



SERVICIO GEOLÓGICO MEXICANO



CARTA GEOLÓGICO-MINERA Y GEOQUÍMICA

MÉRIDA F 16-10

ESCALA 1:250,000

ESTADOS DE YUCATÁN, CAMPECHE Y QUINTANA ROO

Elaboró: ***Ing. Ricardo G. Zarate Barradas.***

Ing. Oniver Lemus Bustos.

Ing. Alfonso Miranda Huerta.

Ing. Ricardo Cureño Suriano.

Supervisó: ***Ing. David Sánchez Ramírez.***

Ing. Miguel Ángel Aguilera M.

Ing. Francisco Moreira Rivera.

2005

**CARTA GEOLÓGICA-MINERA Y GEOQUÍMICA MÉRIDA
CLAVE F16-10, ESC: 1:250,000
ESTADOS DE YUCATÁN, CAMPECHE Y QUINTANA ROO**

*Ing. Ricardo G. Zarate Barradas.
Ing. Oniver Lemus Bustos.
Ing. Alfonso Miranda Huerta.
Ing. Ricardo Cureño Suriano.*

CONTENIDO

| | Pág. |
|--|-----------|
| RESUMEN | 1 |
| I.- INTRODUCCIÓN | 2 |
| 1.1.- OBJETIVO DEL ESTUDIO | 2 |
| 1.2.- TRABAJOS PREVIOS | 2 |
| 1.3.- MÉTODO DE TRABAJO | 2 |
| II.- GEOGRAFÍA | 5 |
| II.1.- LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA | 5 |
| II.2.- ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN | 5 |
| II.3.- FISIOGRAFÍA | 6 |
| III. GEOLOGÍA | 6 |
| III.1.- MARCO GEOLÓGICO | 6 |
| III.2.- ESTRATIGRAFÍA | 7 |
| III.2.1.- Plataforma de Yucatán | 7 |
| Formación Chichén Itzá (Te Cz-Mg) | 7 |
| Caliza - Coquina To (?)Cz-Cq | 12 |
| Formación Carrillo Puerto (TmpI Cz-Cq) | 12 |
| III.3.- GEOLOGÍA ESTRUCTURAL | 20 |
| III.3.1.- Descripción de estructuras. | 20 |
| III.3.2.- Deformación frágil. | 20 |
| Falla Ticul | 20 |
| III.4.- TECTÓNICA | 21 |
| IV.- YACIMIENTOS MINERALES | 22 |
| IV.1.- AGREGADOS PÉTREOS | 22 |
| IV.1.1.- Introducción | 22 |
| IV.1.2.- Antecedentes | 22 |
| IV.1.3.- Infraestructura | 22 |
| IV.1.4.- Bancos en producción | 27 |
| IV.1.5.- Bancos inactivos | 33 |
| IV.1.6.- Prospectos | 43 |

| | |
|--|-----------|
| V.-GEOQUIMICA | 45 |
| V.1.- INTRODUCCION | 45 |
| V.2.- CONDICIONES AMBIENTALES | 45 |
| V.2.1.- <i>Clima y Vegetación</i> | 45 |
| V.2.2.- <i>Hidrografía</i> | 46 |
| V.3.- PARAMETROS ESTADISTICOS. | 46 |
| V.3.1.- <i>Muestreo.</i> | 46 |
| V.3.2.- <i>Análisis</i> | 46 |
| V.4.- INTERPRETACION GEOQUIMICA. | 48 |
| V.4.1.- <i>Estudio de orientación.</i> | 48 |
| V.4.2.- <i>Afinidad de elementos.</i> | 48 |
| V.4.3.- <i>Interpretación de elementos metálicos</i> | 49 |
| V.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES | 55 |
| VI.-PROBLEMAS NO RESUELTOS | 55 |
| BIBLIOGRAFÍA | 56 |

ANEXOS

1. Tabla de datos estructurales
2. Tabla de bancos de material y rocas dimensionables
3. Tabla de plantas de beneficio
4. Tabla de análisis químicos
5. Resultados de análisis químicos
6. Resultados de pruebas físicas

**CARTA GEOLÓGICA-MINERA Y GEOQUÍMICA MÉRIDA
CLAVE F16-10, ESC: 1:250,000
ESTADOS DE YUCATÁN, CAMPECHE Y QUINTANA ROO**

Ing. Ricardo G. Zarate Barradas.

Ing. Oniver Lemus Bustos.

Ing. Alfonso Miranda Huerta.

Ing. Ricardo Cureño Suriano.

