central de la zona 5 y la mas extensa subzona, donde los procesos cársicos-sufusivos tienen la máxima expresión, este fenómeno se caracteriza por acentuarse en las zonas donde afloran los estratos mas carbonatados (calizas margosas). Observandose un carácter discontinuo en estas manifestaciones, en su mitad occidental se acentúan estos procesos facilitados por el alto fallamiento y agrietamiento tectónico que posee la estructura geológica. Las alturas en esta zona oscilan entre valores próximos a los 200 mt. - acercándose en ocasiones a los 300 mt. lo que denota una mayor energía del relieve. Es también característico para esta región notable pendientes en las laderas con cimas mas o menos aplanadas o redondeadas, aquí aparecen intercalaciones lenticulares de calizas margosas, que en algunos lugares Ej., Manantialitos se expresan en la existencia de cavernas vadosas de pequeñas dimensiones así como la aparición de notables depósitos rojos en su cima que caracterizan el desarrollo cársico en estas zonas. Además de la carsificación lenticular se expresa el fenómeno de erosión y sufusión mecánica, unidas a la corrosión química, que en conjunto genera la gran inestabilidad estructural de esta zona, en la cual aparecen deslizamiento en los flancos de las elevaciones, así como cavernosidad alineada en los taludes de las carreteras y cañones fluviales.

Subzona C. Cuestas Cársicas de Tacajó. Aquí se han agrupado áreas con apreciable desarrollo cársico con localidades de desarrollo incipiente, solo relacionadas geográficamente integrando un mismo tipo de paisaje. En ella aparecen rocas pertenecientes a la formación Camzán donde el carso tiene característica similar a la zona antes estudiada, un poco mas intensificado por ser una zona complejamente fallada en el que se forman pequeñas galerías tubulares como las que afloran en la carretera Banes-Holguín, al parecer relacionadas al proceso de carso-sufusión. Infrayaciendo estas rocas, aparecen la Fm. C.H.R., formando la parte inferior de las cuestas cársicas, localizandose en las localidades de El Cerrote y la Trocha de Sta Justa, donde aparecen elevaciones en la forma citada, aplanada con un escarpe característico que mira hacia el noroeste, teniendo una forma alargada que se prolonga por varios Km.

Mas al sur se encuentra otra elevación similar, característica también por poseer un drenaje pobre con sumideros de corrientes superficiales estacionales, así com un gran número de depresiones que caracteriza su carsificación superficial, mas al sur continuando la estructura geológica aflora C.H.R. sobreyacida por Camazán (Anexo 1)

En la zona de La Georgina, donde las vulcanitas de Vigía aparecen coronadas con las calizas Eocénicas.

Subzona D. Alturas Cársico-Sufosivas El Retrete-Los Angeles. Constituye un área de un relieve muy diseccionado que alcanza valores que exceden el centenar de mt. de altitud, en su mitad occidental-atenuandose hacia el este, se observa una polarización de los fenómenos corrosivos y sufosivos, pues el componente terrígeno aumenta en la Fm. Camazán, donde existe un pleno predominio de los procesos mecánicos, mientras que por otro lado en las alturas de la formación Vigía aparecen cerros testigos de la Fm. C.H.R., en su parte baja constituyen elevaciones coniformes, mientras que el relieve en las calizas es mas abrupto y en forma de crestas. El drenaje superficial es mediano, las principales corrientes drenan en el extremo-suroeste, pero hacia el centro del área se hace mas pobre, las corrientes superficiales no han perfilado su curso pues parecen alimentar parcialmente el manto freático.

ELEVACIONES CÁRSICAS DE YAGUAJAY

Subzona E. Constituye una elevación en forma de meseta inclinada, constituida por calizas de la Fm. Charco Redondo (C.H.R.) en su parte baja cubierta por las márgenes de la formación Camazán, estas calizas sobreyacen a la formación Vigía y se ierguen en elevaciones con ladera en forma de escarpe, sobretodo en las zonas que las calizas llegan a la cima, mientras que donde son sobreyacidas por margas la pendiente es mas suave. Es característico de esta elevación poseer su parte superior cubierta por potente depósitos rojos, que en muchas ocasiones rellenan las formas cársicas subterráneas, es característico el desarrollo de formas descendente (pozos y embudos de disolución), así como cavernas y furnias de origen vadoso, con algunos ponores de galerías subterranas mas antiguas, tal vez de origen freático, En la superficie a traves de fotos aéreas, se determinó la existencia de varios embudos y depresiones, por donde ocurre el drenaje de la superficie de la elevación.

Además del cerro de Yaguajay integra esta subzona el Pan de Samá, de características similares, de menor altura y dimensión, y por tanto con un menor desarrollo cársico.

Zona VI. Llanura Cársica del Cauto.

Así se denomina en este trabajo a una extensa zona de la llanura del Cauto, que está incluido dentro de los límites territoriales de la provincia Holguín. En ella se distinguen dos subzonas características; desde el punto de vista cársico, unidas en un mismo grupo geomorfológico por integrar una misma unidad morfoestructural que constituye la llanura Fluvio-Marina del Cauto.

Ambas subzonas se diferencian morfológicamente respecto a la relación del macizo carsificado con la superficie del terreno, lo cual además de reflejarse en la superficie influye en las condiciones de circulación de las aguas subterráneas. En la primera subzona encontramos un área típica del carso desnudo, así en la segunda se encuentra un desarrollo del carso cubierto, por notables sedimentos aluviales, que solo en algunas áreas en que esta cobertura ha sido barrida no se manifiesta en superficie.

Subzona A. Herradura Cársica del Cauto. Constituye una franja que bordea todo el límite norte de la cuenca del Cauto, y se extiende mas allá de los límites oeste y sur de la provincia Holguín. Se caracteriza por estar constituida por estratos de calizas que buzan suavemente en dirección del eje del sinclinorium oriental -- (34). Está geológicamente constituida por calizas margosas estratificadas de la Fm. Yayal, que limitan al norte con las alturas Banes-Cacocum para la zona de desarrollo de los depósitos aluviales de la Fm. Cauto que le sobreyacen también, es notable la aparición de depósitos rojos a veces discontinuos. Es característico de esta subzona un relieve muy llano, carente de drenaje superficial, las corrientes fluviales que descienden de las alturas septentrionales limítrofe; son absorbidas en su gran mayoría por el sistema cársico a pesar de tener un incipiente cauce estacional, poco elaborado; favorecido esto por la cobertura terrígena que impide la absorción brusca y total del volumen total del escurrimiento, sino que la toma se produce de forma gradual, a través de la infiltración por pérdidas a lo largo de un tramo apreciable del cauce.

Subzona B. Llanura Cársica Cubierta del Cauto. Aquí nos referimos a una parte del Cauto, la cual a pesar de haber sido estudiada con poco detalle por ocupar un área limitada al sur del territorio de Holguín, se ha querido diferenciar a priori, por las características geomorfológicas diferentes a la subzona anterior. En esta zona se observaba una región llana, formada por depósitos aluviales de la formación Cauto, muy imperceptiblemente inclinada hacia los valles fluviales -- que constituyen la red de drenaje superficial, con buen desarrollo. -- Es diferenciada de la zona anterior en cuanto a la situación de las rocas carsificadas respecto a la superficie, pues aquí la secuencia carbonatada de la Fm. Yayal; que buzan suavemente hacia el sur son -- cubiertas por notables depósitos fluviales que cambian el régimen --- hidrodinámico de la carsificación.

Aquí se supone la existencia de una cuenca cársica subterránea por analogía así como por la continuidad estructural de las secuencias carbonatada y su cobertura. En superficie es característica un relieve no cársico presentándose algunas manifestaciones solo en zonas muy localizadas donde no aflora la cobertura como es el caso de la Calera -- en Urbano Noris, donde la carsificación expresa tanto en superficie -- como subterráneamente con la formación de cavernas y demás formas del microrelieve cársico.

Zona VII. Cuenca Cársica Cubierta de Nipe;

Constituyen una zona con un relieve generalmente llano o algo ondulado, con algunos Mendips margosos que representan la formas positivas del relieve (34), limitadas al sur por las elevaciones de la Sierra de Nipe, y demás límites naturales de dicha cuenca (capítulo 1). De todas las alturas limítrofes descienden varias corrientes superficiales distantes varios Km. unas de otras, que conforman una red hidrográfica poco densa en comparación con la gran extensión territorial de dicha área, en superficie afloran margas alevrolíticas de la Fm. Jagüeyes que cubren las secuencias de Camazán, y las calizas de las Fm. Charco Redondo y Bitirí, que buzan suavemente desde las alturas limítrofes al sur y son sobreyacidas por la citada cobertura. Aquí se muestra un Ej. clásico de el carso cubierto (enunciado de forma -- hipotética), pues al parecer el drenaje de gran parte de las aguas -- captadas por las cuencas hidrográficas, corren a cargo del drenaje -- cársico, desarrollado a través del complejo acuífero de las secuencias carbonatadas del Eoceno-Mioceno inferior (capítulo 3). El mencionado complejo acuífero al parecer se recarga en su zona de afloramiento, mientras que su descarga ocurre de forma desconocida, estimándose que ocurra en el mar.

Zona VIII. Arco Carsico de Nipe-Cristal.

Aquí se agrupan las alturas cársicas que rodean el sur oeste y norte de la Meseta de Pinares de Mayarí y se prolongan por el frente norte de la Sierra del Cristal, limitados al norte y oeste por las coberturas margosas neógenas. Según las características geomorfológicas y geológicas se han agrupado en dos franjas, una interior y otra exterior según criterio empleado en la literatura carsológica (34), las cuales proponen una franja interior discontinua que tienen mas bien un caracter residual, y una exterior continua (solo diseccionada por las corrientes que radialmente descienden de la Meseta de Pinares de Mayarí y atraviezan perpendicularmente las rocas calizas carsificadas).

Esta región fué estudiada con el nombre de Anillo Cársico de Nipe -- (Op.Cit), sin embargo aquí se ha utilizado el nombre de Arco, pues se tiene en cuenta que su flanco este no presenta carsificación continua, o que al menos tenga unidad geomorfológica, la estructura anteriormente descrita, solo existiendo algunos delgados espesores de la Fm. Yateras, que corona la cima de un relieve no cársico.

El drenaje general de esta zona la constituyen las corrientes fluviales aloctonas que parten de la altiplanicie de Nipe y atraviezan las citadas elevaciones según estrechos valles activos en forma de cañón.

Subzona A. Alturas Residuales de Nipe; constituyen enormes cerros testigos aislados (Op.Cit) en su totalidad muy carsificados que descansan sobre efusivos y rocas intrusivas básicas de la Fm. Bucuey. Estas rocas son de edad Eoceno medio y pertenecen a la Fm. Charco Redondo, muy carsificadas en superficie y en forma subterránea, en ellas se observan enormes espeluncas como la de Serones. Estos cerros se encuentran aislados entre sí separadas por extensas zonas no cársicas, debida a una intensa erosión-disolución de lo que fuera un enorme anillo que rodeara la altiplanicie de Nipe, quedando actualmente solo un relieve de tipo residual (HOG BACK), localizado en las partes altas de las ondulaciones del relieve.

Los rasgos típicos del carso superficial son enormes dolinas, dientes de perro tabulares de mas de un metro de espesor (zonas fisuradas) y formas hipógeas al parecer influenciadas por la circulación fluvial cercana, pudiendose encontrar alguna galería fluviógena.

Debido a la tendencia ascendente del macizo de Nipe, se ha originado una intensa carsificación freática a varios niveles y una no menor corrosión-erosión, que denudó la superficie.

Subzona B. Cuestas Cársicas de Nipe; aquí se agrupan las elevaciones cársicas, desarrolladas sobre la Fm. Bitirí que aflora de forma mas o menos continua alrededor de las ultrabasitas de Nipe y Cristal, sobre yaciendo las calizas de Charco Redondo y las margas de la Fm. Sagua - aquí la carsificación externa se manifiesta en algunos pozos de disolución asociados a grietas verticales, pero en general los suelos que cubren las formas cársicas superficiales, impiden la manifestación de forma continua de estas, siendo solo notable el proceso exocársico en el escarpe de las elevaciones.

Estas calizas estan bien estratificadas presentando una notable tendencia a la carsificación según planos litogenéticos (Bedding Plane - Anastomosis) (39). Aunque la mayor parte de las espeluncas como es el caso de Seboruco siguen grietas verticales que dividen el macizo en bloques.

Los ríos cortan perpendicularmente las secuencias, aunque en ocasiones pueden correr paralela a su rumbo, aquí según parece se produce la alimentación de los acuíferos carsificados que integran el complejo acuífero No. 6 (capítulo 3).

Los valles fluviales lo cortan estos macizos cársicos, se caracterizan por poseer una morfología de cañón fluvial, que tal vez hallan constituidos cursos subterráneos, cuyas cavernas sufrieron desplome del techo quedando como testigo estructural de esto el puente natural del río Bitirí.

Zona IX. Barras Litorales Antiguas;

Han sido propuesta por los investigadores del I.G.-A.C.C. (34) situando en ellas las elevaciones calcáreas que bordean la costa norte de la provincia Holguín, que aquí se limitan hasta el norte de la bahía de Nipe extendiéndose por la península del Ramón y Saetía. Constituidas por rocas margosas-calcáreas de la formación Júcaro, las cuales se dividen por valles antiguos inundados por las bahías de bolsas actuales del litoral, es característico la aparición de calizas margosas que hacia el este transicionan arcilla y calcarenitas en la zona de Saetía, donde el proceso cársico desaparece como tal.

La morfología de esta zona tiene un marcado caracter estructural, en forma de crestas bajas con el flanco septentrional muy suave, que llega a la completa horizontalidad en la cercanía del litoral y su flanco meridional posee una pendiente brusca en forma de escarpe. Se han diferenciado dos subzonas características; la primera que se extiende por la península del Ramón, con un desarrollo cársico notable, y la otra que comprende la zona de Saetía, caracterizada por ser una zona transicional de litología y relieve.

Subzona A. Barra Cársica del Ramón; se caracteriza por el predominio de calizas margosas de la Fm. Júcaro, cubierta por sedimentos rojizos, se distinguen las clásicas microformas del relieve cársico superficial, así como algunas cavernas freáticas pequeñas, con influencia notable de la actividad litoral, en esta región es característica la existencia de pequeñas elevaciones en forma de franjas alargadas en la parte central de este territorio en las cuales se desarrollan las principales manifestaciones exocársicas, hacia el sur le subyace la Fm. Jagüeyes, la cual por su constitución predominantemente terrígena, no presenta desarrollo cársico, sino que ocurren fenómenos sufosivos que se expresan en el borde interior de la bahía de Nipe, en deslizamientos que mantienen la verticalidad en esta parte de la citada península.

Subzona B. Barra Cársica de Saetía; se extiende en forma de una franja irregular que constituye diferentes elevaciones de pequeño rango-constituídas por margas calcarenitas y aleurolitas calcáreas perteneciente a la Fm. Júcaro, y algunas zonas con calizas margosas de la Fm. Júcaro, que en su parte oeste posee esta composición litológica predominante. Debido a esta constitución geológica predominan los procesos sufosivos cársicos en las laderas de algunas elevaciones principalmente, aquí estos fenómenos están representados fundamentalmente en la porción oeste de la citada región, pues más al este desaparece todo indicio de esta manifestación.

Zona X. Elevaciones Cársicas de Frank País;

Aquí se describe un grupo de alturas formadas por margas miocénicas pertenecientes a la Fm. Tánamo (12) mapeadas por la B.C.H. como Fm. Jagüeyes y Júcaro indistintamente, por el miembro Barredera de Bucuey (B-BA) así como calizas de la Fm. Mucaral, también mapeados por la Brigada como Fm. Castillo de los Indios.

De acuerdo a las características hemos diferenciado dos subzonas, tipificadas por su unidad litológica, pues en el aspecto morfológico no poseen muchas diferencias, son elevaciones premontañas medias y altas, las cuales se subzonan de la forma siguiente :

Subzona A. Elevaciones Cársicas de Tánamo; en ellas se agrupan elevaciones constituídas por margas miocénicas con intercalaciones de calizas margosas que se encuentran ubicadas en la localidad del mismo nombre, pertenecientes al municipio Frank País. Las áreas de desarrollo de las secuencias las constituyen elevaciones donde intercaladas con las margas yacen estratos de calizas y dolomitas con influencia terrígena sobre la cual se desarrolla una notable carsificación.

Las formas cársicas generadas son embudos cársicos, los cuales consti-
tuyen depresiones generalmente semicirculares de notables proporcio-
nes, cuyo diámetro puede sobrepasar las decenas de mt., parecen tam-
bién pozos de disolución, dolinas de disolución de **ENDRMES** dimen-
siones, y el microrelieve típico del diente de perro subaéreo. Existe
un amplio desarrollo de galerías subterráneas que son la máxima expre-
sión del carso subterráneo, al parecer de génesis freático, ya sin --
circulación acuífera, que integran un sistema cársico conocido local-
mente como Siete Cuevas.

Subzona B. Cuestas Cársicas de Téneme; se hace referencia a un área --
donde debido a sus características litológicas, se presenta un fenóme-
no cársico menos desarrollado que el anterior citado, se observa en --
la localidad de Téneme, en una elevación dependiente moderada, que --
constituye un anticlinal erosionado en los flancos donde yacen cali-
zas y tobas interestatificadas con algunas secuencias de margas y cal-
carenitas pertenecientes a la Fm. **Mucaral**, mapeada por la Brigada , -
como Fm. Castillo de los Indios (anexo 1), que en sus partes cimera
tiene una variación a calizas criptocristalinas muy duras, en las ---
cuales se observan un desarrollo notable de carsificación superficial,
y que debido a su poca potencia no presenta un mayor desarrollo cársi-
co.