RESUMEN

Se localiza en la región sureste de la República Mexicana dentro de la Península de Yucatán y comprende los municipio de Mérida, Ticul, Tekax de Álvaro Obregón, Izamal, Valladolid entre otros, en el estado de Yucatán, ubicada entre las coordenadas 20° 00' a 21° 00' de latitud norte y 88° 00' a 90° 00' de longitud oeste, cubriendo una extensión de 23,105 km².

Queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica Plataforma de Yucatán (Raisz E., 1964) la cual se caracteriza por una gran planicie con lomeríos de pendiente suave y poca altitud.

Estratigráficamente se encuentra dentro de la provincia geológica denominada Plataforma de Yucatán, que comprende un paquete de rocas carbonatadas, que abarcan desde el Cretácico al Reciente. La unidad más antigua expuesta corresponde a la Formación Chichén Itzá (**Te Cz-Mg**), constituida por un paquete carbonatado conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas de edad Eoceno que se distribuye en casi la mitad del área, observándose desde Muna, Ticul, Tzucacab y Pisté entre otros.

Cubriendo a la unidad anterior se tiene rocas del Oligoceno (**To (?) Cz-Cq**), constituidas de un paquete de mudstone, grainstone y boundstone, distribuyéndose en un área muy restringida en la porción norte de la carta. A esta unidad le sobreyace la Formación Carrillo Puerto (**Tmpl Cz-Cq**), de edad Mioceno Plioceno, constituida por mudstone, wackestone, grainstone, packstone, boundstone y brechas calcárea. Se distribuye en los sectores norte, nororiental oriental y suroriental del área de estudio

Las unidades cenozoicas no presentan deformaciones significativas, solo manifiestan ligeras inclinaciones con tendencia a la horizontal, que más bien se interpretan como basculamientos originados por una tectónica distensiva reciente, representada por la Falla Ticul, que permite definir su traza a lo largo de 115 km cruzando la carta con un rumbo NW-SE, donde se manifiesta como una brecha cataclástica de 4 m de ancho, constituida por fragmentos calcáreos angulosos de 1 a 5 cm, inmersos en una matriz arenoso arcillosa con abundantes óxidos de fierro, poniendo en contacto a las formaciones Carrillo Puerto y Chichén Itzá en la porción noroccidental y en el sector suroriental afecta solamente a la Formación Chichén Itzá

Tectónicamente esta comprendida dentro de la provincia geológica denominada Plataforma de Yucatán, cuya historia geológica está enlazada a la apertura del Golfo de México, iniciando en el Triásico superior, con la abertura del supercontinente Pangea, en el borde sur de la placa de Norteamérica, suceso que continuó durante el Jurásico inferior y medio. En el Kimmeridgiano, cuando el bloque Yucatán se desplaza hacia el SE a través de un sistema de fallas destrales que separaban las plataformas de Yucatán y Florida, ocurrió la invasión de aguas marinas del Golfo que concentraron los carbonatos bajo condiciones someras y de alta energía, en el Tithoniano se depositan los carbonatos arcillosos, en el Cretácico inferior se depositan calizas batiales en aguas más o menos profundas.

Entre el Cretácico medio y superior se manifiesta una quietud tectónica sumada a la transgresión marina que permitió el depósito potente de carbonatos en una plataforma que invadió la mayor parte de México, mientras en el bloque yucateco se depositaban evaporíticas. A finales del Maastrichtiano al Eoceno inferior, se manifiesta el levantamiento originado por la Orogenia Laramide, estos sucesos no se manifiestan en la plataforma de Yucatán en donde se depositaron dominante mente carbonatos y en menor proporción evaporitas (Paleoceno y Eoceno) alcanzando espesores que varían de 100 a 2000 m.

Desde el Terciario hasta el reciente, el mar a fluctuado y por consecuencia las facies sedimentarias depositadas varían entre plataforma somera hasta evaporíticas restringidas, en ambiente de supramarea. Durante el Pleistoceno y el Holoceno los efectos de una transgresión dieron lugar a depósitos palustres y a la destrucción de las unidades más antiguas que originaron la acumulación de bioclastos.

En cuanto a infraestructura minera para beneficiar agregados pétreos en la región, existen 14 trituradoras que producen polvo (arena), grava y sello (granzón).

Las rocas calcáreas se explotan en bancos de material que encuentran distribuidos en forma irregular en toda la carta para obtener materiales pétreos, de los que se obtienen piedra para mampostería, grava, polvo (arena) y sello (granzón) utilizados por la industria de la construcción tanto urbana (block, viguetas, etc.), como de infraestructura carretera

Se ubicaron un total de 77 bancos, de los cuales 23 de ellos producen agregados pétreos y de los 54 restantes se obtiene material de relleno que se utiliza como revestimiento en los caminos de la región

En las inmediaciones de Calcehtok y a lo largo de la sierra de Ticul se encuentran los bancos Calcehtok I, II, III, IV, V, Mayabtún, Canterblok y el Corte, de los que se han obtenido bloques para laminar loseta y parquet para exportación, cabe mencionar que en esta área existe un potencial de 600, 000,000 de m³, susceptibles de ser explotados, considerando un aprovechamiento del 60%, se obtendrían 360, 000,000 de m³ para su explotación.

I.- INTRODUCCIÓN

1.1. OBJETIVO DEL ESTUDIO

Con el propósito de proporcionar al sector minero y al usuario en general de manera más completa y eficiente el servicio de información geológico minera de nuestro país, el Consejo de Recursos Minerales (hoy Servicio Geológico Mexicano) instituyó un programa prioritario que corresponde a la generación de la infraestructura básica especializada geológico - minera, con el fin de producir y procesar toda la información de campo necesaria para la elaboración de cartas geológica - mineras, geoquímicas y magnéticas, en formato cartográfico de INEGI de escalas 1:50,000 y 1:250,000.

El caso del presente estudio consistió en realizar la cartografía geológico-minera y geoquímica de la carta Mérida, escala 1:250,000, clave F16-10, realizando estudios de interpretación de imágenes de satélite, mapeo de unidades litoestratigráficas, zonas de alteración; paralelamente se realizó la prospección minera con su respectivo inventario e interpretación correspondiente.

1.2. TRABAJOS PREVIOS

En el área se han realizado diversos trabajos tanto por instituciones como por investigadores, de los cuales se mencionan a continuación en forma rápida y concisa algunos de ellos (**Figura 1**).

Butterlin J. y Bonet F., (1959), realizaron un estudio paleontológico de la Península de Yucatán, asentando la base estratigráfica de la misma.

López R. E., (1973), realizó una compilación geológica de la Plataforma de Yucatán.

Mauro Aguilar Nogales (1979), realizó un estudio relacionado con bancos de material para el gobierno del estado de Yucatán.

Viniegra O. F., (1981), realizó un estudio geológico en la región sureste de México, en la cual incluye a la Península de Yucatán.

I.3. MÉTODO DE TRABAJO.

En la primera etapa se realiza la compilación de información bibliocartográfica publicada e inédita con el propósito de recabar, ordenar y clasificar la información especializada de la carta a realizar.

Paralelamente se procede a la interpretación de la imagen de satélite (Landsat TM) y modelo digital de elevación. Posteriormente con el análisis y síntesis de la información y las interpretaciones se establece el marco geológico-minero y la problemática a resolver.