Un desarrollo similar ocurre en las cimas de las elevaciones serpenti-
níticas del piso estructural inferior, que constituyen las máximas co-
tas de las zonas las cuales poseen desarrollados en su cima delgados-
espesores de calizas arrecifales las cuales están muy carsificadas, -
tal vez asociados a períodos de sumersión neeríticas, donde las eleva-
ciones del paleorelieve fueron cubiertas por barreras arrecifales (12).

Zona XI. Mesas y Buttes Cársicos del río Mayarí.

Aquí se describe una región de extensión moderada situada entre la al-
tiplanicie de Nipe y la Sierra del Cristal que constituye las cabece-
ras del río Mayarí. Aquí aparecen en las cimas de las elevaciones mar-
gosas pertenecientes a la Fm. Sagua, una secuencia de calizas estrati-
ficadas de la Fm. Yateras, y constituyen verdadero residuo de una an-
tigua cobertura calcárea pretérita, intensamente diseccionada por la-
actividad fluvial, producto del rápido ascenso del territorio apareja-
da con una profunda disección vertical.

En su aspecto morfológico constituyen Mesas y Buttes, modificados por
la intensa lixiviación que ha dejado en ocasiones el macizo muy des-
membrado en bloques de grandes dimensiones, debido a esto las formas -
cársicas superficiales son enormes pues constituyen estructuras resi-
duales de la carsificación favorecido por la profundidad a que se en-
cuentra la nivel de base de erosión. Esta zona se diferencia del pro-
totipo que se describirá en Sagua de Tánamo, por estar presente en --
ella un mayor desarrollo de los procesos cársicos-denudativos.

Zona XII. Mesas y Buttes Cársicas de Sagua de Tánamo.

Aquí se describen un grupo de elevaciones cársicas localizadas al suroeste de la ciudad de Sagua de Tánamo entre los ríos Sagua, Castro y el Saltadero, caracterizadas por tener un elevado perfil con cotas entre 200 a mas de 300 mts. erigidas sobre los valles fluviales que conforman la parte superior de la cuenca del río Sagua. En su aspecto morfológico estas elevaciones se clasifican como mesas y Buttes, en dependencia de sus dimensiones, caracterizada por una morfología abrupta y notable pendientes de sus paredes, culminando en cimas aplanadas casi horizontal.

Geológicamente estan constituidas por notables espesores de calizas de la Fm. Yateras, caracterizada por una fina estratificación y una yacencia suave que sobreyace a las secuencias de la Fm. Sagua originando un perfil caracterizado por la casi completa verticalidad de sus paredes en la parte superior, donde afloran las calizas, mientras que a partir del contacto basal hasta el valle el relieve se hace menos vigoroso, con pendientes moderadas. En las cimas de estas elevaciones aparecen notables espesores de depósitos rojos, entre los cuales aparecen los clásicos dientes de perro, sobre todo en las cercanías de los pozos y embudos de disolución, que agujerean toda la superficie del macizo y constituyen el rasgo fundamental del exocarso, mientras que las formas subterráneas se caracterizan por el dominio de fúrnias del tipo Gato (29) con morfología cilindro-vertical y en las proximidades del piso de la secuencia, o sea cerca del contacto con las rocas no carsificadas, existe un predominio de las formas plano-horizontales, desarrolladas según los planos de estratificación, en el flanco oeste se forma una especie de escalón a nivel de contacto, con una gran depresión en forma de embudo que recoge las precipitaciones de parte de las rocas no carsificadas que drenan hacia el macizo, en la dirección del buzamiento de las capas, en la otra ladera se observa lo contrario, los estratos de las calizas forman a veces prominencias en la zona de contacto, donde se observan cavernas planiformes, a través de las cuales se produce la descarga del macizo, hacia el exterior.

Al parecer la zona anteriormente constituía una cuesta monoclinal de mayores dimensiones que fué diseccionada por la red fluvial de la cuenca hidrográfica del río Sagua que atravesó quizás subterráneamente, producto del rápido ascenso del territorio paralelo a una profundización del nivel basal de erosión, quedando rápidamente el macizo carsificado por encima del nivel de corrosión. Una de las características fundamentales de la carsogénesis actual es la existencia de una potente zona de aereación, la cual abarca toda la potencia de rocas carbonatadas.

Zona XIII. Alturas Cársicas de la Sierra de Moa.

En el centro de la Sierra de Moa, en la localidad de Farallones a 19 km. al suroeste del citado municipio, afloran una elevaciones mogotoides constituidas por calizas microcristalinas, organodetríticas de edad probablemente Eoceno inferior pertenecientes a la Fm. Farallones (39) que infrayacen concordantemente y de forma transicional a la Fm. Sabaneta, (6) de edad Eoceno medio. Estas calizas descansan discordantemente sobre la Fm. La Picota y sobre las ultrabasitas, lo cual no concuerda con la asignación de edad y posición estratigráfica asignada por la B.C.H.

El nivel basal de erosión local se encuentra en cotas muy próxima a los 300 mts. de donde se ierguen los mogotes que alcanzan valores mayores de los 400 mts., constituyendo las elevaciones carbonatadas de mayor energía de relieve en la provincia. El macizo de farallones se encuentra diseccionados en varios mogotes adyacentes, separados entre si por distancias de 30 a 20 mts., generalmente unidos -- por la base que presentan un aspecto pseudocónico (10), de paredes verticales con cimas algo redondeadas a diseccionadas, mas bien diseccionadas hacia el centro del macizo, el cual posee una depresión general que se complica en varias depresiones menores.

En su superficie se observan valles fósiles de circulación fluvial -- así como grandes dolinas de mas de un centenar de mts. de profundidad y que conjunto con las demás depresiones cársicas de menor rango denotan el alto grado de carsificación superficial, que tienen estas rocas favorecido por el alto grado de afloramiento y su hipso metría. El carso subterráneo esta caracterizado por el curso subterráneo de tres corrientes fluviales alóctonas que atraviezan el macizo de sur a norte, que resurgen en un único curso hídrico, constituyente del río Moa (Op. Cit.).

Aquí el río ha labrado por lo menos dos niveles de cavernas, siguiendo las líneas principales de agrietamiento, generalmente vertical en contrandose uno de ellos en estado fósil. El carso tanto superficial como subterráneo puede caracterizarse como muy intenso, dado por los factores físico-geográficos e hidrogeológicos que inciden en su carso génesis. Debido a sus características morfológicas lo hemos agrupado en un tipo de carso cónico presente en elevaciones montañosas (Op. Cit.).

Zona XIV. Elevaciones Ultrabásicas con Manifestaciones Cársicas.

Comprende un área del sur del municipio de Moa, en las Cuchillas de Moa, situada entre los ríos Moa y Jaguaní, referidas en la hoja cartográfica 5277-IV (Moa) señalado como depresiones aparecen un conjunto de microformas de relieve, que incluyen además algunas formas positivas comparables con dientes de perro, que han sido tratadas en la literatura como carso en serpentinitas (33).

Al parecer toda la superficie se encuentra poblada de depresiones que se caracterizan por tener forma circular y varios metros de profundidad, destacandose en el relieve de diferente hipsometría, aumentando en tamaño en la misma medida que disminuye el material laterífico en ella (35), en las zonas mas altas las depresiones se abren en la roca prácticamente desnuda como ocurre en el Pico El Toldo y en el Alto de la Calinga, en zona con alto grado de denudación, mientras que en sus cotas inferiores estas depresiones se abren prácticamente sobre lateridad (Op.Cit).

En las fotos aéreas se observa un alto grado de cizallamiento tectónico, estableciendose un control tectónico del drenaje superficial y la orientación de las depresiones. Es distinguible un profundo encañonamiento de las corrientes superficiales limítrofes, en drenajes paralelos, hacia el norte las divisorias son agudas, tipo cuchillas mas al sur aparecen en las partes cimeras de las elevaciones y en las aristas depresiones cilindricas abiertas. Las depresiones estan alineadas con fallas y grietas, generalmente en su zona de articulación, se caracterizan por terminar en sumideros o agujeros labrados en la roca (Op.Cit) generalmente siguiendo el curso de alguna fractura, a través de la cual ocurre el drenaje subterráneo del las aguas pluviales captadas en la superficie, y que son conducidas de manera profunda hasta las cuencas fluviales vecinas.

La morfología general del área se puede comparar con una superficie irregular, agujereada de "Cráteres" de aspecto fotoaéreo "Lunar".

Capítulo VII. Valoración Ingeniero-Geológica del Carso en la provincia Holguín.

7.1. Generalidades.

Pocas han sido las investigaciones carsológicas, donde se trata el carso como un fenómeno Físico-Geológico, sólo el trabajo de M. Iturralde tiene líneas en este sentido, del cual se han tomado parte de la metodología y contenido, fundiéndose con los criterios geológicos e ingeniero-geológicos, base teórica de la especialidad en -- que cursa el autor, así como se ha tratado de adaptar el esquema -- carsológico general, tratado generalmente para la mitad occidental del país, a las condiciones geológicas de la provincia Holguín, -- teniéndose además en cuenta la escala de realización del trabajo.

Este capítulo trata la valoración detallada de cada uno de los aspectos integrantes de la geología y la Ingeniería-Geológica, que -- se ponen de manifiesto en las zonas de desarrollo cársico, haciéndose también una valoración sistemática, de la litología, estructura, condiciones hidrogeológica, y geomorfología de los macizos carsificados, integrándose posteriormente en una clasificación totalitaria del carso, según el análisis geológico general.

Tomando de base la geología física del carso, que procede a la evaluación de los macizos carsificados, dándose una tipología ingeniero-geológica, y una zonación ingenieril, que en conjunto agrupan -- este voluminoso capítulo que constituye la tarea central de esta -- investigación.

7.2. Valoración Geológica del Carso.

En esta valoración de carácter geológico puramente, se trata el -- fenómeno físico-geológico, del carso, atendiendo a cuatro parámetros fundamentales que influyen en el surgimiento desarrollo y expresión morfológica de dicho fenómeno. Ellos son la litología, la estructura geológica local, la hidrogeología y el factor geomorfológico, que en su expresión resume la interacción de estos agentes geológicos, con los elementos del modelado terrestre, que de forma general afectan a todas las litologías, y que si bien se tienen en cuenta de una forma indirecta, es porque esto haría inútilmente extensivo el presente trabajo, teniéndose en cuenta además que ellos están representados por el factor geomorfológico como su expresión final. De este estudio y de su integración final se obtiene la clasificación general del carso, para la provincia Holguín, que puede ser extensiva para otros territorios donde se realizan estudios geológicos e ingeniero-geológicos en zonas cársicas (anexo 5) (Tablas 1 y 2).

7.2.1. Clasificación de las Rocas Cársicas según la Litología.

Para valorar el fenómeno cársico, escogemos desde el punto de vista petrológico y mineralógico, cuales son los tipos de rocas y minerales, que son solubles y por tanto factible a la actividad cársica en mayor o menor medida, en dependencia de ello se pueden diferenciar por grupos de rocas carsificadas, los siguientes conjuntos litológicos, los cuales por falta de descripción petrográfica de las diferentes secuencias, y por la carencia de material bibliográfico que satisfagan los detalles de esta investigación se ha tenido que agrupar desde punto de vista macroscópico los grupos que a continuación se citan.

Grupos de las Rocas Carsificadas (Fig.9)

- (1) Calcito-dolomíticas.
- (2) Sulfosalinas.
- (3) Metamórficas.
- (4) Margosas.
- (5) Magmáticas.

De ellas en las tres primeras se desarrolla el carso en sentido estricto, y en las dos últimas se desarrollan procesos que generan formas similares, que son denominados aquí como procesos de SEUDOCARSO. (carso In Sensu Lato).

Descripción General.

- (1) Rocas calcito-dolomíticas; en este tipo se generalizan como "grupo de las calizas", que se caracterizan por poseer contenido del material nominante en más de un 75% (Fig.9), oscilando el rango del contenido de material terrígeno desde 0-25%.
- (2) Rocas sulfosalinas; se incluye en el "grupo de las sulfosales", aquí se agrupan varias litologías, cuya composición mineralógica corresponde con su denominación, pues constituye sales y sulfato como La Halita, Anhidrita y Yeso, que entre otras -- constituyen los mayores volúmenes de estas rocas, generalmente se encuentran en los diapiros salinos.
- (3) Rocas metamórficas; constituyen un tipo en las cuales se agrupan rocas metamórficas solubles, principalmente representadas por mármoles o calizas algo metamorfizadas, que se encuentran en zonas sometidas a procesos de contacto-metamorfismo y metamorfismo regional.

- (4) Las rocas margosas; constituyen la litología de transición de las rocas carbonatadas a las terrígenas, las cuales poseen un contenido entre un 75 y un 55% de material carbonatado (21), que en este trabajo se presentan como " grupo de las margas" (Fig.9)
- (5) Rocas magnéticas; en este trabajo se limitará a las peridotitas serpentinizadas en las cuales se producen fenómenos pseudocársicos.

Otros autores hacen referencia a rocas vulcano-carbonatadas (24) más las rocas con contenido tufítico de nuestra provincia, que están representadas por la Fm. Puerto Boniato, en este caso no son cársicas.

Descripción de los Grupos Litológicos de Rocas Carsificadas y su distribución en Unidades Litoestratigráfica.

- (a) Grupo de las calizas; en este grupo se asocian varias formaciones carbonatadas, cuyo contenido de material terrígeno no excede el valor del 75%, este grupo se subdivide de acuerdo al rango de variación de la fracción terrígena en tres subtipos característicos, evaluados en un marco mucho mas estrecho (Fig.9). Es necesario aclarar que esta subdivisión se ha hecho atendiendo al caracter similar y sistematizado en un mismo rango, para esto contamos con datos petrográficos sumamente generalizados como; "...Las rocas margosas son aquellas que están constituidas por un 50-75% del material calcítico, y el resto de material terrígeno"...(21) Y en cuanto a la sistemática de Radionov y Teodorovich (In.24), ofrece valores de este tipo de composición al parecer basados en la experiencia de la URSS, pero para su aplicación en Cuba sería muy restringido aplicar si se tiene en cuenta las características propias de nuestro clima que influyen directamente en el desarrollo cársico.

- Calizas Puras; son así descritas aquellas, que cuyo contenido calcítico-dolomítico, constituye el 95-100% del total de la roca (Fig.9), entre ellas tenemos en Holguín las calizas de las Fm. Gibara, Charco Redondo, Farallones, y los miembros Tinajitas y Lindero de la Fm. Iberia (anexo 1). Todas caracterizadas por ser calizas masivas, criptocristalinas, microcristalinas, densas y agrietadas, que comprenden edades desde el Cretácico al Eoceno medio, donde se ha podido apreciar la máxima intensidad de los procesos cársicos, favorecidos por su alto agrietamiento y solubilidad, estas rocas son caracterizadas en las zonas morfológicas II, III, VIII y XIII (anexo 3).

- Calizas algo arcillosas; son representadas las unidades litoestratigráficas en cuyas rocas aparece un contenido terrígeno,

algo mas elevadado que en el caso anterior, pudiendo llegar a un 15% del total de las rocas. En este caso se tienen en la provincia las calizas de la Fm. Bitirí y Yateras (anexo 1), donde macroscópicamente se apreciaban que el contenido de material terrígeno no puede llegar a sobrepasar el 10%, no obstante a pesar de ser un criterio apreciativo, se pueden agrupar en este tipo litológico, se caracterizan por ser calizas algo porosas, en menor grado recristalizadas, agrietadas, fundamentalmente por grietas litogénicas, El carso se desarrolla por ambos tipos de fisura dando lugar a una carsificación homogéneamente distribuída, sus edades oscilan del Eoceno al Oligoceno, se encuentran distribuídas en las zonas XI, XII y VIII (anexo 3).

- Calizas margosas; se ha definido al grupo intermedio entre las calizas y las margas, el cual incluye a rocas con un contenido de material terrígeno que puede alcanzar el 25% del total de las rocas. Se refieren principalmente las variedades recristalizadas, porosas, de gruesa estratificación, organodetríticas con mezcla de detritos no carbonatados donde la carsificación se produce a traves de poros (intersticiales) y grietas litogénicas y gravitacionales, en menor grado tectónicas. Se pueden ejemplificar, las Fm. Yayal, Júcaro y Jaimanitas, las cuales se caracterizan por la lixiviación de la parte carbonatada y la meteorización-sufusión mecánica de la fracción terrígena, se localizan en las zonas I y VI (anexo 3).

(b) Grupo de las Margas; así es denominado el conjunto de litologías integradas por varios subgrupos, que al igual que el caso anterior se diferencian en la evaluación, en un sentido mas estricto del contenido del material arcilloso y carbonatado, aunque de forma general se caracteriza por tener una fracción calcítica que oscila entre el 75-45% de la composición total de la roca (Fig.9).

En estas rocas se produce el fenómeno pseudocársico, que tiene lugar en condiciones de alta energía de las aguas subterráneas circulantes y de la existencias de fisuración tectónica olitogénica, e intercalaciones con secuencias carsificables.

- Margas calcáreas; poseen entre un 75-65% de minerales calcito-dolomíticos, y el resto de composición terrígeno, en la cual son características la alternancia de estratos de margas calcáreas con margas y calizas margosas, pues casi nunca los macizos son homogéneos. Localizados fundamentalmente en las zonas V, X y IX (anexo 3).

algo mas elevadado que en el caso anterior, pudiendo llegar a un 15% del total de las rocas. En este caso se tienen en la provincia las calizas de la Fm. Bitirí y Yateras (anexo 1), donde macroscópicamente se apreciaban que el contenido de material terrígeno no puede llegar a sobrepasar el 10%, no obstante a pesar de ser un criterio apreciativo, se pueden agrupar en este tipo litológico, se caracterizan por ser calizas algo porosas, en menor grado recristalizadas, agrietadas, fundamentalmente por grietas litogénicas, El carso se desarrolla por ambos tipos de fisura dando lugar a una carsificación homogéneamente distribuída, sus edades oscilan del Eoceno al Oligoceno, se encuentran distribuídas en las zonas XI, XII y VIII (anexo 3).