Carta geológica-minera y geoquímica Mérida, clave F16-10, escala 1:250,000

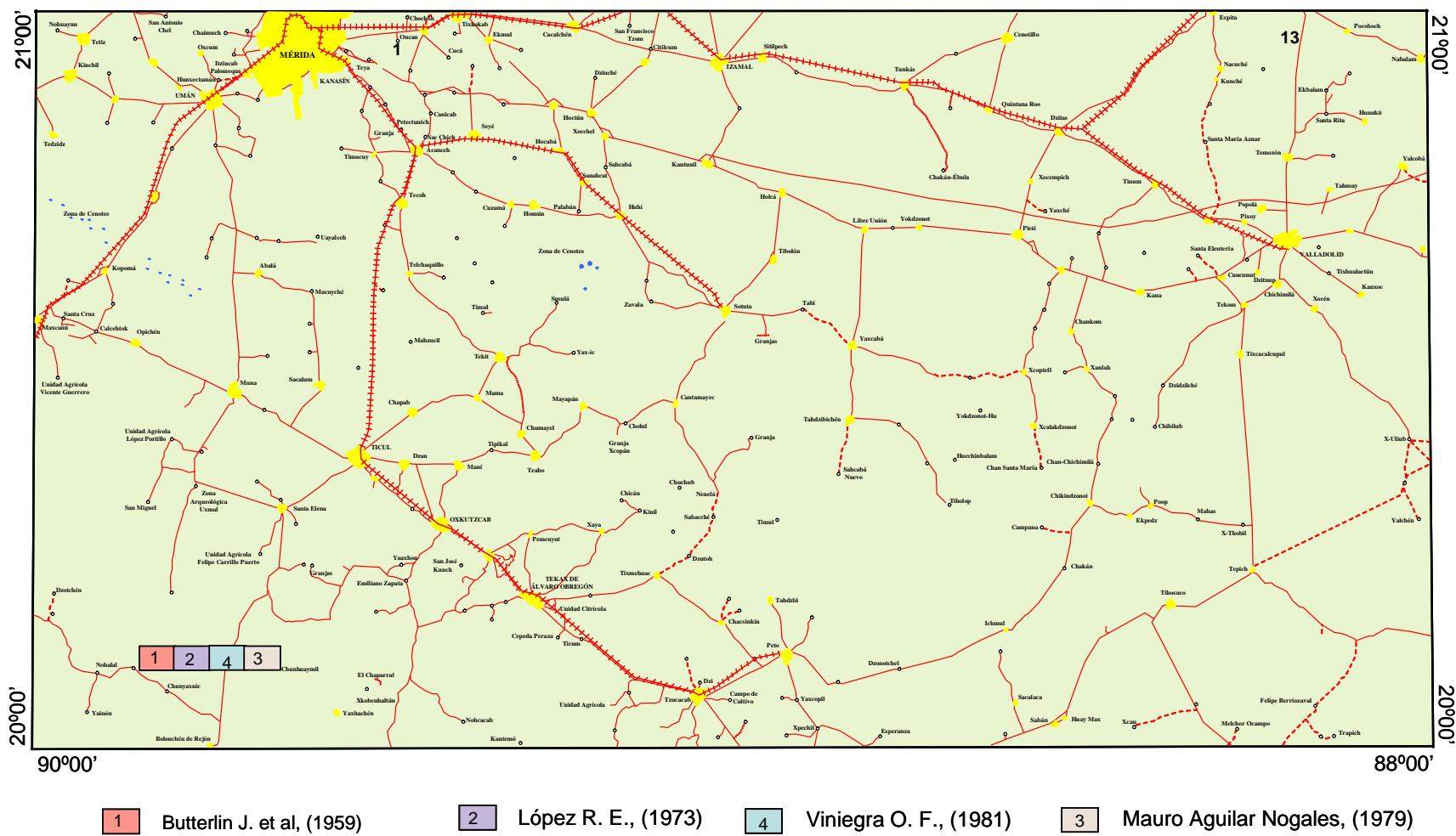


Figura 1. Trabajos previos

Al inicio de los trabajos de campo se realiza el reconocimiento general del área con la finalidad de observar y reconocer en campo, la información de trabajos realizados previamente por otros autores; definir los criterios cartográficos en función del marco geológico y escala de la carta; el agrupamiento o separación de las unidades geológicas a cartografiar, considerando prioritariamente los criterios utilizados en cartas aledañas elaboradas previamente por el C. R. M. Así como elaborar el programa de muestreo geológico-minero con base en necesidades específicas de la carta a elaborar.

En un tiempo estimado de 10 meses como máximo, se realiza el mapeo geológico, el cual consiste básicamente de:

- a) Descripción de las unidades litológicas.
- b) Medición de datos estructurales (estratificaciones, fracturas, foliaciones, fallas, pliegues, etc.)
- c) Determinación de las relaciones estratigráficas y/o tectónicas.
- e) Obtención de muestras enfocadas a resolver problemas específicos.

Petrográficas, para resolver problemas litológicos y estructurales.

De roca, para análisis de elementos mayores (roca total) para determinar evolución magmática y ambiente geodinámicos.

Paleontológicas y/o isotópicas, para resolver problemas estratigráficos.

Paralelamente se realiza la ubicación y toma de datos de los yacimientos minerales que consisten en lo siguiente:

- 1) Descripción de las características de cada localidad mineralizada

Yacimientos metálicos (estatus, obras mineras, sustancia, clave, roca encajonante, forma y dimensiones, mineralogía, etc.)

Yacimientos no metálicos (estatus, mineral, obras mineras, clave, roca encajonante, unidad

estratigráfica, forma y dimensiones, potencial, etc.) Bancos de materiales (estatus, roca, unidad estratigráfica y producto)

Plantas de beneficio (ubicación con GPS, razón social, tipo de beneficio, producto final y capacidad)

- 2) Medición de las estructuras mineralizadas.
- 3) Definición del contexto geológico de los yacimientos.
- 4) Definición de las alteraciones hidrotermales.
- 5) Obtención de muestras (considerando la información previa de cada una de las localidades) (estudios de difracción o fluorescencia de rayos X, minerográficos, esquirlas, paragenéticos, caracterización física, inclusiones fluidas, etc.)
- 6) Se toman Fotografías representativas de las principales características de las unidades y estructuras, así como de yacimientos minerales e infraestructura minera.