- Calizas margosas; se ha definido al grupo intermedio entre las calizas y las margas, el cual incluye a rocas con un contenido de material terrígeno que puede alcanzar el 25% del total de las rocas. Se refieren principalmente las variedades recristalizadas, porosas, de gruesa estratificación, organodetríticas con mezcla de detritos no carbonatados donde la carsificación se produce a traves de poros (intersticiales) y grietas litogénicas y gravitacionales, en menor grado tectónicas. Se pueden ejemplificar, las Fm. Yayal, Júcaro y Jaimanitas, las cuales se caracterizan por la lixiviación de la parte carbonatada y la meteorización-sufusión mecánica de la fracción terrígena, se localizan en las zonas I y VI (anexo 3).

(b) Grupo de las Margas; así es denominado el conjunto de litologías integradas por varios subgrupos, que al igual que el caso anterior se diferencian en la evaluación, en un sentido mas estricto del contenido del material arcilloso y carbonatado, aunque de forma general se caracteriza por tener una fracción calcítica que oscila entre el 75-45% de la composición total de la roca (Fig.9).

En estas rocas se produce el fenómeno pseudocársico, que tiene lugar en condiciones de alta energía de las aguas subterráneas circulantes y de la existencias de fisuración tectónica olitogénica, e intercalaciones con secuencias carsificables.

- Margas calcáreas; poseen entre un 75-65% de minerales calcito-dolomíticos, y el resto de composición terrígeno, en la cual son características la alternancia de estratos de margas calcáreas con margas y calizas margosas, pues casi nunca los macizos son homogéneos. Localizados fundamentalmente en las zonas V, X y IX (anexo 3).

- (c) Rocas sulfosalinas; (Yeso, Anhidritas y Halitas) afloran en domos salinos, no aparecen en la provincia.
- (d) Rocas magmáticas; se expresan en nuestra provincia en la meteorización, y lixiviación-sufusión de rocas peridotíticas serpentinizadas, en el macizo de las cuchillas de Moa. Aquí se produce un proceso de lateritización por intemperismo de rocas ultrabásicas, posteriormente la intensa circulación acuífera, es capaz de transportar por medio de sufusión el material insoluble, y lixiviar los minerales solubles de la corteza, produciéndose además la corrosión, de algunos minerales de la roca ultrabásica, como es el olivino que en ciertas condiciones es soluble (16) y los carbonatos-férricos que integran además la mencionada litología (35).
- (e) Rocas metamórficas; se trata de un Ej. de carso sobre mármoles, generados a través del metamorfismo de contacto, a que ha sido sometida la Fm. Buenaventura en la cual se incluyen (anexo 1). Se localiza en el límite occidental de la provincia, aquí se observa un tipo de mármol gris, con contenido de material detrítico, que ha sido carsificado desde la superficie a través del diaclasamiento tectónico, en esta litología juega un papel decisivo el tamaño de los cristales, pues la estructura cristalina ofrece mayor resistencia a la lixiviación, dado por el carácter de su recristalización los enlaces iónicos que constituyen dicha red son muy fuertes y además por la alta densidad que poseen estas rocas su nivel de porosidad es muy bajo limitándose la carsogénesis a los planos de agrietamiento. Se localiza en la zona morfológica IV (anexo 3).

7.2.2 Clasificación Estructural de los Macizos Cársicos.

Aquí se exponen de forma general la estructura geológica local que constituyen los macizos carbonatados, pues es la infraestructura geológica la que en última instancia condiciona la ley de circulación acuífera y por tanto su circulación. Para lograr una valoración de la estructura geológica de los macizos carsificados, se ha confeccionado una tabla sistemática de los diferentes aspectos de interés (Fig.10), que son detallados a continuación:

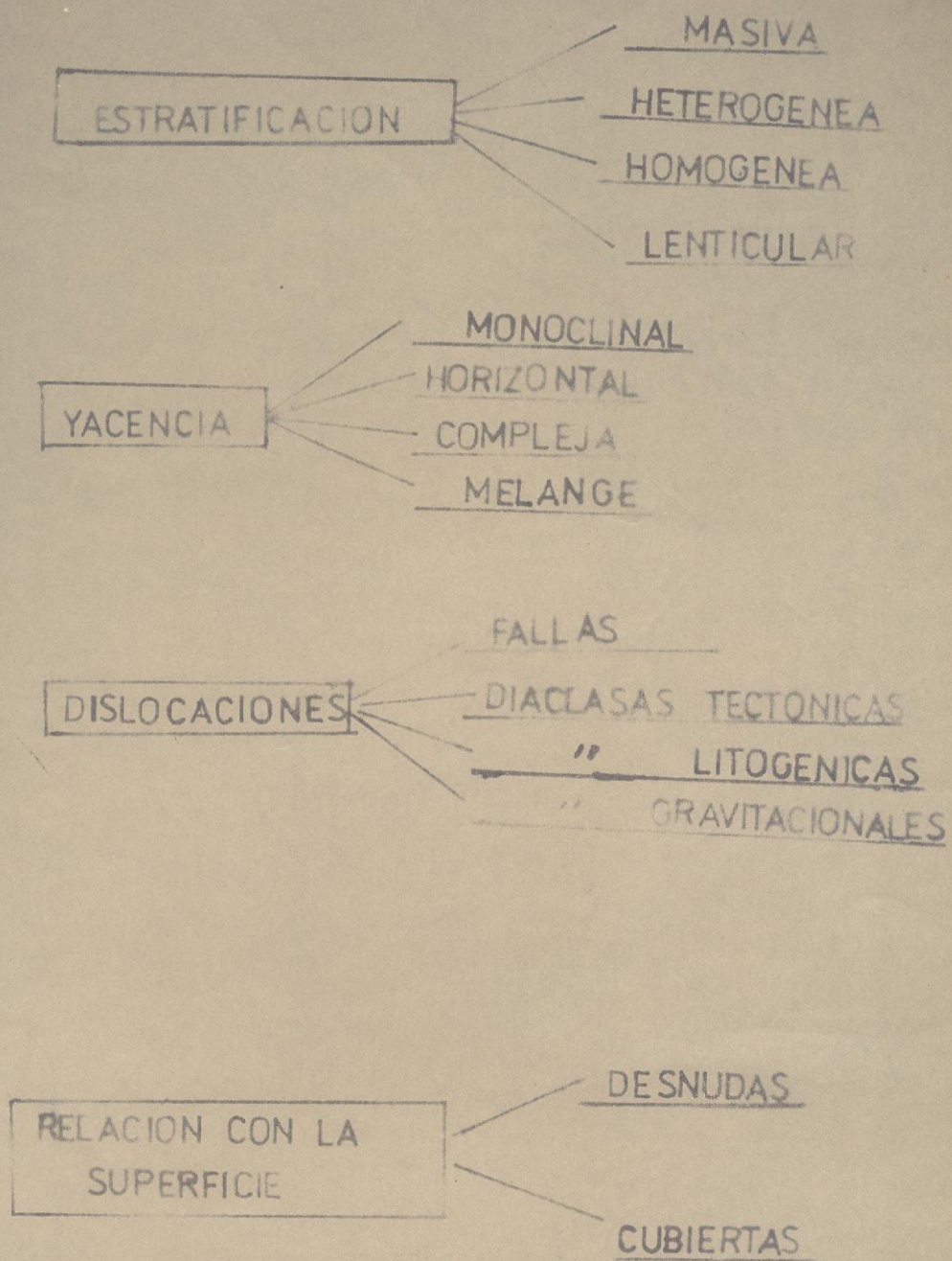
- 1) Segunda estratificación; en este punto se tiene en cuenta tanto el grado de estratificación como la composición de los estratos que integran las secuencias, efectuándose según este criterio la diferenciación de los macizos carsificados. Este aspecto influye por la existencia de grietas litogenéticas que constituye una dirección dominante en la circulación de las aguas subterráneas, que se comportará de acuerdo a cada tipo:

- Masiva: En los macizos masivos, aparece la roca carsificada según el agrietamiento tectónico; pero la inexistencia de planos de estratificación, indica que el control de la carsificación debe ser tectónico, es característico de las rocas criptocristalinas y microcristalinas, así como los mármoles, su morfología esta en consonancia con el régimen hidrodinámico local, como Ej. de este tipo se puede citar en la provincia las calizas microcristalinas de la Fm. Gibara, en la zona II, los miembros Tinajitas, Lindero y La Morena de Iberia, en la zona III la Fm. Charco Redondo en la zona VIII, y la Fm. Farallones en la zona XIII.
 - Homogénea; En ella se incluye las secuencias de calizas estratificadas, que no poseen intercalaciones importantes y que en toda la potencia está constituida por calizas de una composición mas o menos constante en estas zonas se caracteriza un desarrollo cársico espacial, en concordancia con las zonas de Sokolov (Fig.12), que se caracterizan por la formación de cavidades planiformes, que pueden tener varios niveles.
 - Heterogénea; son secuencias en las que aparecen intercalaciones de estratos de rocas carsificables y no carsificables, desarrollándose la carsificación en las litologías afines al proceso, que pudiera generar, la sufusión mecánica en las rocas no carsificadas. Tal es el caso de la carsificación en la zona de Tánamo, Fm. Tánamo (12), mapeado por la B.C.H. con varios nominativos (JAG, JUC) que conforman la zona morfológica X (anexo 3).
 - Lenticular; Se caracteriza por la presencia de lentes de rocas carsificables (calizas) discontinuos, intercalados en secuencias generalmente margosas, lo que genera zonas discontinuas de carsificación, con evidencias de procesos sufosivos en sus límites, tal es el caso de la Fm. Camazán en la zona V (anexo 3).
- 2) Según la Yacencia; se exponen los rasgos estructurales que determinan los elementos de yacencia de las secuencias constituyentes de los macizos carsificados, los cuales pueden ser :
- Monoclinal; es el caso más difundido en nuestra provincia, tratanse aquí las secuencias carsificadas por un buzamiento monoclinal y que influye en su morfología, formando cuestas y crestas, con un lado truncado y otras de pendiente gradual suave, que termina en alguna zona donde es sobreyacida por otra secuencia, tal es el caso de la zona VI (anexo 3) donde afloran las secuencias de la Fm. Yayal, otro Ej. lo constituye las secuencias de Camazán en la zona V, así como las formaciones Bitirí y Charco Redondo en la zona VIII haciéndose presente en la Fm. Tánamo antes citada. La influencia fundamental que tiene este tipo de yacencia es que crea un sentido fundamental de escurrimiento subterráneo, el cual en ausencia de fisuras tectónicas conduce un sentido preferencial de carsificación

en la dirección del buzamiento de la estructura, además es la generatriz fundamental del tipo cársico a régimen de circulación acuífera-piesométrica, dado por la recarga del manto acuífero que se produce en este tipo de estructura.

- Yacencia Horizontal; este tipo de estructura se caracteriza por presentar estratos mas o menos horizontales o levemente inclinados que son característicos en las Fm. Yateras, en las zonas XI y XII (anexo 3) así como las calizas de Jaimanitas y Júcaro en la zona I, que tipifican en el primer caso un relieve de mesas, y en el segundo caso de las llanuras costeras. Este tipo de yacencia influye en la carsificación, con la formación de cavidades subterráneas areales o planiformes cuando estas coinciden con el nivel de corrosión.
 - Yacencia Compleja; este es un marco estructural abierto especialmente para las calizas de la Fm. Gibara (zona II) representándose la compleja estructura plegada e intensamente fracturada, que se expresa en la carsificación a través de un sistema muy complicadamente lixiviado, en todos los sentidos de las fracturas, intensificándose en las zonas de mayor fracturamiento.
 - Yacencia Melange; así denominamos los bloques de inclusión tectónica y caótica, que aparecen en la región de Maniabón, y cuyos rasgos estructurales generan un tipo cársico singular, los mogotes solitarios constituyentes de la zona III (anexo 3)
- 3) Dislocaciones; la existencia de grietas y fallas, complica en extremo el estudio de las regiones cársicas, pues por ella puede producirse un cambio brusco en las condiciones normales de circulación de las aguas subterráneas, por lo que las zonas que presentan un intenso fracturamiento, introducen cambios en el carácter de la clasificación convencional. Esto ocurre en casi todas las zonas cársicas, por lo que no se entra a detallar, solo para citar un Ej., en la zona de Seboruco, Mayarí las calizas poseen una fina estratificación con buzamiento monoclinal suave, sin embargo el mayor desarrollo cársico subterráneo es vertical, debido a las líneas de agrietamiento en ese sentido., en la Fig. 10, se ilustran algunos tipos de fracturas que afectan principalmente los macizos carsificados.
- 4) Relación de la Roca Carsificada con la superficie; de acuerdo a esto se pueden diferenciar dos grandes grupos:
- a- Los macizos carsificados desnudos; son aquellos que las rocas se ponen en contacto directo con los agentes denudativos, y sólo pueden tener coberturas de escasos cm. y discontinuos, no influyentes en la carsificación aquí son característicos los procesos subaereos del carso (zona I)

CLASIFICACION ESTRUCTURAL
DE LOS MACIZOS CARSIFICADOS



- b- Macizo carsificado cubierto por secuencias permeables; constituyen macizos con lo cual se ha producido la acumulación de sedimentos detríticos (arenosos o gravosos en menor grado arcilloso) que se caracteriza por detener la energía de choque de las precipitaciones, pero no impiden su rápida infiltración e incorporación al sistema cársico subterráneo, forma parte de este tipo los macizos cubiertos por finos sedimentos arcillosos que se comportan por su escasa potencia de forma similar, y por el contenido de materia orgánica puede aumentar la agresividad del agua pluvial (33).
- c- Macizo carsificado cubierto por sedimentos impermeables; aquí se refiere al tipo de macizo que es cubierto por notables espesores de sedimentos hidrófugos que impiden la penetración del escurrimiento superficial que cuando las condiciones estructurales son favorables se generan cuencas cársicas artesianas, donde el agua se mueve a presión bajo la carga hidrostática de sus zonas elevadas. Ejemplificándose con la zona morfológica VII (anexo 3).
- d- Macizo carsificado cubierto por secuencias poco permeable; aquí se caracterizan los macizos que son cubiertos por notables depósitos de rocas hidrófilas e hidrófugas alternantes, creándose un sistema de difícil permeabilidad, en el cual las aguas superficiales escurren lentamente hacia el manto acuífero, por lo cual en los estadios de intensas lluvias es voluminosamente mayor el flujo hídrico que conduce el acuífero cársico que la cantidad de agua que logra infiltrarse a través de la cobertura, creándose un sistema de circulación hidrodinámico a presión en estaciones lluviosas, y freáticos en temporadas de sequía. Es probable que este tipo este presente en la zona VI (anexo 3).

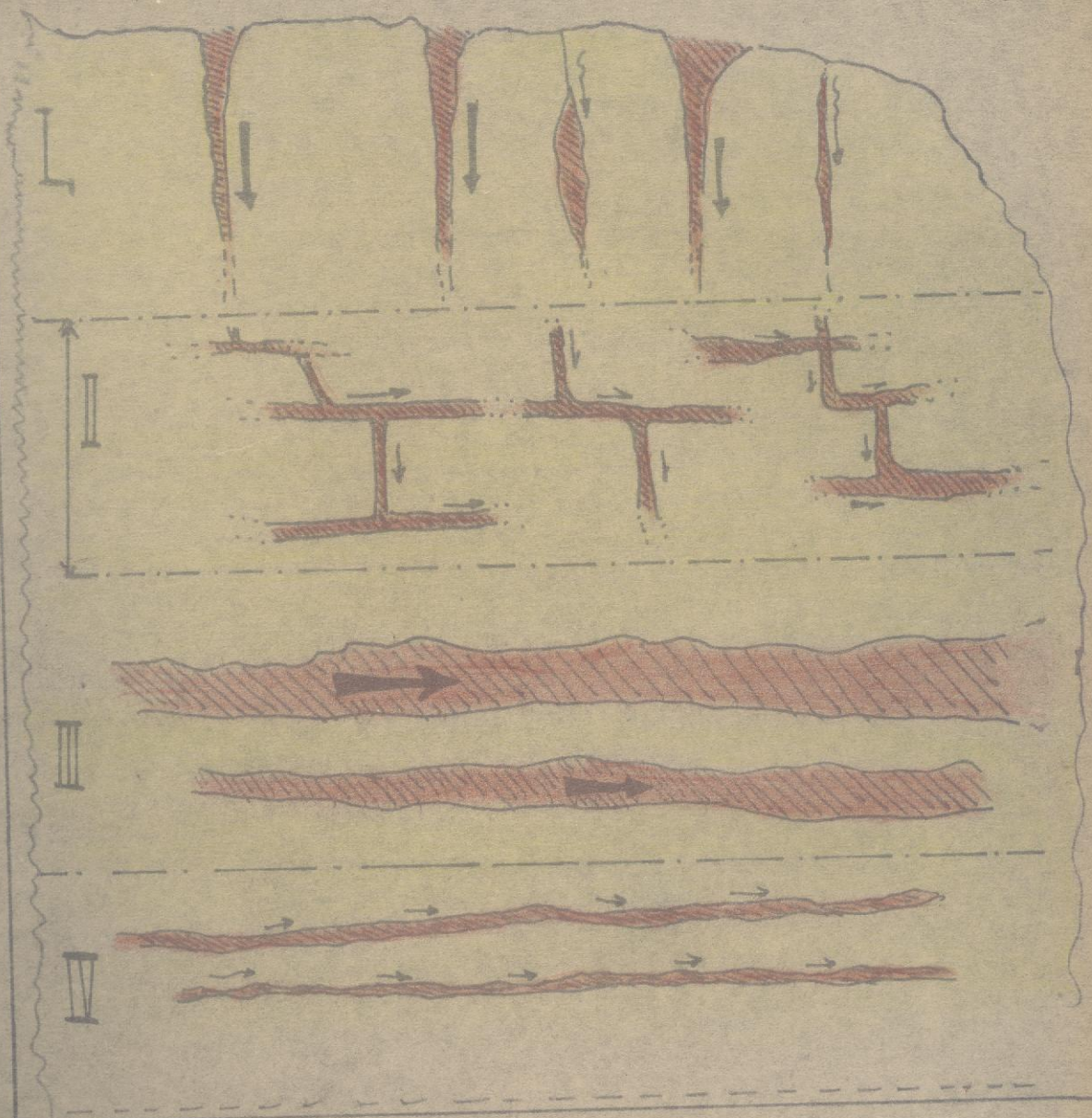
7.2.3 Caracterización Hidrogeológica de los Macizos Cársicos.

De acuerdo a las características de la circulación acuífera, así será el tipo de carsificación predominante en los macizos, pues el agua subterránea constituye el medio geoquímico de migración de los iones de carbonato de calcio, que son lixiviados de las rocas carbonatadas.

En este epígrafe se plantea una caracterización hidrodinámica local de las zonas cársicas de un macizo, planteado en el esquema de Sokolov (1968) (Fig.12) además el autor propone un esquema sistémico regional, donde se valora los macizos cársicos en función de la actividad hidrogeológica predominante, y de la posición que en dependencia de esto, ocupen en la cuenca hidrogeológica regional, pero en ningún modo se trata de la absolutización de los procesos que le dan nombre.

FIG-12

ESQUEMA HIDRODINAMICO DE SOKOLOV, (1968).



I. Zona de aereación: Mov. descendente del H_2O sub.

II. Zona de oscilación del nivel freático: Mov. bidireccional.

III. Zona de saturación total: Mov. horizontal intenso.

IV. Zona de circulación profunda: Mov. lento.

Esta sistemática por su carácter preliminar pueda que tenga algunas imperfecciones en cuanto a la nomenclatura empleada, lo cual sería bueno que surgiera de un consejo técnico y no por una evaluación unipersonal como ha sido propuesta. Se reitera el carácter hipotético de los modelos hidrogeológicos propuestos, para las zonas cársicas cubiertas.

Esquema Hidrodinámico de Sokolov (1968).

Aquí se expone la zonación vertical que está en función de la profundidad de yacencia del nivel de las aguas subterráneas y el nivel de base de corrosión. Distinguiéndose 4 zonas con características propias de circulación acuífera que guardan relación con la zonación vertical generalizada para la circulación acuífera de cortezas de meteorización, exponiéndose las siguientes zonas (Fig.12): Zona I. Zona de Aereación; donde fundamentalmente se observan la infiltración vertical, facilitada por la profundidad del nivel freático, que conduce a la formación de canales cársicos verticales.

Zona II. Zona de Oscilación Estacional de las aguas subterráneas; aquí se observa un desarrollo de cavernas y conductos cársicos, tanto en sentido vertical como horizontal, así como sus combinaciones.

Zona III. Zona de Saturación Total: se encuentra en la esfera de acción drenante de la red hidrográfica, el flujo de las aguas subterráneas está dirigido hacia los valles fluviales, y la zona en que tiene lugar la circulación del agua abarca el flujo bajo el lecho y la esfera de descarga de las aguas subterráneas.

Zona IV. Zona de Circulación Profunda; donde el movimiento de las aguas subterráneas es lento y por consiguiente la lixiviación en esta zona transcurre lentamente, es la parte de la zona de corrosión que está por debajo del nivel basal de erosión.

Clasificación Hidrogeológica Regional de las Zonas Cársicas.

Se distinguen cuatro tipos de carso, según la forma de circulación preferente de las aguas subterráneas, y por tanto de las zonas hidrogeológicas en que existen (Fig.11).

- I - Carso de Zonas de Alimentación
- II- Carso de Zonas de Conducción
- III Carso de Zonas de Descarga
- IV- Carso de Circulación por Fallas

DESCRIPCION

- I- Carso de Zonas de alimentación; su nombre no implica que sólo la alimentación de uno u otro tipo, sea directriz del proceso cársico, es posible encontrar en estas zonas rasgos de otras áreas muy locales, sin embargo asumimos el aspecto hidrogeológico predominante.

Es posible caracterizar a estas áreas como la zona por donde se produce la alimentación inicial de las cuencas hidrográficas, que se caracterizan por presentar zonas de aereación muy desarrolladas, (varias decenas de metros), generalmente constituyen elevaciones, en zonas montañosas y premontañosas, en ellas las formas cársicas principales o mas desarrolladas son las verticales, o galerías de origen fluvial, así como sus combinaciones, de acuerdo al tipo de alimentación predominante serán diferenciados los subtipos.

- a) De alimentación preferentemente pluvial; en este subtipo se agrupan los macizos cársicos que constituyen divisorias hidrográficas locales, o sea que se alimentan prácticamente de las aguas pluviales, o por lo menos éstas constituyen más de las dos terceras partes de la alimentación general que recibe el macizo, por tanto este tipo cársico se encuentra preferentemente en las zonas interiores del territorio, constituyendo las partes limítrofes de las cuencas hidrogeológicas, siendo también común encontrarlo en las cabeceras de las cuencas hidrográficas. Es posible también encontrar estos tipos cársicos en las partes medias de las cuencas hidrogeológicas, pero de forma general la alimentación al manto acuífero se produce ocasionalmente, se caracterizan por su escasa circulación horizontal. Las formas cársicas subterráneas desarrolladas según este esquema, son generalmente cavernas y furnias de origen vadoso, así como grandes dolinas y embudos cársicos caracterizados por su dirección predominante vertical, es bueno aclarar que este esquema representa un sólo estadio carsogenético, en caso de superposición de procesos es necesario un estudio detallado de esa zona.

Este subtipo cársico se encuentra ampliamente distribuido en la provincia, localizado en las zonas morfológicas XI, XII, XIV, II y III (anexo 3).

- b) De alimentación preferentemente Fluvial; en este subtipo se agrupan los macizos cársicos caracterizados por presentar el mayor volumen de captación acuífera a partir de la absorción de un gran volumen de agua producto del escurrimiento superficial de los valles vecinos. Estas corrientes pueden ser absorvidas parcialmente (a través de pérdidas) o totalmente, en este caso se genera un cauce subterráneo que origina la carsificación fluvial del macizo. El Ej. mas notorio de este subtipo lo constituye el macizo cársico de Farallones, donde todo el volumen del escurrimiento es incorporado a través de cavernas fluviales ---

a la circulación interior del macizo (zona XIII), en estos casos es - característico la formación de sistemas de galerías alineadas (cuando son mas de una corriente) que pueden haber formado varios pisos repre sentdos en la actualidad como cauces fósiles, además del nivel activo.

También se pueden considerar en este subtipo los macizos cársicos que bordean la Sierra de Nipe (zona VIII) que son atravezados en estrechos valles (cañones) por corrientes que drenan de la meseta de Pinares de Mayarí, y al atravezar dichos macizos en el mismo sentido de su buza - miento pueden tener pérdidas acuíferas, que alimentan la columna hidros tática del Complejo Acuífero del Eoceno-Oligoceno (capítulo 3) según - los cuales parece tener la alimentación fluvial de estos macizos, que - absorben parcialmente las aguas superficiales, que caracterizan su car sificación, según el agrietamiento litogenético predominante.

- c) De alimentación Pluvio-Fluvial; se hace aquí referencia a zonas don de además de la recepción de las precipitaciones que por su extensa área de captación, son volúminosos, existe la absorción acuífera de corrientes superficiales alóctonas. Generalmente estas zonas se caracterizan por constituir extensas áreas de centenares de Km.² que - permite la recepción en gran volumen de las precipitaciones.

En la provincia Holguín no existen ejemplo genuinos de este tipo de carsificación, sin embargo en las zonas de las alturas residuales - Banes-Cacocum (zona V) que tiene características similares, aquí - no se tiene un desarrollo típico por la constitución margosa que -- prima en esta área, por lo que la absorción fluvial es pobre, no -- obstante el nivel de las aguas subterráneas está controlado por las variaciones de las citadas corrientes, lo que permite la alternan - cia de alimentación del río al manto, y viceversa, en dependienciam de la estación climática. Este movimiento en dos direcciones condiciona la lixiviación-sufusión del material en zonas agrietadas, coincidentes con el nivel de las aguas subterráneas y sus zonas de aparición, que induce la alineación en los taludes fluviales de caver nosidades. En cuanto al papel de las precipitaciones, se encargan - del citado proceso en superficie, así como de la génesis de galerías vadosas en las partes superficiales de las elevaciones, produciendo - se formas subterráneas como galerías dolinas en forma de furnias, -- mientras tanto en la superficie de los macizos afloran los clásicos dientes de perro, así como la acumulación de espesores de depósitos rojos, esto ocurre fundamentalmente en las zonas en que afloran en las superficies las secuencias propiamente carsificables, en el caso de la Fm. Camazán (zona V).

Tipo II. Carso de Zonas de Conducción subterránea.

Con esta nominación se estudia el aparato cársico desarrollado en macizos carbonatados, que se ubican en las partes centrales de las cuencas hidrogeológicas, y por sus bajas cotas y volúmenes de las Zonas de Circulación Interna (III), para cualquier entorno que se tome, tendrá la característica que el volumen de precipitaciones captadas son mucho menores que el gasto acuífero a través de una sección de similar área en el acuífero, sin la influencia de corrientes superficiales alóctonas.

Estas zonas cársicas regularmente tienen un relieve llano, es característico encontrarlas en varias zonas de la provincia, caracterizando diferentes subtipos, los cuales se diferencian por el régimen -- del movimiento de las aguas subterráneas. Según esto se diferenciaron tres subtipos característicos, los cuales es bueno reiterar, -- que por razones obvias no se detectaron a través de afloramientos de campo como sería ideal, sino por criterios analíticos e hipotéticos, basados en analogías estructurales litológicas, por lo que cualquier diferencia con las condiciones hidrogeológicas naturales quedaría excusada. No obstante es necesario dar respuesta para eliminar a esta zona inexplorada, con el objetivo de constituir una guía orientativa para posteriores trabajos.

a) Carso de Zonas de Conducción Freática; se caracteriza por el movimiento de las aguas subterráneas en sentido preferentemente horizontal, como fenómeno carsogenético fundamental, que se distingue por presentar una superficie libre o freática en su manto acuífero, que permite el movimiento vertical de las aguas superficiales y pluviales a través de una zona de aereación, durante las temporadas de lluvia.

Esto también condiciona que las aguas subterráneas estén sometidas al régimen de oscilaciones hidrostáticas, debidas a las variaciones estacionarias, concluyéndose que los macizos cársicos con estas características, tienen un buen desarrollo de las cuatro zonas de Sokolov (Fig.12). A manera de Ej. se pueden citar algunas localidades de la provincia, como lo son la Herradura -- Cársica del Cauto (zona VI_a), donde se produce además la captación superficial de corrientes fluviales, y la conducción de un gran volumen hídrico recibido de cuencas hidrogeológicas hipsométricamente mas altas. Otro Ej. lo constituyen la Llanura Costera Primaria (zona I_c) en la zona de Banes, donde producto de una reciente emersión intensa, el nivel freático se encuentra a notable profundidad de la superficie, presentandose una potente zona de aereación, mas aquí no ha podido constituir el rasgo fundamental

de la circulación acuífera, debido a que precisamente esta región - presenta uno de los índices mas bajos de precipitación anual de la provincia, lo cual se considera representado en la carsificación, - por el predominio de las formas cársicas freáticas fósiles, a distintos niveles en la susodicha zona de aereación.

- b) Carso de Zonas de Conducción Piezométrica; así se denomina el fenómeno cársico desarrollado en acuíferos carbonatados, cuya circulación acuífera se efectúa a presión. Aquí la característica general es la existencia de una estructura geológica favorable, - donde la cuenca hidrogeológica posee una zona de afloramiento, y por consiguiente se produce la alimentación y carga hidrostática del complejo acuífero, que en la zona que se estudia en este subtipo, posee una potente cobertura de secuencias hidrófugas, que confinan las columnas hídricas, favoreciéndose su circulación horizontal. La característica fundamental de estos macizos es no presentar comunicación con las aguas pluviales y superficiales, -- por lo que no existe ninguna manifestación cársica superficial, - pudiendo la superficie presentar un buen drenaje, y baja profundidad de yacencia de las aguas subterráneas freáticas de estas rocas poco acuíferas.

El Ej. mas representativo en nuestra provincia parece ser la --- Cuenca Cársica Cubierta de Nipe (zona VII), donde las corrientes fluviales cortan las secuencias calizas del arco cársico, situado al sur de la cuenca (zona VIII), y a traves de este sistema cársico alimentan el complejo acuífero de las secuencias Eoceno-Oligoceno (capítulo 3), que son cubiertas por secuencias hidrófugas de la Fm. Jagüeyes, evidencias de esto se plantean al determinar que esta cuenca no drena a traves de su escurrimiento superficial todo el volumen pluvial que es capaz de captar (43). - Otras zonas con características similares la constituye la subregión de Cupeicillo-La Candelaria, agrupada como cuenca hidrográfica La Resbalosa (Op.Cit) en la cual el drenaje corre cargo de la cuenca cubierta por secuencias de la Fm. Vazquez (zona I) - a traves de la cual se produce la conducción piezométrica de las aguas subterráneas a traves de esta cuenca.

- c) Carso de Zonas de Conducción con Presión- sin Presión; así son denominadas ciertas zonas que estando cubiertas por escasos sedimentos arcillosos o potentes sedimentos areno-arcillosos, que -- traen como resultado que la intercomunicación entre la superficie y el manto acuífero sea en extremo dificultoso, por lo que en épocas lluviosas circula un mayor volumen acuoso, a traves del sistema cársico, que logra atravesar la cobertura semipermeable, esto genera la circulación estacional a régimen piezométrico, mientras-

que en épocas no lluviosas los niveles se restablecen y la circulación se efectúa a régimen freático, caracterizándose por el nivel de las aguas subterráneas, a la columna hidrostática en la zona de carga.

Un caso que parece ajustarse a estas condiciones, es la Cuenca Cársica Cubierta del Cauto (zona VI_b), aquí las calizas de la Fm. Yayal buzan debajo de las capas de la Fm. Cauto (anexo 1), la cual puede tener un comportamiento parecido a este esquema, generando esto que la zona de aereación prácticamente no se desarrolla, mientras que las zonas de Sokolov solo pudieran estar representadas por el resto de las zonas propuestas en la figura 12. Similares características puede tener la subzona I_b, donde los espesores arcillo-arenosos que sobreyacen a la Fm. Jaimanitas, impiden la relación freática total entre las aguas subterráneas y las de captación pluvial ocasional.

Tipo III. Carso de Zona de Descarga;

En este tipo son agrupadas las zonas desarrolladas en las áreas de descarga de la cuenca hidrogeológica regional, por tanto se refiere a las zonas cársicas costeras, donde de diferentes formas (constituyentes de los diferentes subtipos) se produce la descarga al mar de volumen hídrico captado por dicha cuenca. Este tipo tiene características propias, dadas por las condiciones de interacción de las aguas subterráneas y las aguas marinas, que constituyen dos medios acuáticos diferentes en sus propiedades físico-química, de las peculiaridades de cada zona se han diferenciado cuatro subtipos característicos que a continuación se describen.

a) Carso de Descarga Depresiva Normal; tratanse así las zonas de -- descarga cuyo relieve llano y poca altura del nivel del mar permite que se produzca un movimiento freático con un bajo gradiente de las zonas transicionales a los otros tipos cársicos ya estudiados, hasta el nivel del mar. Se caracteriza por estar regido en su parte inferior por las oscilaciones eustáticas debidas a las mareas, y en su zona superior por regirse por el régimen hidrostático del nivel freático.

Esta zona es denominada depresiva normal, porque el nivel de las aguas freáticas en condiciones normales, describen un perfil con ligera depresión desde las zonas de mayor gradiente hasta el nivel del mar. Aquí es característico en la carsogénesis la acción postuma de las aguas freáticas y la actividad abrasivo-corrosiva de las aguas marinas, interaccionadas con predominio gradual de una parte del acuífero donde se produce la llegada de las aguas desde la zona de conducción (parte trasera o superior) hasta el nivel del mar, donde se produce la descarga.

- b) Carso de Descarga Pisométrica; es referido aquí el tipo cársico - probablemente desarrollado en las zonas de descarga, de las zonas cársicas a régimen artesiano que con probabilidad se desarrollen en algunas zonas de la provincia. Esta característica hace que en estas zonas el desarrollo cársico de descarga se produzca por debajo del nivel del mar, como se ha comprobado en otras zonas del país (33) y que necesariamente de existir tales cuencas cársicas-artesianas deben de poseer su zona de descarga en alguna parte.

En la provincia Holguín la zona con mayor probabilidad para encontrar este fenómeno, son el litoral norte de la cuenca de Nipe, en la cual la secuencia de Jagüeyes, se sumerge en el mar, por lo -- que es posible suponer que las calizas de las Fm. Charco Redondo y Bitirí se prolonguen por debajo de las secuencias antes citadas y en algun lugar probablemente, del fondo marino tiene lugar su - descarga, como también en el litoral noroeste de Gibara en la bahía de Puerto Padre puede encontrarse la zona de descarga surgente, de las aguas captadas por la cuenca La Resbalosa, cuyo rumbo y buzamiento general de la estructura, es tendiente a esta dirección.

- c) Carso de Descarga Inundante; es posible denominar a estas zonas-- con escasas probabilidades de errar, como "carso muerto" o inactivo, pues se trata de zonas donde el desarrollo cársico ha sido interrupto por condiciones de acumulación parálisis. Aquí debido a la poca profundidad del nivel freático respecto a la superficie, - quizás condicionado por el descenso relativo de esta zona respecto al nivel del mar se han generado las condiciones físico-geológica antes citadas, superpuestas a las que generaron el fenómeno cársico. En estas zonas cambia por completo la actividad de los - procesos carsogenéticos, sustituyéndose la abrasión-corrosión inicial, por procesos acumulativos-reductores, que propician que se encuentren las formas cársicas anteriores prácticamente colmatadas en su totalidad, por los citados sedimentos, que son por lo general poco permeables, el gradiente hidráulico es despreciable, por lo que se defiende prácticamente la energización del proceso carsogenético.