Todos los datos puntuales como son datos estructurales, localidades de muestreo, ubicación de entidades mineralizadas, puntos de control, etc., se ubican con posicionador (GPS), registrando en una bitácora las características de cada punto.

Las actividades de gabinete consisten de:

Transformación de los datos obtenidos del GPS a archivos PCX5, depurarlos y posteriormente convertirlos en Excel a base de datos.

Plasmar los datos obtenidos en los planos correspondientes.

Construcción de la columna estratigráfica en función de las observaciones de campo y datos de laboratorio (edades paleontológicas y/o isotópicas), Interpretación de secciones geológicas de trabajo.

La última etapa consiste en realizar la síntesis e integración de la información gráfica y el texto explicativo de la misma.

II. GEOGRAFÍA

II.1. LOCALIZACIÓN Y EXTENSIÓN DEL ÁREA.

Se localiza en el sureste de la República Mexicana, en la Península de Yucatán. Comprende gran parte del estado de Yucatán, y en menor proporción los estados de Campeche y Quintana Roo.

Geográficamente queda comprendida entre las coordenadas $20^{\circ} 00'$ a $21^{\circ} 00'$ de latitud norte y $88^{\circ} 00'$ a $90^{\circ} 00'$ de longitud oeste, con una superficie de $23,105 \text{ km}^2$ (**Figura 2**).

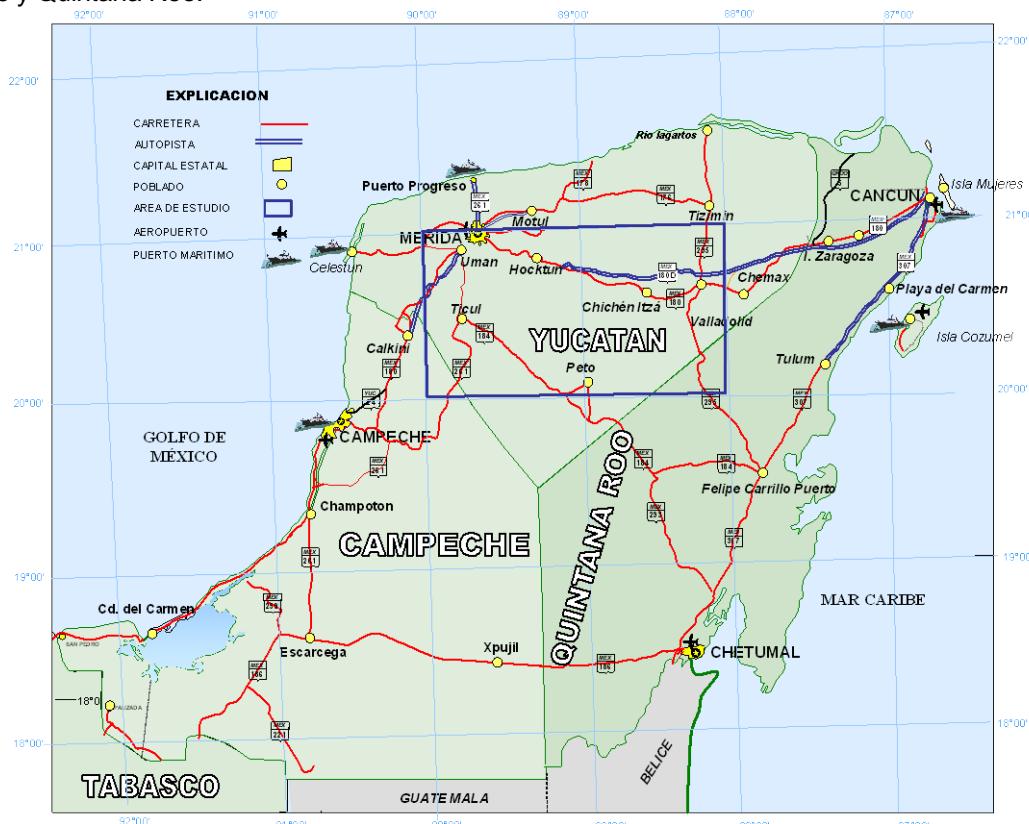


Figura 2.- Plano de localización

II.2. ACCESO Y VÍAS DE COMUNICACIÓN

Las principales vías de comunicación son: la carretera federal No. 180 en su tramo carretero (Calkini-Mérida) y (Mérida-Valladolid) así como la autopista 180 en su tramo carretero (Mérida-Valladolid) que comunica con la Cd. de Cancún, la carretera federal No. 295 (Tizimín-Valladolid) y en su tramo carretero (Valladolid-Santa Rosa) que comunica hasta el Municipio de Felipe Carrillo Puerto, así también el tramo carretero No. 261 (Umán-Bolonchén de Rejón) que lleva al Municipio de Hopelchén y por ultimo en el tramo carretero No. 184 (Muna-Tzucacab) continuando hasta el

Municipio de Felipe Carrillo Puerto, sin embargo también se cuenta con carreteras estatales No. 18 (Mérida-Tekit), 81 (Kantunil-Suma de Hidalgo) y 11 (Hoctún-Espita). En general la carta se encuentra bien comunicada por carreteras y brechas.