Este subtipo cársico puede encontrarse en nuestra provincia a lo - largo de la costa norte, sobre todo en la mitad oriental, donde -- las oscilaciones glacioeustáticas, donde se han desarrollado varias bahías de bolsas, y la inundación de algunas zonas, generalmente valles fluviales antiguos, donde se acumulan los depositos de la Fm. Jutía (anexo 1).

d) Carso de Descarga Abrupta; denominamos así a la carsificación desarrollada en zonas costeras, donde un intenso ascenso del litoral, ha generado terrazas emergidas que alcanzan en forma de escalones, centenares de metros sobre el nivel del mar, donde el techo del impermeable yace a gran profundidad de la superficie, aquí la descarga de las aguas superficiales y subterráneas provenientes de las cuencas hidrográficas y subterráneas aledañas, se produce con un alto gradiente, cuyo nivel hidrostático describe una curva de alta pendiente, por lo que se observa en zonas muy cercanas a las costas el desarrollo de una potente zona de aereación.

Aunque en Holguín no está presente Ej. de este tipo, esbozamos su característica para su posible aplicación durante la continuidad de este estudio fuera de los límites territoriales de la provincia --- Holguín.

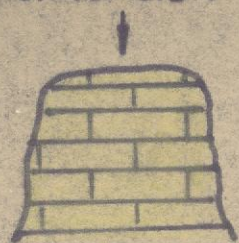
Tipo IV. Carso de Circulación por Fisura.

El drenaje a través de grietas y fallas de gran extensión, se caracteriza por producir un cambio brusco en las condiciones de carsificación, dado por el también brusco cambio en las condiciones de circulación subterránea de las aguas, creándose un tipo cársico caracterizado por su zonación local intensiva, a lo largo de dislocaciones disyuntivas, presentándose dos variantes; una cuando el movimiento de las aguas subterráneas es descendente, para macizos a régimen freático, caracterizado por presentar un mayor desarrollo en la superficie acuñándose en profundidad, este tipo es fácilmente mapeable y detectable por el aumento considerable y alineamiento anómalo de la carsificación.

En las fracturas que cortan acuíferos a régimen artesiano se produce una surgencia natural del acuífero hacia la superficie, deteniéndose al nivel de la altura piezométrica. Aquí se genera una carsificación similar al caso anterior, diferenciada de él por el sentido del aumento de la carsificación, que en este caso aumenta en profundidad y se acuña hacia la superficie (24).

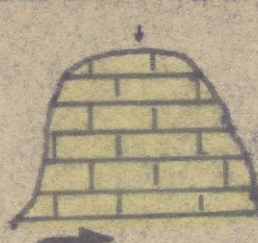
El primer tipo tiene enorme importancia para la construcción ingenieril de forma general, mientras que el segundo sólo afecta casos limitados en que la profundidad de la zona activa de alguna obra alcanza las rocas carsificadas. En la provincia Holguín se puede encontrar este tipo de carso en todos los macizos carsificados fisurados tectónicamente, por lo que es un rasgo carsogenético local.

CLASIFICACION HIDROGEOLOGICA DE LAS ZONAS CARSIICAS



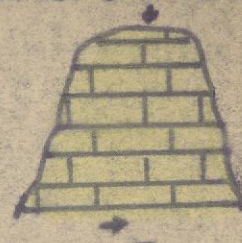
(A)

PLUVIAL



(B)

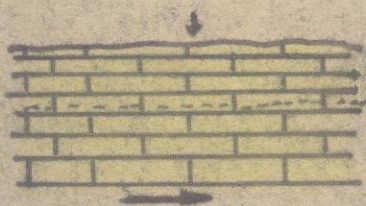
FLUVIAL



(C)

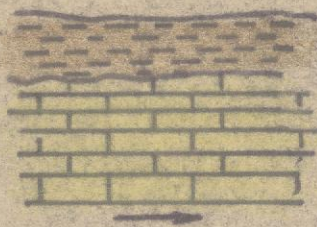
PLUVIO-FLUVIAL

I.- CARSO DE ZONAS DE ALIMENTACION



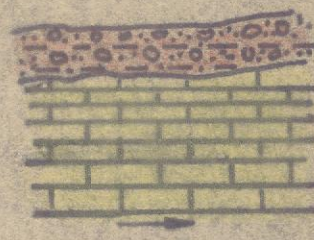
(A)

FREATICA



(B)

PIEZOMETRICA



(C)

CONPRES.-SINPRES.

II.- CARSO DE ZONAS DE CONDUCCION



(A)

DEPRESIVA NORMAL



(B)

PIEZOMETRICA



(C)

INUNDANTE



(D)

ABRUPTA

III.- CARSO DE ZONAS DE DESCARGA

SIMBOLOGIA



ROCAS CARSIICAS



COBERTURA IMPERMEABLE



COBERTURA POCO PERMEABLE



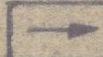
ROCA NO CARSIIFICABLE



NIVEL FREATICO



NIVEL DEL MAR



DIRECCION PREFERENTE DEL H₂O



DIRECCION SECUNDARIA



→ SUBTIPOS CARSIICOS

7.2.4. Clasificación Geomorfológica del Carso.

En este subepígrafe, se trata la compleja tarea de sistematizar, de la forma más sencilla posible, los tipos cársicos de la provincia, a fin de lograr una nomenclatura fácilmente memorizable e igualmente identificable en el terreno. Para ello tomamos algunos criterios de los diferentes autores, los cuales se han tratado de armonizar con el estilo de este trabajo, de manera que sean fieles exponentes de la composición geológica de las distintas regiones carsificadas, a fin de lograr una total integración de los tipos cársicos antes señalados según cada valoración, bajo una misma denominación geomorfológica. Las fuentes para este trabajo han sido fundamentalmente la clasificación de Acevedo 1967 (12) y la de Núñez Jiménez 1964 (31), que desde un punto de vista geomorfológico sistematizan el carso cubano de forma general.

Descripción de Tipos y Subtipos :

1. Carso de Elevaciones.
2. Carso de Mogotes (cónicos)
3. Carso de Llanura.
4. Carso Costero.

1. Carso de Elevaciones; en este tipo se agrupan todos los macizos cársicos que constituyen rasgos positivos del relieve, integrando elevaciones de diversas alturas y morfología, según lo cual se darán los siguientes subtipos:

- a) Carso de Lomas; bajo esta denominación hemos agrupado las elevaciones cársicas cuyo valor promedio de sus cotas no sobrepasa los 200 mts., característicos por constituir divisorias hidrográficas locales, con un sistema cársico homogéneo, amplio desarrollo de la zona de aereación con un gran desarrollo de formas vadosas (de captaciones), aunque pueden existir asociadas generalmente al nivel altivo de las aguas subterráneas.

Este subtipo es característico de las elevaciones Cupeicillo-La Candelaria, el cual la mayoría de sus cotas oscilan entre 100 y 200 mts., aunque existen algunas elevaciones mogotoides que sobrepasan este nivel, pero en manera alguna constituyen el grueso del macizo, el cual queda justamente ubicado en este subtipo. También se incluyen aquí las alturas cársicas de Nipe y Cristal y las elevaciones margosas del paisaje Banes-Cacocum, así como las elevaciones de Tánamo.

- b) Carsos de Mesetas y Mesas; en este tipo se pretende agrupar a un conjunto de elevaciones que producto de su cota pudiesen estar - entre otros subtipos de elevaciones, pero se diferencian notablemente por su morfología, pues poseen cimas peniplanadas con pendientes menores de 5 grados. Este subtipo se presenta en las zonas de Mesas y Buttes de Sagua de Tánamo (zona XII) que integran varias elevaciones de esta morfología, constituidas por secuencias de la Fm. Yateras (anexo 1), también pueden incluirse elevaciones similares, pero mas intensamente denudadas, que afloran - en el curso superior del río Mayarí (zona XI). Otro caso parecido se observa en la elevación mesetoide de Yagüajay al noreste - de Holguín, que en realidad constituye una cuesta suave o mesa - inclinada pero su expresión morfológica es comparable con este tipo de paisaje.
- c) Carso de Montañas; es así descrito el macizo cársico que el promedio de la mayor parte de sus cotas sobrepasa los 200 mts. constituyendo grupos orográficos de notables dimensiones, que tiene - extensión considerable. En nuestra provincia no aparecen elevaciones cársicas de este género en rocas carbonatadas, presentándose un caso especial (seudocarso) que fué descrita en otro epígrafe .
- d) Carso Cónico de Montañas; aquí se relaciona un tipo cársico especial, caracterizado por el desarrollo de condiciones locales similares al carso cónico, en cuanto a su drenaje y morfología, -- sin embargo difiere en su primer término por su posición geográfica y altura topográfica, así como por la cota de nivel local - de erosión, que se encuentra a mas de 200 mt. snm.

El rasgo local distintivo lo constituye el hecho de formar elevaciones de calizas que poseen una notable verticalidad en sus paredes, mientras que sus cimas son redondeadas, que recuerdan el carso cónico propiamente dicho, sin embargo sus elevaciones se encuentran muy diseccionadas y desmembradas por una intensa erosión-disolución. Las zonas de depresión en las cimas de los macizos son de caracter estructural muy marcado, y es característico encontrar en ellas el desarrollo de cavernas fluviales, que forman estrechos valles de varios niveles, debido al vigor del relieve, es propio de las zonas geográficas; Sierra de Moa, en las zonas morfológica XIII, en la localidad de farallones al suroeste de Moa.

Tipo II. Carso de Mogotes (cónico).

Con este nombre describimos un tipo cársico propio de las zonas tropicales (Kegelkarst) caracterizado por constituir elevaciones

calcáreas residuales de una intensa erosión, expresados en el paisaje como formas prominentes de gran hipso metría sobre el nivel de base de erosión local, integrando un paisaje contrastante de elevaciones y valles - de notable llanura. En dependencia de sus relaciones estructurales expresadas en su morfología se distinguen dos subtipos.

- a) Carso Cónico Adyacente. Con este nombre diferenciamos el carso cónico propiamente dicho, o en su sentido mas legítimo, para esta denominación. Se caracteriza por el desarrollo de mogotes relacionados estratigráfica y estructuralmente, que integra los típicos mogotes de la Sierra de Los Organos en Pinar del Río. Este Ej. no se manifiesta en nuestro territorio.
- b) Carso Cónico Aislado (solitario); así se ha denominado tomando en consideración algunos trabajos precedentes (31) y (34), al tipo de carsificación desarrollado en elevaciones calizas del grupo Maniabón, donde los cerros calizos se ierguen en una región peniplanada, relacionados tectónicamente con las litologías encajantes, sin relación estratigráficas entre sí y forman partes de las estructuras arqueadas hacia el norte presente en Maniabón, que ha condicionado la existencia de macizos aislados que se carsifican independientemente, aflorando en gran medida producto de la diferencia contrastante de la dureza de ellas y las rocas encajantes. Creemos que por su morfología y características hidrogeológica pueden incluirse dentro de este tipo de carso.

Tipo III. Carso de Llanuras.

Son agrupados en este tipo un conjunto de formas cársicas caracterizadas por ser de un relieve llano a ondulado, con pendientes menores de 5° desarrolladas en extensas áreas que de acuerdo a los procesos genéticos a ellos asociados así como los agentes exodinámicos dominantes; pueden ser llanuras costeras o llanuras interiores, que de acuerdo a la cobertura sedimentaria que puedan tener se denominan cubiertas o activas, todo lo antes expuesto constituyen los criterios de sistemática en Sub-tipo.

- a) Carso de Llanuras Interiores Activas; se expresa en aquellas regiones donde el relieve presenta las condiciones generales anteriormente descritas, distinguida por poseer delgados y discontinuos sedimentos en su superficie, lo que se expresa en la captación directa de las aguas fluviales. Estas zonas se encuentran situadas en la parte interior del territorio asociada a una cuenca fluvial como es el caso mas notable en nuestra provincia, La Herradura Cársica del Cauto. (zona VIa)
- b) Llanura Cársica Interior Cubierta, es la variante del Ej. anterior en que la llanura cársica es cubierta por potentes sedimentos, que de acuerdo a sus propiedades acuíferas, determinaran el comportamiento, - hidrodinámico en la roca carsificada, Ej. de esta zona lo constituye la llanura cársica cubierta del Cauto, que es sobreyacida por potentes sedimentos aluviales de la Fm. Cauto, que caracteriza el régimen de carsificación actual.

También es típico el desarrollo de este fenómeno en la llanura cársica cubierta de Nipe, donde potentes espesores de secuencias hidrófugas sobreyacen en centenares de mts., las rocas carsificadas de las Fm. Bitirí y Charco Redondo.

- c) Llanura Cársica Costera Activa, aquí se relaciona un tipo cársico - caracterizado por constituir la transición del carso de llanuras - al costero, en este Ej. caracterizado por no tener cobertura sedimentaria y por presentar las morfologías y relieves típicos de las zonas llanas.

Es característico de las zonas primarias de emersión donde se ha desarrollado una potente zona de aereación y está limitado por el carso litoral propiamente dicho, constituye un Ej. notable de este tipo cársico, la zona I_c desarrollada sobre la Fm. Júcaro (anexo 3).

- d) Llanura Cársica Costera Cubierta; se trata de un caso parecido al anterior, solo que el macizo carsificado está cubierto por potentes espesores que cambian su régimen hidrodinámico, puede decirse que es la expresión en las llanuras costeras del subtipo de llanuras interiores cubiertas, se caracteriza por no poseer manifestaciones cársicas con superficies. Este subtipo se puede ejemplificar con la llanura costera sobre la que se desarrollan las bahías de bolsa del noreste, así como al noroeste de Gibara zona I_b.

Tipo IV. Carso Costero.

En este grupo están asociados todos los tipos cársicos que tienen relación genética con los procesos carso-litorales, y que por tanto guardan huellas inborrables de su acción, en este tipo se han diferenciado cuatro subtipos que responden a dichas condiciones :

- a) Carso Litoral; es el caso más representativo de la carsogénesis costera, donde los procesos corrosivos-abrasivos y dinámicos se funden en un solo nominativo; la actividad marina litoral, que trae como resultado un lapiés típico conocido como seboruco costero, puede considerarse que este subtipo refleja las condiciones genéticas de los demás subtipos, si se hace alusión a la máxima de Lyell... "el presente es la clave del pasado"... así condicionamos esta sistemática, a la tipificación de las diferentes variaciones que han tenido estas condiciones iniciales. Este tipo se encuentra representado por la zona morfológica I_a .
- b) Carso de Terrazas Emergidas; se aborda una morfología cársica, en la que los continuos procesos ascendentes han originado un relieve caracterizado por varios escalones de terrazas emergidas, en diferentes épocas geológicas, las cuales presentan evidentes rasgos de la actividad litoral pretérita. En nuestro territorio no aparecen verdaderos Ej. de este tipo cársico.

- c) Carso de Zonas Parálicas; aquí son relacionados los tipos cársicos que tras una génesis litoral, fueron cubierto por la invasión del mar y luego retrasados en el proceso ascendente del resto del territorio, se producen en ellos cuencas sedimentarias parálicas caracterizadas por un caracter acumulativo de sedimentos organógenos, aquí el aparato cársico se encuentra colmatado por acumulaciones terrígeno-biogénicas, por la que la carsogénesis se encuentra detenida, referidas a este tipo cársico se encuentran las zonas deltai cas y parálicas del norte de Holguín, zona Id.
- d) Carso Costero Sumergido por el Mar; en este subtipo se agrupan todas las zonas carsicas de génesis litoral, en que los procesos de ascenso del nivel del mar tras la ultima glaciación cuaternaria -- han mantenido sumergidas. Es notable en muchas zonas de la plata -- forma insular de uno o dos niveles de terrazas marinas sumergidas, que constituyen los mares neeríticos actuales, otras zonas también agenciabile a este subtipo pueden ser parte de las llanuras litorales y costeras cubiertas por las aguas de las bahías de bolsa (zona I_e) (anexo 3).

7.2.3 Clasificación Geológica del Carso.

Es necesario tener en cuenta que a la hora de realizar una clasificación geológica general, del fenómeno cársico, después de haberse analizado detalladamente la sistemática particular según diferentes factores geológicos, se haría repetición al caracterizarse cada uno de los tipos y subtipos de esta sistemática, por esto se ha integrado totalitariamente las diferentes clasificaciones particulares del fenómeno, en una tabla sistemática general, referida a la clasificación geomorfológica, para lo cual se tendrá en cuenta los siguientes factores :

- 1-Nomenclatura sencilla y memorizable.
- 2-Representatividad de cada razgo geológico.
- 3-Predominio entre los procesos genéticos y actuales.
- 4- Predominio entre los procesos endógenos y exógenos.

El autor estima que el factor geomorfológico reúne todos los aspectos antes señalados, ,por lo que se ha empleado la nomenclatura de esta sistemática para la clasificación geológica general.

Para elaborar acuerpo este propósito se ha confeccionado una tabla clasificatoria general, que de una forma comparativa muestra todos los razgos integrativos, divididas en dos partes, la tabla 1 (Gral.) y la tabla 2, dedicada a las rocas carbonatadas.

rango de oscilación, que con la salvedad anterior se elevan desde 10 a mas de 200 mts. de altitud, debido a la denudación diferencial de este macizo por diferencias paleogeográficas por lo que dentro de ellas se aprecian areas geomorfológicamente diferenciab^les, cuya relación puede ser transicional. No obstante desde el punto de vista geológico pueden ser agrupados como carso de lomas (anexo5), referidos a la zona morfológica II y Ig.

- Valoración del Fenómeno Cársico -

El carso en esta subzona está ampliamente distribuido en enormes proporciones, favorecidos y ampliados sus efectos por el alto tectonismo de la región, así como por la superposición (al menos en la parte norte IIg) de más de un proceso carsogenético, por lo que asumimos - que esta zona posee una alta complejidad desde el punto de vista Carso-Ingenieril.

Subzona Ib. Trátanse de las elevaciones constituidas por la Fm. Charco Redondo, constituyente en su mayoría de un relieve residual tipificado en la zona morfológica VIII es al igual que el caso anterior, desde el punto de vista carso-geológico agrupado en el subtipo de - carso de lomas; aquí los procesos cársicos han diseccionado en cue^ltas y elevaciones relicticas, lo que fueron notables elevaciones calizas, por lo que de forma general su importancia es pequeña, no -- obstante deben tenerse en cuenta desde el punto de vista ingenieril debe de tenerse en cuenta a la hora de planificar los cierres de -- los complejos hidráulicos así como en la explotación minera por el alto grado de carsificación que poseen.

- Valoración del Fenómeno Cársico -

En esta subzona el carso actuante es y ha sido muy intenso debido a las condiciones denudativas que han dejado sólo un relieve residual, teniendo un amplio desarrollo de cavernas y pozos de disolución. -- Puede clasificarse como una zona compleja.

Subzona C. Se refiere a las elevaciones cársicas de la Sierra de Moa tipificada en la zona morfológica XIII caracterizándose por presentar un carso cónico de montañas según corresponde a su clasificación geológica. Esta constituida por calizas puras de la Fm. farallones (B-BA) (anexo 1) cuya base local de erosión se encuentra entre los 200-300 mts. de altitud, en el macizo montañoso de las Cuchillas de Moa- (anexo 5).

Aquí el carso ha tenido características singulares producto del clima típico de esta región (zona A) (8) así como el alto gradiente que poseen las aguas que llegan al macizo y su rápido drenaje dado por - la altitud del nivel basado de erosión.

- Valoración del Fenómeno -

Se observan fenómenos cársicos de alto rango dado por más de un nivel de cavernamiento fluvial y un gran desarrollo de la zona de aereación dado por el gran desarrollo de formas verticales y horizontales superpuestas al techo de las galerías, se encuentra propensa al desplome, como indican algunas dolinas de esta génesis, por lo que el macizo -- carsificado posee una gran inestabilidad estructural y una gran permeabilidad por concepto de agrietamiento y carsificación, lo cual lo hace muy complejo desde el punto de vista Ingeniero-Geológico.

Zona II. Constituidas por rocas calizas algo arcillosas que poseen un contenido de un 95-85% de minerales calcito-dolomíticos, y el resto de partículas arcillosas, que son representadas por las Fm. Bitirí y Yateras (anexo 1) que constituyen elevaciones de yacencias suaves asociadas a zonas de alimentación hidrogeológica.

Subzona IIa. Constituida por la Fm. Bitirí, caracterizada por aflorar enncuestas carsicas que alcanzan cotas de mas de 100 mts. de altitud, caracterizadas desde el punto de vista geológico como carso de lomas, situada en la zona morfológica VIII (anexo 3)

- Valoración del Proceso Cársico -

La carsificación es preferentemente tabular, aunque el macizo se encuentra cortado por zonas de fractura, en que se produce la intensificación tectónica del carso en sentido vertical, se observa como regularidad el desarrollo en las partes bajas del macizo, de cavernas freáticas relacionadas con el nivel basal de corrosión. Este proceso se encuentra vinculado lateralmente a la influencia de corrientes fluviales que cortan perpendicularmente dicha elevaciones formando cañones, esta regularidad dela carsificación, provoca la poca resistividad del techo de las cavidades dado por la lixiviación según el plano de estratificación (Bedding Plane Anastomosis In 29).

A estas zonas debe prestarsele atención durante la proyección de obras hidrotécnicas, debido al caracter de la fisuración que poseen y la constante del complejo acuífero Eoceno-Mioceno (capítulo III).

Subzona IIb. Constituye la Fm. Yateras, que aflora en las zonas morfológicas XI y XII, clasificados desde el punto de vista geológico como - carsos de mesas y mesetas , constituye elevaciones notables, por tener cimas aplanadas y paredes mas o menos verticales que poseen yacencias subhorizontales, que coronan la elevaciones margosas de la Fm. Sagua.

- Valoración del Proceso Cársico -

El carso tiene un total desarrollo por encima del nivel freático (zona de aereación) por lo que el nivel basal de corrosión coincide forzosamente con el piso de la secuencia.

7.3. Sistemática Ingeniero Geológica del Carso.

Aspectos Generales.

Para esta sistemática, se divide el trabajo en dos partes fundamentales; la primera dedicada a la zonación Ingeniero-Geológica de las rocas carsificadas, donde atendiendo a diversos factores, se divide en zonas ingeniero-geológica, las regiones de desarrollo cársico, con una tabla (3) y un anexo (4) al respecto, posteriormente se realiza una valoración apreciativa de las rocas carsificadas como base para la construcción Ingenieril, en función de su aspecto visual y al grado de carsificación apreciable en el levantamiento de campo.

7.3.2 Zonación Ingeniero-Geológica de las Rocas Carsificadas.

Para la zonación Ingeniero-Geológica de las rocas carsificadas, se tomó como criterio inicial la composición petrográfica de -- las distintas formaciones geológicas, que en primer instancia determinan las condiciones Ingeniero-Geológicas de una zona dada y como criterio nominativo de la subzonación se escoge el -- factor geomorfológico que constituye un reflejo de las condiciones hidrogeológicas y estructurales. Además se hace referencia en cada zona o subzona a la valoración geológica del carso, realizada en el epígrafe anterior, brindándose además su localización en el mapa morfológico del carso.

De este estudio son excluidos los tipos cársicos siguientes: El cónico aislado de Maniabón, que por sus pequeñas dimensiones puede ser fácilmente evitado; y el de la Llanura Cársica -- Cubierta de Nipe, ya que por la profundidad de su yacencia, la zona activa de ninguna obra la llegaría jamás alcanzar. El Carso en peridotitas que por sus condiciones geográficas la excluyen de afectar cualquier obra ingenieril.

- Características de las Zonas y Subzonas -

Zona I. Constituidas por calizas puras, poseen contenido entre un 95-100% de material calcítico-dolomítico, y están representadas en la provincia por las Fm. Gibara, Charco Redondo y Farallones. Constituyen elevaciones cársicas que en dependencia de la tipología del relieve se dividen en tres subzonas distintivas.

Subzona Ia. Abarca toda el área de ~~aplex~~amiento de la Fm. Gibara, incluyendo áreas que geográficamente no son elevaciones, -- pero sus reducidas dimensiones y proximidad a las elevaciones -- de Cupeicillo, hacen que se tomen como un sólo subtipo para no entrar en detalles superfluos a esta escala de trabajo. El resto de las zonas constituyen elevaciones calcáreas con un amplio

Para la construcción hidrotécnica, esta zona no presenta mayores dificultades debido al pequeño tamaño de las cavidades y grietas, que pueden ser fácilmente rellenadas y hormigoneadas.

Zona V. Rocas Margosas.

En este grupo, el material calcareo presenta rango oscilante, entre -- margas calcareas y margas arcillosas (Fig.9) que no pueden ser separadas en zonas características independientes por aparecer interestratificadas, e incluso con lentes y estratos de calizas margosas.

Todo este grupo litológico está integrado por la Fm. Camazán y la Fm. -- Tánamo, que hacen de esta zona una de las de mayor complejidad ingeniero-geológica. Esta área está localizada en las zonas morfológicas V, -- VIII y X. (anexo 3), caracterizadas desde el punto de vista geológico -- como pseudocarsos del tipo margoso.

Subzona V_a; comprende las áreas de extensión de la Fm. Camazán, que integran un relieve llano a ondulado, caracterizado por poseer cotas inferiores a los 100 mts., donde el proceso pseudocársico posee menos energía y existe menor probabilidad de encontrar sus manifestaciones.

- Valoración del Fenómeno -

La corrosión --sufusión en esta zona se caracteriza por el predominio -- del proceso sufosivo y erosivo respecto a los lixiviativos, debido al aumento en estas áreas del componente terrígeno, por lo que solo tendrá afectaciones de este tipo los taludes de carreteras, excavaciones subterráneas y excavaciones para cimentaciones, lo que se expresará en el deslizamiento de taludes y derrumbe de las paredes y techos de excavaciones. El resto de las afectaciones, tanto para la capacidad soportante como para la construcción hidrotécnica, será de menor importancia, aunque no deben ser obviadas en el estudio ingeniero-geológico.

Subzona V_b. Se caracteriza por un relieve de cuestras y crestas, que pueden alcanzar valores mayores de 200 mts. lo que permite la existencia -- de un alto gradiente de circulación acuífera, interviniendo en el movimiento acuífero tanto el descubrimiento superficial como el subterráneo y el captado del peniplano Holguín en sus regiones periféricas. La captación es imperfecta a través del sistema subterráneo y de forma selectiva en la superficie a través de estratos lenticulares de calizas margosas, así como de zonas de fisuración como ocurre en la localidad de -- Rejondones.

- Valoración del Fenómeno Pseudocársico -

La corrosión--sufusión ocurre con mayor o menor intensidad de acuerdo a la energización del sistema por la intensa o mediana circulación acuífera, regulada por las precipitaciones, dándose origen de esta forma a -- fenómenos físicos-geológicos que aquí se propone llamar "Inducidos", -- pues su génesis estriba en el proceso físico-geológico-cársico.

Un Ej. notorio de esto se observa en los Rejondones de Baguano, donde se observan deslizamiento de las laderas de las elevaciones y taludes de la carretera, así como probables hundimientos acontecidos durante épocas de muy intensas lluvias (ciclónicas). De todo lo anterior se concluye que la zona presenta una notable inestabilidad estructural, debido que además de poseer características geotécnicas poco favorable, el macizo está sufrido por procesos físico-geológicos que afectan las condiciones físico-mecánicas determinadas en laboratorio. Afectan además a las obras lineales, que no ocurría en los otros tipos cársicos, por lo que a la hora de investigar esta zona debe tenerse en cuenta el volumen acuífero que circula por dichas áreas, teniendo que valorarse las condiciones anormales de circulación intensa, debe de valorarse además el coeficiente de sifonamiento, valorando la velocidad de disolución, para determinar el volumen de las medidas ingenieriles de protección de las diferentes obras.

Subzona Vc. Esta constituida por elevaciones margosas, separadas -- en bloques fallados, que se expresan en la discontinuidad del macizo, provocando que el sistema hidrodinámico interior sea mas aislado y local. Aquí en estas zonas afloran en la parte baja calizas de la Fm. Charco Redondo que facilitan a traves de ella la carsificación de las rocas margosas; así como intercalaciones de calizas margosas, a traves de las cuales se produce gran parte del drenaje cársico de la región. Estas elevaciones llegan alcanzar notables cotas como es el caso del cerro de Yagüajay, que por su altura y característica geológica se desarrolla en una notable zona de aereación, -- con desarrollo subterráneo vertical preferencial del proceso cársico.

- Valoración del Fenómeno -

Aquí es la única región de esta zona que puede hablarse de carso -- (In Sensu Strictus), constituido por calizas de la Fm. Charco Redondo y las intercalaciones y lentes de calizas margosas, litología sobre las cuales se produce lixiviación fisural y de poro en cada caso, por lo que se nota la existencia de peligrosidad para la construcción hidrotécnica, sobre todo en las investigaciones de cierre pues las elevaciones cársicas constituyen divisorias locales.

El estudio de estas rocas como base para la construcción está en dependencia de las características muy locales, e incluso dentro de un mismo objeto de obra, pueden variar los tipos litológicos afectados de forma diferente por el carso, en función de las frecuentes variaciones faciales, expresadas en el aumento de la porción carbonatadas en las rocas.

Subzona D. Constituyen Cuestas Seudocársicas compuestas por margas en las cuales se desarrollan los procesos erosivos-corrosivos y su fosivos corrosivos (predominio de la actividad mecánica) similar a lo que ocurre en la zona A pero expresado en zonas de elevaciones donde se activa el susodicho proceso. La zona se extiende en la -- parte noreste de Banes (anexo 4) y en las elevaciones meridionales -- de la península de Ramón.

- Valoración del Fenómeno -

Aquí tienen lugar fenómenos de sifusión-corrosión, que afectan algunas laderas de pendientes mayores, por lo general en los taludes y cortes de carretera, se expresan por generar deslizamientos. En la península del Ramón se observan deslizamientos y desprendimientos que caen hacia el mar interior de la bahía de Nipe, manifestado en el corte abrupto que presenta el borde litoral interior septentrional de la bahía, generado por el debilitamiento basal del -- acantilado en las zonas de interacción del mar con las aguas subterráneas. Este fenómeno puede afectar principalmente las instalaciones portuarias y litorales como son malecones, espigones o cual -- quier otro tipo de construcción costera.

Subzona E. Trátase de las elevaciones calizo-margosa que integran una franja discontinua, situada en la zona morfológica X (anexo 3) y caracterizada en la clasificación geológica como elevaciones margosas.

- Valoración del Fenómeno -

Se produce el fenómeno de carso-sufusión sobre margas y calcarenitas y el fenómeno del carso que se desarrolla en las intercalaciones de calizas margosas interestratificadas en secuencias puramente margosas. Aquí el carso se desarrolla fundamentalmente debido a la captación vertical y conducción freática de las aguas subterráneas desarrollándose una intensa carsificación que afecta a todo -- tipo de construcción ingenieril, expresados en deslizamientos desprendimientos, hundimientos y pérdidas acuíferas.

7.3.3. Valoración Apreciativa de las Rocas Carsificadas como Base para la Construcción Ingenieril.

El razgo fundamental de las investigaciones preliminares para tareas de proyección de diferentes obras ingenieriles en las que se han detectado el fenómeno del carso, ha sido la recomendación del desechamiento de las variantes constructivas afectadas por dicho fenómeno. Muestra de ello es el hecho de la poca o prácticamente nula existencia de documentación Geotécnica de ensayos sobre rocas carsificadas, por lo que el objetivo planteado en este trabajo, de valorar cuantitativamente de forma general el carso, por zonas, se ve restringido por la falta de información, no obstante se hace una valoración cualitativa y apreciativa, basada principalmente en las observaciones del levantamiento Ingeniero-Geológico de las zonas cársicas, que de una forma orientativa pueden reflejar el estado de carsificación de los diferentes macizos, brindándose ciertas direcciones para las investigaciones especializadas en las zonas cársicas, bajo condiciones constructivas apropiadas.

Para ello se han dividido los macizos cársicos de acuerdo a : Grado de agrietamiento y carsificación, dándose varias categorías de complejidad de las condiciones naturales en esta zona, aquí se observan algunas concepciones empleadas en trabajos de la parte occidental del país (24), así como las apreciaciones de campo del autor, aquí se ofrece un coeficiente de corrección para valores de resistencia normativa (K_c) debido a que el ensayo de compresión no representa las anomalías introducidas en la resistencia estructural de los macizos, por los fenómenos cársicos, sino la resistencia de la muestra (Op.Cit), introduciéndose además un nuevo tipo carso-ingenieril, el pseudocarlo, con vistas a mejorar la información acerca de las condiciones ingeniero-geológica de las rocas margosas.

Tipo I: Macizo Carsificado ; presenta escasa difusión de cavernas, la cavernosidad es principalmente de poros, la capacidad soportante del macizo en general está representada por las determinaciones experimentales, las cavernas son pequeñas pueden estar colmatadas (rellenas) y el techo de ellas se encuentra muy por debajo de la zona activa de obras ingenieriles de gran envergadura. Geológicamente caracterizada por una yacencia suave, por poseer un contenido de material terrígeno no mayor que el 25% (Fig.9). Por la inexistencia de fracturas y grietas de gran extensión, sólo pueden aparecer algunas fracturas o grietas locales, y el carácter de la carsi

Para las rocas incluídas en este tipo se recomienda la multiplicación por $K_c = 0,2 - 0,16$ de los valores de consolidación para mayor seguridad en la caracterización de la resistencia estructural del macizo carsificado (24). En cuanto a los valores del coeficiente de filtración, debe de determinarse a través del ensayo de inyección, con grandes diámetros de encamisamiento, para descontar los errores que se introduzcan por la alta permeabilidad del macizo.

Tipo II. Macizo Fuertemente Carsificado; presenta grandes cavernas y embudos de disolución que alcanzan la zona activa de obras de primera categoría, de modo que la cavernosidad influye notablemente en la resistencia estructural del macizo. Las rocas incluídas en este subtipo pueden tener una yacencia mas pronunciada, poseen mayor rango de agrietamiento y fracturación, por lo que requieren de una valoración adicional del agrietamiento, en la investigación pues este constituye la vía fundamental de la carsificación en este grupo, para evaluar la capacidad soportante debe multiplicarse el valor obtenido de la consolidación por $K_c = 0,1 - 0,08$.

Tipo III. Macizo Totalmente Carsificado; presenta grandes cavernas y embudos, cuyo techo está propenso a desplomarse al encontrarse en zonas activas de edificaciones medianas en importancia, el rasgo principal de la carsificación está dado por el alto grado de agrietamiento y fallaamiento tectónico, la estructura geológica del macizo es muy compleja y generalmente constituye bloques muy fallados y plegados. Para este tipo de macizo carsificado, los valores de resistencia normativa deben obtenerse multiplicándose el resultado estadístico del ensayo de consolidación por $K_c = 0,06 - 0,02$ con vistas a mejorar suplementariamente el error introducido en las condiciones naturales por el carso.