Dentro del área existen otros caminos estatales y una gran cantidad de terracerías que comunican a las diferentes comunidades.

En el área de estudio se cuenta con el aeropuerto internacional, de la Cd. de Mérida Yucatán, así también fuera de la misma, hacia el oriente en línea

recta se tienen los aeropuertos internacionales de Cozumel a 283 km y Cancún a 285 km.

II.3. FISIOGRAFÍA.

La carta queda comprendida dentro de las provincia fisiográfica de la Plataforma de Yucatán, Raisz, E. (1964).

La Plataforma de Yucatán se caracteriza por presentar una superficie sensiblemente horizontal y una pequeña elevación (sierra de Ticul) de no más

de 100 m sobre el nivel del mar, con una orientación noroccidental a suroriental

Entre los elementos montañosos de la región destacan los cerros que se encuentran ubicados en las localidades de Maxcanú, Opicén, Muna, Ticul, Oxkutzcab, Tekax de Álvaro Obregón y Tzucacab.

La zona de estudio carece de una red hidrológica superficial si no que toda el agua es infiltrada al subsuelo., (**Figura 3**).

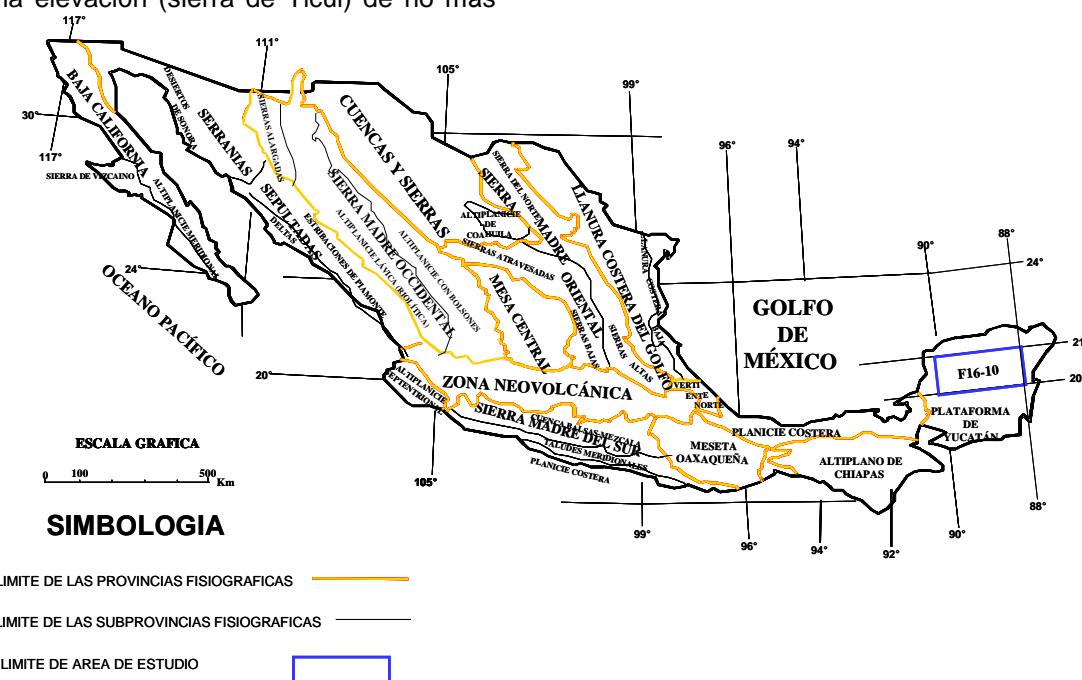


Figura 3. Plano de provincias fisiográficas.

III. GEOLOGÍA

III. 1 MARCO GEOLÓGICO

La Plataforma de Yucatán esta compuesta por una secuencia de rocas carbonatadas y evaporíticas de edad mesozoica-cenozoica, las cuales descansan sobre un basamento con una edad posiblemente Pretriásica obtenida a través de perforaciones con intervalos de 12 a 16 km de profundidad (López R. E., 1979). A dicho basamento le sobreyace discordantemente una secuencia de lechos rojos de edad Jurásico-Cretácico (Viniegra O. F., 1971). PEMEX realizó una serie de perforaciones determinando una secuencia cretácica constituida por rocas carbonatadas: anhidrita, calizas dolomía con

intercalaciones de bentonita, presentándose en la base las Evaporitas Yucatán (López R. E., 1979).

El Terciario se representa por una secuencia carbonatada y dolomítica con intercalaciones evaporíticas con un rango de edad que abarca desde el Paleoceno al Plioceno (Butterlin J. et al, 1959).

El Paleoceno se representa por la Formación Icaiché compuesta por una serie de rocas carbonatadas y evaporitas depositada sobre una superficie erosionada, indicando la presencia de un *hiatus* estratigráfico entre el Cretácico superior y el Terciario (Galloway W. E. et al. En Amos S. 1991)

El Eoceno ha sido señalado con la Formación Chichén Itzá, la cual está constituida por un paquete calcáreo sumamente fosilífera, dividiéndola en tres miembros que son: Xcabal, Piste y Chumbec. (Galloway W. E. et al. En Amos S. op. cit.)

El Oligoceno tiene una distribución esporádica y restringida señalada por calizas y coquinas y no se le ha asignado nombre formacional. Está constituida por una secuencia de calcarenitas pobremente estratificadas con intercalaciones de margas y lutitas. (Galloway W. E. et al. En Amos S. op. cit.).

El Mioceno-Plioceno está caracterizado por la Formación Carrillo Puerto compuesta por caliza fosilífera, caliza y marga, la cual cubre discordantemente al Eoceno y concordantemente al Oligoceno cuando está presente. (Galloway W. E. et al. En Amos S. op. cit.).

El Plioceno-Pleistoceno se representa por packstone de bioclastos y calcarenitas (Galloway W. E. et al. En Amos S. op. cit.).

III.2. ESTRATIGRAFIA

III.2.1.- Plataforma de Yucatán

El área de estudio queda comprendida dentro del elemento paleogeográfico, denominado Plataforma de Yucatán, que se conforma por una secuencia carbonatada y evaporítica, que abarca desde el Terciario al Reciente (*Figuras 4 y 5*).

Formación Chichén Itzá (Te Cz-Mg)

Se distribuye en la porción occidental, suroccidental, centro, y sur de la zona de estudio, cubre una superficie aproximada de 10,005 Km².

Generalmente esta constituida por un paquete carbonatado conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas y se describe en las localidades siguientes:

Sección Abalá–Muna–San Simón.-Se localiza en la porción suroccidental de la carta, en la carretera federal No. 261, entre los poblados de Abalá de (coordenadas UTM 16Q 217395 E y 2284069 N) y San Simón, (coordenadas UTM 16Q 020656 E y 2237994 N), en donde aflora grainstone, con intercalación de brecha calcárea (*Fotografía 1*). El grainstone es de color beige y rosa en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 10 cm a 1 m, presenta fósiles de miliólidos y oolitas, con huellas de

disolución tipo lapíaz, con oquedades y fracturamiento irregular llenos de calcita ferruginosa. La brecha calcárea es de color rosa en superficie fresca e intemperiza en tono rojizo, de estructura masiva, constituida por fragmentos subangulosos a subredondeados, mal clasificados de 1 a 30 cm de grainstone con foraminíferos y oolitas en un cementante calcáreo.

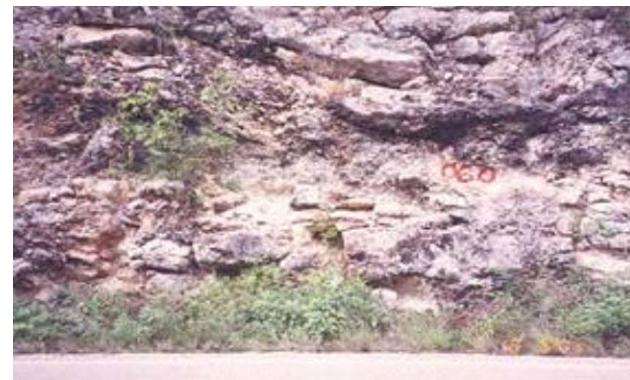


Fotografía 1.- Intercalación de, grainstone y brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, al sur del poblado Muna.