Tipo IV. Macizo Cársico-Sufosivo; se refiere a los macizos constituidos por secuencias de rocas margosas y interestratificaciones de calizas margosas, que se caracterizan por presentar desarrollo de procesos pseudocársico, a través de grietas y fracturas tectónicas, o iniciadas a través de horizontes más carbonatados, produciéndose un fenómeno inicial de disolución, proseguido por sufusión-corrosión sobre las margas. Este proceso está ampliamente relacionada con la circulación de las aguas subterráneas las cuales activan o moderan el proceso, por lo que donde con más frecuencia es factible encontrarlo, es en las elevaciones margosas.

Desde el punto de vista cársico la afectación a la capacidad soportante y a la permeabilidad es mínima, aunque no se debe de desechar por completo. La principal afectación está dada por los procesos físico-geológico inducidos por los procesos carso-sufosivos.

- a) Deslizamientos; es el fenómeno más difundido que se produce fundamentalmente en los estadios de intensa actividad, donde la circulación acuífera se hace más intensa, activándose la sufusión mecánica y disolución química de las rocas, a través de las fisuras y zonas de debilidad por porosidad, creándose conductos tubulares mas o menos paralelos, donde las aguas circulan a régimen turbulento, -cuya alineación produce planos de debilidad por donde tienden a fallar grandes volúmenes de roca, fenómeno observado en las laderas de las elevaciones y en los taludes de la carretera.
- b) Hundimiento; en casos especiales los conductos subterráneos, pueden tener una gran ampliación hasta provocar que la bóveda, alcance la zona activa de obras ingenieriles, provocándose el derrumbe del techo, en el caso que se haya generado una gran cavidad, o por asentamiento brusco, producido al ceder una zona agujereada por varios conductos tubulares menores, todo esto con las consabidas pérdidas materiales y humanas. Es posible que ocurra también el desplome de la bóveda de excavaciones subterráneas, durante las fases constructivas o de laboreo.
- c) Desprendimientos; se generan por la expresión superficial de este proceso (erosión-corrosión) que afecta diferencialmente a las rocas margosas que a los cantos de rocas más resistentes, produciéndose ocasionales desprendimientos en las laderas.

- Localización de Algunas Zonas donde puedan encontrarse estos tipos Carso-Ingenieriles.

Tipo I - Calizas margosas de la Fm. Júcaro, zona ingeniero-geológica III_a y III_c (anexo 4).

Tipo II - Calizas ligeramente arcillosas de la Fm. Bitirí y Yateras, zona ingeniero-geológica II_a y II_b.

Tipo III - Calizas puras de la Fm. Gibara, Charco Redondo y Farallones, zona ingeniero-geológica Ib Ia y Ic.

Tipo IV - Margas de la Fm. Camazán, Tánamo y Júcaro zona ingeniero-geológica V.

7.3.4. Clasificación de las Investigaciones Ingenieriles (auxiliares) en zonas cársicas según su importancia.

Las investigaciones ingeniero-geológicas auxiliares desarrolladas en zonas cársicas, con el objetivo de valorar este fenómeno, para dar respuesta a las necesidades constructivas de -- distintas obras ingenieriles, pueden ser clasificadas de acuerdo a la importancia de la obra que se proyecte, como de la complejidad natural de las zonas cársicas. Este último aspecto -- fué valorado en el subepigrafe anterior, en el cual se obtuvieron los siguientes tipos cársicos según su complejidad;

- I. Macizos carsificados.
- II. Macizos muy carsificados.
- III. Macizos totalmente carsificados.
- IV. Macizos cársico-sufosivo.

Estos tipos de macizos cársicos fueron ya caracterizados, en cuanto a las categorías de las obras son las siguientes :

- 1. Obras de extensión limitadas con área menor de 2000 m^2 poco -- sensibles a los asentamientos diferenciales, altura de los objetos de obra menor de 6 mt., un solo nivel de pisos, cargas -- estáticas pequeñas y concéntricas.
- 2. Obras cuya extensión oscila entre 2000 y 20 000 mts^2 , con sensibilidad media a los asentamientos diferenciales, altura de los objetos de obra entre 6-15 mt., uno o dos niveles de pisos, cargas estáticas de mediana intensidad y cargas dinámicas medias.
- 3. Obras que ocupan áreas mayores de 20 000 m^2 , con alta sensibilidad a los asentamientos diferenciales, alturas de los objetos de obras, mayores de 15 mt, más de dos niveles de pisos, cargas estáticas de gran intensidad y cargas dinámicas o de momento de media o gran intensidad. (20)

Las categorías de las investigaciones auxiliares se obtendrán en rangos ascendentes; A, B y C que vienen representados en la Fig. No. 13.

FIG -13

CLASIFICACION DE LAS INVESTIGACIONES INGENIERO -
- GEOLOGICAS AUXILIARES EN ZONAS CARSIICAS.

Y X	I	II	III	IV
1	A	A	B	B
2	A	B	C	C
3	B	C	C	C

X → TIPO CARSIICO SEGUN SU COMPLEJIDAD.

Y → TIPO DE OBRA SEGUN SU IMPORTANCIA

7.4. Algunas Consideraciones para las Investigaciones Ingenieriles en zonas Cársicas.

Los estudios especializados en las diferentes subzonas carso-ingenieriles deben de constar de los siguientes aspectos (14):.

1. Estudio de las condiciones climáticas.
2. Levantamiento Ingeniero-Geológico, con detallamiento de;
 - a) Geomorfología.
 - b) Tectónica.
 - c) Estructura Geológica.
 - d) Condiciones Hidrogeológicas.
 - e) Fenómenos Físico-Geológicos.
3. Trabajos de exploración geológica.
4. Ensayos de Laboratorio.
5. Trabajos Geofísicos.
6. Trabajos Experimentales de Campo.

Solo con la integración de los resultados de estos trabajos - puede llegarse a conclusiones acertadas acerca de las condiciones Ingeniero-Geológica de las áreas afectadas por el carso, que se intensifican de acuerdo a la categoría de la obra. De estos métodos comunes de la investigación ingeniero-geológica general, en las zonas cársicas revisten gran importancia los métodos geológicos, para poder detectar y clasificar aquí los parámetros antes citados y dar el tipo cársico presente, - así como su inclusión en las zonas y subzonas aquí propuestas.

Los trabajos geofísicos son instrumentos insustituibles para - la determinación espacial y dimensional de las cavernas, su número así como la existencia y tipo de relleno, a fin de caracterizar el tipo cársico-ingenieril del macizo, como también - la valoración del movimiento y velocidad de las aguas subterráneas. Los trabajos de exploración geológica permiten una valoración apreciativa de la fisuración y carsificación aproximada, por el % de recuperación del testigo, así como la ubicación de las cavernas mayores y muestreo de su relleno.

Los ensayos de campo y laboratorio, permiten determinar las propiedades físico-mecánicas y acuíferas de dichos macizos, pero ambos deben ser corregidos por una valoración cualitativa - del macizo para no tomar valores erróneos de sus condiciones Ingeniero-Geológica.

Es notorio mencionar que los ensayos de inyección constituyen - la forma más eficaz de caracterizar la permeabilidad del macizo

sobre todo en el caso de las investigaciones de obras hidráulicas, - por lo que es recomendable la utilización de pruebas de este tipo con diámetros grandes de camisa, aumentándose progresivamente en cada ensayo para tratar de disminuir los cálculos erróneos, cuando la capacidad de absorción del macizo puede ser mayor que el gasto que permiten las camisas utilizadas en la prueba.

Para las pruebas de placa deben de seleccionarse las zonas de mayor debilidad detectadas por estudios geofísicos, para determinar las propiedades de resistencia estructural con un buen marco de seguridad.

Durante las investigaciones de complejos hidráulicos, debe evitarse el carso en el vaso de la presa, pues en estas zonas generalmente llanas las rocas carsificadas presentan una zona de aereación muy potente.

Las llanuras con coberturas delgadas y discontinuas así como las que poseen coberturas permeables aunque potentes, la exploración y ensayos de propiedades acuíferas deben interesar las rocas carsificadas.

En zonas de pseudocarsos los ensayos de cortantes no son representativos sino se tiene en cuenta las zonas de debilidad generadas por procesos de carso-sufusión, por lo que no caracterizan las condiciones naturales del macizo, además aquí debe de tomarse la valoración de la velocidad de sufusión para períodos de máxima pluviosidad y condiciones climáticas anormales para lograr un alto coeficiente de seguridad en dichas obras.

En los ensayos de aforo de diversos rangos, las rocas carsificadas no reflejan la cantidad de agua presente en sus horizontes, si no que representan la permeabilidad debida a la carsificación del macizo, así en zonas donde se supone explotarse acuíferos de calizas, los radios de influencia se prolongan a otros acuíferos, y en caso de proximidad relativa al mar puede traer consigo la Intrusión Salina, sobretodo facilitado por el bajo gradiente de las aguas subterráneas en esta zona, como probablemente ocurra al este de Banos.

Cuando existan cavernas o grietas que por su cercanía a la superficie, o por su importancia introduzcan un valor anómalo dentro de las características promedio de la carsificación del macizo, deben de ser colmatadas con fragmentos de rocas, y cementadas con mezclas impermeabilizantes para evitar innecesarias reducciones en los valores de capacidad soportante escogidos para un mayor aprovechamiento de la resistencia estructural del macizo en cuestión.

7.5. El Carso como Proceso Físico-Químico del Medio Exodinámico-Ingenieril Terrestre.

El carso es un proceso propio de las condiciones exógenas de la tierra, que integra el conjunto de procesos denudativos que afectan a la superficie terrestre, a través de la disolución y conducción en forma de solución iónica de los materiales solubles (In Sensu Strictus) ~~de los materiales solubles~~, que integran la corteza terrestre, y la solución coloidal y/o suspensión de las partículas no solubles (In Sensu Lato). Asociados a las rocas carbonatadas generando formas algo parecidas al carso.

Tales procesos no sólo afectan a las rocas y minerales, sino que las construcciones ingenieriles, son expuestas a las citadas condiciones físico-químicas de la exodinámica terrestre, y entre ellas a la lixiviación de sus componentes solubles. Tan seguro sería que de ser sometido cualquier artificio humano a las condiciones físico-químicas del interior de la tierra, sería sin duda alguna convertido en material magmático, como que las diferentes construcciones ingenieriles se someten a los procesos exodinámicos y dentro de ellos, los materiales solubles que las integran pueden ser lixiviados de manera similar al proceso cársico natural.

Es factible por ello observar, como donde no se emplean hormigones especiales ni se toman medidas adecuadas, de acuerdo a las condiciones microclimáticas imperantes, se puede observar el proceso destructivo cársico en actuación sobre las susodichas construcciones. Ej. de ello lo constituyen algunas construcciones costeras que presentan "Cinceladuras" semejantes a las que afectan al seboruco costero típico, que en breve tiempo puede llegar a las estructuras metálicas, provocando su oxidación y ruptura por aumento de volumen, del hormigón que las cubre.

Otro caso similar ocurre en las edificaciones donde como "impermeabilizantes" o relleno entre piso y techos de las diferentes plantas se utiliza arena cálcarea (coralina) lo cual unido a defectos constructivos o grietas de otra índole, se produce la lixiviación del mencionado material, generándose en el techo de las plantas inferiores "formaciones secundarias" de génesis y estructura similar a las genuinas formaciones espeleanas, e incluso alineadas según las fisuras de las juntas entre las estructuras del techo.

Otro Ej. lo constituye la cimentación en medios hidroquímicos agresivos, traen como consecuencia que estas sean atacadas por los elementos lixiviativos trayendo como resultado la corrosión de la zapata de cimentaciones, trayendo enormes consecuencias.

En condiciones constructivas de complejos industriales, donde la existencia de depósitos de sustancias químicas activas o aciduladas estas pueden afectar notablemente las condiciones geoquímicas de las aguas subterráneas, aumentando en grandes proporciones su agresividad natural, lo que trae como consecuencia una gran activación del proceso de lixiviación de estructuras artificiales, produciéndose la destrucción de cimentación o cualquier otro tipo de estructura en contacto con este medio.

De lo anterior se puede concluir que queda abierta la posibilidad del estudio detallado de este proceso, en construcciones ingenieriles, para su aplicación en la profilaxia constructiva, sobre todo en las zonas de condiciones climáticas especiales.

Capítulo VIII :

Conclusiones y Recomendaciones.

Después de una exhaustiva valoración del fenómeno cársico en la provincia Holguín, se arriba a las principales conclusiones surgidas de dicho trabajo, así como a las principales sugerencias de recomendaciones encaminadas a lograr la continuidad y mayor detallamiento de las investigaciones carsológicas con óptica ingenieril, para dar respuestas a las crecientes necesidades constructiva de una provincia que avanza a pasos agigantados hacia el desarrollo.

8.2. Conclusiones:

1. Después de realizar la literatura especializada, se ha concluido que los trabajos realizados de índole regional, no son del todo aplicables al estudio del fenómeno cársico en la Provincia Holguín, debido a su pequeña escala, y poco trabajo de campo realizado.
2. Pueden distinguirse cuatro rasgos sistemáticos distintivos para el carso, que por su expresión geomorfológica es posible integrar para facilitar su reconocimiento e interpretación geológica e ingeniero-geológica.
3. De las sistemáticas geológicas podemos concluir que :
 - a) El papel de la litología se expresa fundamentalmente en la velocidad y desarrollo de los procesos carsogenéticos y por tanto en su expresión morfológica.
 - b) La posición del macizo carsificado, respecto al nivel de base de corrosión es determinante a la hora de valorar las características del fenómeno cársico.
 - c) Dentro de cada zona hidrodinámica el movimiento de las aguas subterráneas esta condicionado por la estructura geológica.
 - d) El papel de la estructura geológica está subordinado a las condiciones de alimentación y descarga de las aguas subterráneas y su influencia en la carsificación.
 - e) Las fallas y grietas tectónicas introducen valores anómalos dentro del régimen de carsificación del macizo, pues tienden a producir cambios bruscos en la dirección de la circulación de las aguas subterráneas.
 - f) La cobertura de rocas carsificadas define en muchas ocasiones el régimen hidrodinámico de un macizo y por tanto influye directamente en el tipo de carsificación.
 - g) La estructura geológica regional influye pero no determina en el tipo y desarrollo cársico.

4- En la provincia pueden distinguirse seis zonas características -- desde el punto de vista carso-ingenieril, dado por las características litológicas y con sus zonas tipificadas por su expresión geomorfológica.

Zona I - Constituidas por calizas puras

Zona II - Constituidas por calizas algo arcillosas

Zona III - Constituidas por calizas algo margosas

Zona IV - Constituidas por rocas metamórficas

Zona V - Constituidas por rocas margosas.

5- Se han podido distinguir cuatro tipos fundamentales de carsificación, de acuerdo a su intensidad, y probable comportamiento ante la construcción ingenieril :

Tipo I - Macizo carsificado

Tipo II - Macizo muy carsificado

Tipo III- Macizo totalmente carsificado

Tipo IV - Macizo cársico-sufosivo

8.3. Recomendaciones :

1. Recomendamos la valoración de este trabajo con vistas a su aplicación en las investigaciones Ingeniero-Geológica desarrolladas en la provincia Holguín, y en particular al esquema Ingeniero-Geológico de dicho territorio.
2. De acuerdo al amplio desarrollo del estudio y sistemática del carso efectuado en él, es posible recomendar su aplicación a estudios Ingeniero-Geológico en otra zona del país.
3. A pesar de haberse realizado el trabajo de campo sólo en el marco de nuestra división Político-Administrativa, es posible seguir su metodología y enriquecer cuando sea posible, con nuevos tipos y subtipos de acuerdo a las características geológicas e Ingeniero-Geológica de otros territorios.
4. Recomendamos la realización del muestreo en las distintas formaciones carbonatadas. Carsificadas, con el objetivo de realizar estudios petrográfico-ingenieriles para caracterizar más exactamente la sistemática litológica de las rocas carsificadas.
5. Es perentorio realizar ensayos geotécnicos en las rocas carsificadas, así como pruebas de campo para llegar mediante un análisis estadístico, que caracterice representativamente las propiedades físico-mecánicas y acuíferas de los macizos, llegándose a conclusiones definitivas sobre las condiciones ingeniero-geológicas sobre las rocas carsificadas, lo que el autor entiende como un necesario complemento de este trabajo.

6. Para concluir; se recomienda que por las dificultades que se han -
confrontado en la elaboración de la presente memoria, que sean des-
tinadas investigaciones Ingeniero-Geológica, a la caracterización
en tipos litológicos-ingenieriles, las rocas y suelos integrantes
de las diferentes unidades litoestratigráficas para la confección
de un mapa Ingeniero-Geológico regional más representativo.

FOTO 1

Localidad : "Las Tinajas"

Tipo : Carso Cónico Aislado

Zona Morfológica II

Fm : I - TN



Observese la carsificación preferentemente vertical (Vadosa) y el relieve diferencial en las calizas y las rocas Basales.



FOTO 2 .

Localidad : "Sierra de Guaro".

Tipo : Carso de Lomas.

Zona Morfológica VIII.

Fm. : CHR

Se aprecia la morfología típica de cuevas cársicas, así como notable cavernosidad en el contacto basal con las -
rocas vulcanógenas.



FOTO 3:

Localidad : "Sierra de Guaro".

Tipo : Carso de Lomas.

Zona Morfológica VIII.

Fm : CHR

Obsérvese el relieve contrastante entre la cuenca de Nipe,
al fondo y las elevaciones marginales cársicas.



FOTO 4 :

Localidad : " Puente Natural de Bitirí".

Tipo . Carso de Lomas.

Zona VIII.

Fm.: BIT

Se presenta un relicto del techo de una antigua caverna -
fluvial, nótese la tendencia planiforme de la carsifica-
ción subterránea, y el notable agrietamiento litogenéti-
co.



FOTO 5

Localidad : Farallones de Moa.

Tipo : Carso Cónico de Montañas.

Zona XIII.

Fm; B-BA

Observe la típica morfología vertical contrastante con el relieve basal local, (sobre tobas), en el curso superior del río Moa, cerca del resurgidero.



FOTO 6 :

Localidad : "Farallones de Moa".

Tipo : Carso Cónico de Montañas.

Zona XIII.

FM. D-BA

Observese la entrada de la caverna fluvial (sumidero) con grandes bloques desprendidos de las partes altas que bloquearon el Ponor, producto de la intensa circulación acuífera en la base.

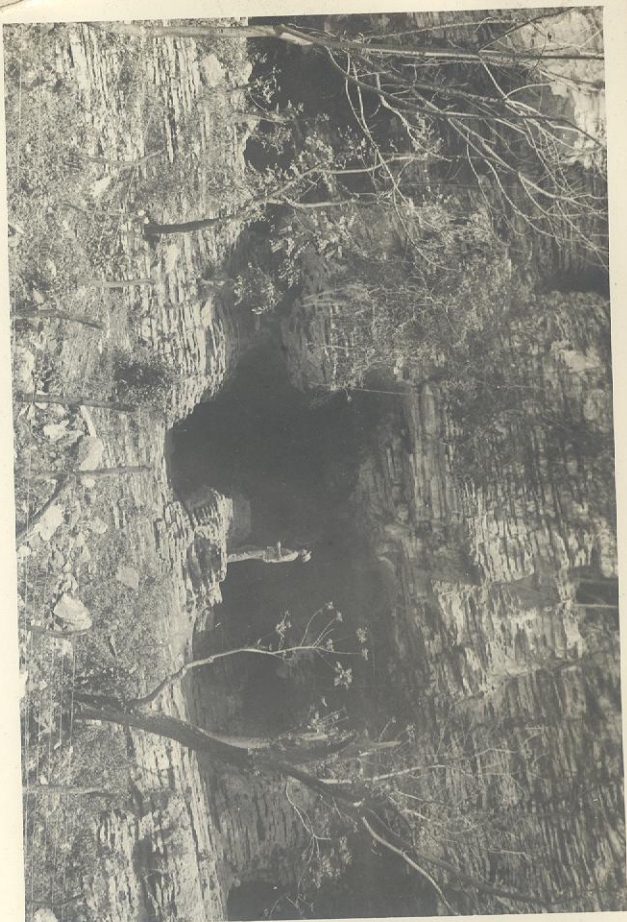


FOTO 7

Localidad: "Tarallones de Seboruco"

Tipo : Carso de Lomas.

Zona VIIb

Fm. BIT.

Observese en una zona de diaclasamiento tectónico, como cambia de carácter predominante de la carsificación subterránea, según grietas verticales para-lelas.



FOTO 8

Localidad: "RIO CASTRO"

Tipo : Carso de Mesas y Mesetas.

Zona XII

Fm. YAP.

Se nota la morfología típica de mesas, con paredes verticales y cimas aplanadas, observese el carácter subhorizontal de la estratificaciones.



FOTO 9

Localidad: "Río Castro"

Tipo : Carso de Mesas y Mesetas.

Zona XII

Fm. YAT.

Se observa un genuino buttes cársico, nótese el cambio de relieve bajo el piso de las calizas, abajo; el Valle del Río Castro".



FOTO 10

Localidad: "Arroyo Seco"

Tipo : Carso de Mesas y Mesetas.

Zona XI.

Fm. YAT.

Nótese la intensa corrosión superficial y los agujeros cilíndricos, desarrollados a través de los planos de estratificación, puede notarse el nivel basal de erosión, correspondiente al techo de la Fm. Sagua.

FOTO 11

Localidad : "Laguna Blanca"

Tipo : Llanura Carsica Costera.

Zona Morfológica Ig

Fm. : GLB



Se observa una casimba típica, al parecer constituye una dolina inundada posiblemente generada por derrumbe del techo.

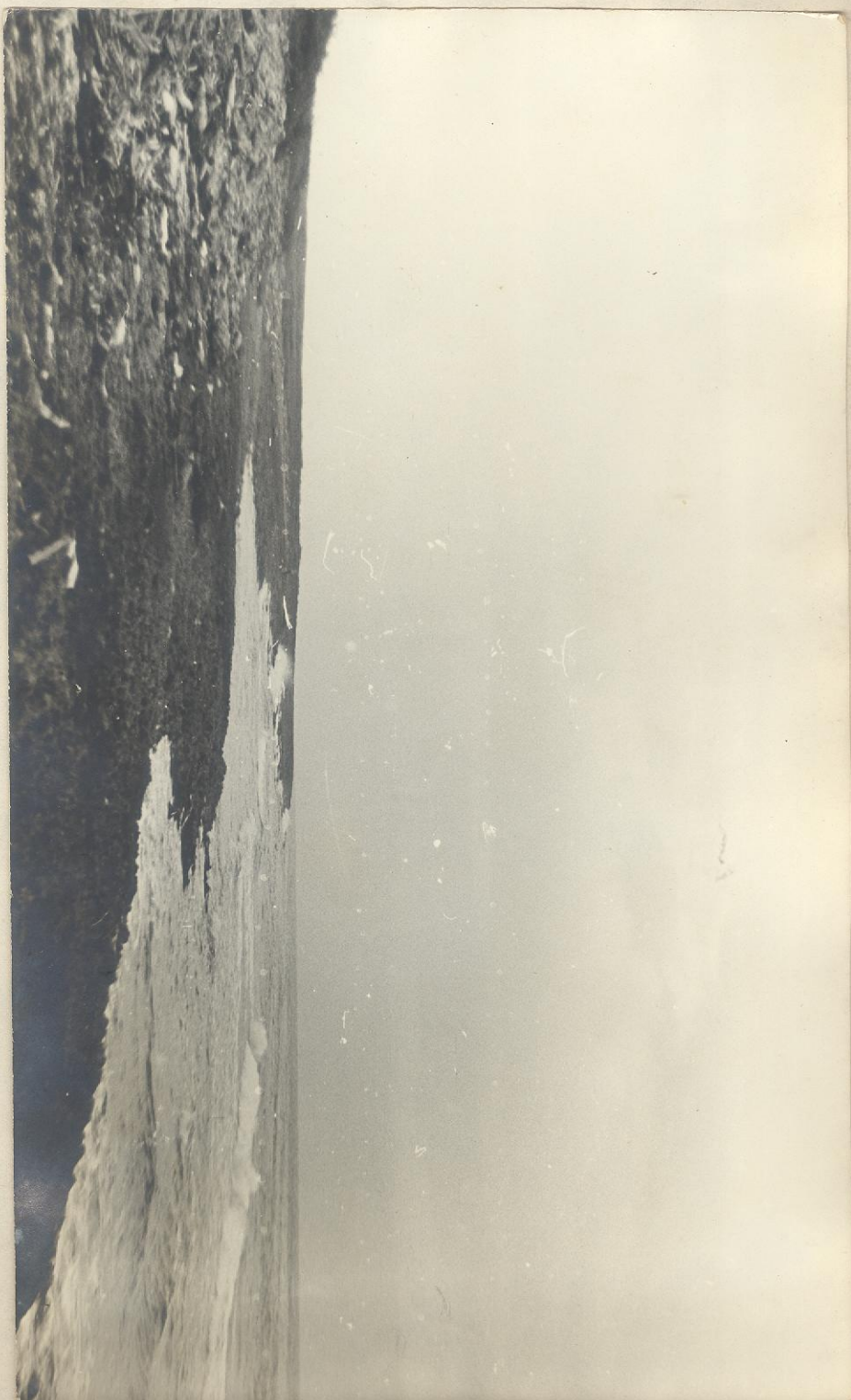
FOTO 12

Localidad : Norte de Gibara.

Tipo : Carso Litoral.

Zona Ia

Int. JAL.



Se observan los procesos carso-litorales en pleno desarrollo actual, observese la actividad abrasiva del mar, y el típico diente de perro costero.



FOTO 13:

Localidad : "Rejondones de Báguanos".

Tipo : Carso sobre rocas margosas.

Zona V.

Fm. : CAN

Observe un corte en la carretera donde se pone de manifiesto los deslizamientos inducidos por sufusión- corrosión.



FOTO 14:

Localidad : "Buenaventura ".

Tipo : Carso sobre mármoles.

Zona V.

Fm. B-P

Obsérvese una típica furnia o caverna vadosa presente en rocas metamórficas (mármoles).



FOTO 15;

Localidad E "Buenaventura".

Tipo : Carso sobre mármoles.

Zona IV.

Fm.-BLP

Obsérvese la típica carsificación con dominio estructural siguiendo el agrietamiento de cataclásis.



FOTO: 16

LOCALIDAD: FARALLONES DE SEBORUCO.
TIPO: CARSO DE LOMAS.

ZONA: VIII_b

Fm: BIT.

SE OBSERVA UN CURSO FLUVIAL QUE ATRAVIEZA PERPENDICULARMENTE, LA ESTRUCTURA GEOLOGICA EN EL SENTIDO DE SU LIZAMIENTO. OBSÉVSESE el alto grado de agrietamiento litogenético, y la CARSTIFICACION PLANIFORME.



Foto: 17

LOCALIDAD: Arroyo Seco

ZONA: XI

~~TIPO: CARSO DE LOMAS~~

Fm: PBO

ALIVIAN CALIZAS aporcelanadas, las cuales no están CARSTIFICADAS COMO SE SUPONIA EN ANTERIORES TRABAJOS.



Foto: 18

tipo: Carso de Llanuras Costeras.

Localidad: BARREDERAS.

ZONA Ia

Fm: JAJ

Afloran dientes de Perros de Genesis Litoral, cubiertas por finos y delgados sedimentos rojizos.



Foto: 19

tipo: Carso de Lomas.

Localidad: El Pilon.

ZONA VIII

Fm BIT

* Se APRECIAN Dientes de Perro de enormes proporciones y aspecto tabular.



Foto: 20

tipo: CARSO DE MESAS.

Localidad: Arroyo Seco

ZONA VI

En YAT

Obsérvese el alto grado de carsificación, así como el control tectónico de la carsogénesis, notándose además la gran verticalidad de las paredes.

Foto: 21

Localidad: TANAMO

Tipo: Carso Sobre Rocas Margosas.

ZONA X En JAG.

Obsérvese una CAVERNA en calizas margosas, intercaladas en un macizo margoso.



RELACION DE ANEXOS, FIGURAS Y TABLAS

A - GRAFICOS Y FIGURAS :

No.

- 1 Mapa de Ubicación.
- 2 Orografía
- 3 Hidrografía
- 4 Isoyetas y Térmicas
- 5 Vientos
- 6 Geología Regional
- 9 Clasificación Litológica
- 10 Clasificación Estructural
- 11 Clasificación Hidrogeológica
- 12 Esquema de Sokolov
- 13 Clasificación de las Investigaciones Auxiliares.

B - ANEXOS (MAPAS) :

No.

- 1 Mapa Geológico. Esc. 1:100 000 (3 hojas)
- 2 Mapa Ingeniero-Geológico del Carso Cubano. Esc. 1:1 000 000 (1 hoja)
- 3 Mapa de Morfología Cársica. Esc. 1:100 000 (3 hojas)
- 4 Mapa de Zonación Ingeniero-Geológica del Carso. Esc. 1:100 000 (3 -
hojas)
- 5 Mapa Carsológico de la Prov. Holguín. Esc. 1:100 000 (3 hojas)

C - TABLAS :

No.

- 1 Clasificación Geológica General del Carso.
- 2 Clasificación del Carso en Rocas Carbonatadas.
- 3 Zonación Ingeniero-Geológica del Carso.

111

B I B L I O G R A F I A :

1. Academia de Ciencias de Cuba y la URSS. "Atlas Nacional de Cuba" - 1970.
2. Acevedo González M. "Clasificación General del Carso Cubano". Re vista : Estratigrafía y Carsología - No. 5 I.N.R.H - 1967.
3. Acevedo M. Gutiérrez R. "Sistema Cavernario Majaguas Canteras".- Revista : Voluntad Hidráulica No. 3 - 1976.
4. Acevedo González M. "Los Complejos Territoriales Naturales de Gíbara" y tipología geografía del Distrito Camagüey-Maniabón. Comunicación Epistolar - 1983.
5. Alvarez R. "Dinámica de las Aguas Subterráneas". Conferencias - I.S.M.M - 1982.
6. Barrabí H. "Particularidades Geológicas y Petrofísicas de las Pro vincias Orientales". T.D - I.S.M.M - 1979.
7. Bertín L. "La Tierra, Nuestro Planeta". Editorial Labor S.A-1965.
8. Blanco Blázquez J. "Propuesta de Zonación Climática Preliminar pa ra la Provincia Holguín". Informe presentado al VII Fórum Científico-Estudiantil. I.S.M.M - 1983.
9. Cobiella J. "Geología de Cuba". Conferencias I.S.M.M - 1982.
10. Coutín Lambert R. "Espeleología de Farallones". Informe presenta do en el V Fórum Científico Nacional de Estudiantes. 1981
11. Coutín R. Ramírez R. Arango E. "Nuevas Exploraciones Espeleoló gicas". INEDITO. 1981
12. Coutín Lambert R. "Estratigrafía de Barrederas". Informe presen tado al VI Fórum Científico-Estudiantil. I.S.M.M - 1982
13. Departamento de Ciencias Geológicas Aplicadas "El Carso". Folle - tos de Ingeniería-Geológica. I.S.M.M. Moa - 1978.

14. Departamento de Geología e Hidrogeología. "Metodología de las Investigaciones del Carso" - Dirección de Investigaciones --- Aplicadas. MICONS.
15. Franco H. "Discusión Somera Sobre las Rocas Rojas en Cuba Occidental". Serie Carsológica y Espeleológica No.4 -I.G.-A.C.C. -1973.
16. Franco H. "Notas Breves sobre un Caso de Carso en Troctolitas" Serie Carsológica y Espeleológica No.4 -I.G.-A.C.C. - 1973.
17. Gorshov G. Yakushova A. "Geología General". Capítulo "El Karst" Editorial MIR - 1970.
18. Gutiérrez R. Farrah F. "Observaciones Generales sobre el Carso del Macizo del Guaso. Gtmo. Ote." Revista : Estratigrafía y - Carsología No. 4 - I.N.R.H. - 1967.
19. Gutiérrez Domech R. "Metodología de las Investigaciones del -- Relieve Carsico". Revista : Voluntad Hidráulica.
20. Hernández Pérez M. "Ingeniería Geológica - III" Conferencias - I.S.M.M. - 1982.
21. Huang. W.T. "Petrología". Ediciones Revolucionarias - 1972.
22. I.C.G.C. "Atlas Nacional de Cuba". Habana - 1978.
23. Iturralde Vinent M. "Estudio Cuantitativo de la Actividad Cársica". Revista : Voluntad Hidráulica.
24. Iturralde M. Skwaletski E. "Estudio Ingeniero-Geológico del -- Carso Cubano". Serie Espeleológica y Carsológica No. 31 - AC - 1971.
25. Iturralde Vinent M. "El Carso de La Carraca". Prov. Matanzas, - Revista: Voluntad Hidráulica - 1959.
26. Kalomensky N.V. Komarov. I.S. "El Carso" Escuela Superior, Capítulo - XIII - 1964.
27. Knipper A.L. Puig M. "Profusiones Serpentiníticas en el Noroeste de Oriente". Revista de Geología A.C. - 1967.

- 28 . Nekliukova N.P. "Geografía Física General". Editorial Pueblo y Educación - 1981.
29. Núñez Jimenez A. "Clasificación Genética de las Cuevas de Cuba" Departamento de Espeleología - I.G. ACC - 1967.
30. Núñez Jiménez A. "40 Años Explorando a Cuba" Editorial Científico - Técnico" - 1980.
31. Núñez Jiménez A. Infurrazola et.al. "Notas Geográficas y Geomorfológicas de Cuba". (Geología de Cuba) I.C.R.M.- 1964.
32. Núñez A. Panos V. Steld O. "Investigaciones Carsológicas en Cuba" - 1965.
33. Núñez A. Panos V. Steele O. "Carsos de Cuba". Series Espeleológica y Carsológica No. 2 - A.C.C. - 1968.
34. Núñez A. Panos V. Viña N. Deas D. "Informe Preliminar del Mapa Carsológico de Cuba a escala 1: 250 000 Edición Especial - para el XI Simposium S.E.C. - A.C.C. - 1980.
35. Núñez A. Korin I. Finkov Formell F. "Notas Preliminares acerca del Carso en Peridotitas Sierra de Moa". Revista de Geología - A.C. - 1967.
36. Lamadrid I. Horta R. "Geomorfología" Editorial Pueblo y Educación - 1977.
37. Lapshin N.V. Oscotski A.M. Iturralde M. "División en Regiones Hidrogeológicas de la Zona Guane-Mantua. Revista: Hidrogeología y Estratigrafía No. 5 - I.N.R.H. - 1968.
38. Paniukov P. "Geología Aplicada a la Ingeniería" Editorial MIR 1981.
39. Pérez Vázquez R. "Geología de Farallones". T.D. -ISMM- 1977.
40. Rosales R. Pino E. "Depósitos Rojos en Maisí, Gtmo." T.D. - I.S.M.M. - 1982.
41. Skwaletski E. Iturralde M. "Propiedades Ingeniero-Geológicas de las Rocas Carsificadas". Revista: Voluntad Hidráulica.

42. Skwaletski E. Iturralde M. "El Carso y la Construcción Hidrotécnica en Cuba" R. Voluntad Hidráulica.
43. Toll J. Jiménez R. "Valoración Hidrogeológica Preliminar de la Prov. Holguín" T.D. ISMM - 1982.
44. Viña N. Graña A. Dávila Z. García F. "Los Carsos de Gibara"-Informe Presentado al XI Simposium -S.E.C.- A.C.C. - 1980.
45. Weeden Estrada R. "Esquema Ingeniero-Geológico de la Prov. - Holguín" T.D. - ISMM - 1981.