Sección Dzotchén – Bolonchén de Rejón.-Ubicada en la porción suroccidental de la carta, entre el poblado de Bolonchén de Rejón (coordenadas UTM Q16 212377 E y 2213915 N) y el poblado de Dzotchén (coordenadas UTM Q16 189566 E y 2237259 N), en donde aflora brecha calcárea, con intercalación de grainstone y marga (*Fotografía 2*). La brecha calcárea es de color beige a castaño en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta y masiva, constituida por fragmentos (1 a 20 cm) angulosos a subredondeados y mal clasificados de grainstone y wackestone soportados por un cementante calcáreo, con fracturas llenas por calcita y disolución tipo lapíaz. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 20 cm a 1 m, con abundantes fósiles de miliólidos y fragmentos de moluscos, bivalvos y gasterópodos, así como oolitas, pequeños orificios de galerías y fracturamiento irregular lleno por calcita ferruginosa. La marga es de color beige al fresco e intemperiza a tono amarillento de estructura deleznable en estratos de 1 a 5 cm, constituida por cristales finos de calcita.



Fotografía 2.- Grainstone y marga de la Formación Chichén Itzá, en los alrededores de el poblado Ix-Bilincox.



Fotografía 3.- Grainstone de la Formación Chichén Itzá, al este de la zona arqueológica Uxmal.

Sección zona arqueológica Uxmal - Cantamayec.- Se localiza en la porción occidental de la zona de estudio, en la zona arqueológica de Uxmal (coordenadas UTM 16Q 0214754 E y 2252753 N), hasta el poblado de Cantamayec (coordenadas (UTM 16Q 278798 E y 2264173 N), en donde se observa una alternancia de grainstone con, brecha calcárea y wackestone. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono amarillento, de estructura compacta en estratos de 20 cm a 1.5 m, con fósiles de miliólidos cementados en calcita, con fracturamiento irregular relleno de calcita. La brecha calcárea es de color gris oscuro y ocasionalmente rosa e intemperiza en tono rojizo, constituida por clastos subangulosos, mal clasificados de 1 a 20 cm de grainstone y mudstone soportados por un cementante de calcita (**Fotografía 3**). El wackestone varia a packstone y mudstone (coordenadas UTM 16 Q 256922 E y 2263603 N) es de color beige en superficie fresca que intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 40 cm a 1.50 m y ocasionalmente lenticular y laminar, con fósiles de foraminíferos en un cementante calcáreo, con vetillas llenas de calcita ferruginosa y carsticidad tipo lapiaz.

Sección Dzan – Sur de Xul.- Se localiza en la porción suroccidental del área de estudio, entre los poblados de Dzan, (coordenadas UTM 16Q 244065 E y 2255853 N) y al sur del poblado Xul, (coordenadas UTM 16Q 0239685 E y 2213090 N), en donde aflora grainstone, wackestone y mudstone con intercalación de marga y brecha calcárea. El grainstone es de color beige en tono rojizo e intemperiza en tono castaño, de estructura compacta en estratos de 1 m, con fósiles de miliólidos, cementados por calcita ferruginosa. En las (coordenadas UTM 16Q 0243679 E y 2231020 N), aflora wackestone color beige en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta en estratos de 5 a 10 cm, con fósiles de miliólidos cementados por calcita, con fracturamiento irregular rellenado por calcita, carsticidad tipo lapiaz (**Fotografía 4**). En las (coordenadas UTM 16Q 0243030 E y 336160 N), aflora mudstone color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 40 cm, con fósiles de miliólidos en un cementante calcáreo, con fracturas llenas por calcita ferruginosa. La marga es de color gris al fresco e intemperiza en tono amarillento, en estratos laminares, con cristales finos de calcita, con fracturamiento irregular relleno de calcita. La brecha calcárea es de color beige a gris oscuro en superficie fresca e intemperiza a tono blanquecino, de estructura masiva, constituida por fragmentos (1 a 30 cm) subangulosos, mal clasificados de mudstone y grainstone, soportados por un cementante calcáreo, con carsticidad tipo lapiaz.



Fotografía 4.- Wackestone de la Formación Chichén Itzá, al norte del poblado Xul.

Sección Maxcanú – Tzucacab.- Se localiza en la porción occidental, al sur del área de estudio, sensiblemente paralela de la carretera federal No. 184, entre los poblados de Maxcanú (coordenadas UTM 16Q 189805 E y 2277821 N) y sureste del poblado Tzucacab (coordenadas UTM 16Q 292032 E y 2212584 N), en donde aflora grainstone, brecha calcárea y brecha cataclástica. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, estructura compacta en estratos de 20 a 80 cm, con oolitas y abundantes fósiles de miliólidos, gasterópodos y céfalópodos, cementados por calcita, con fracturas llenas por calcita y carsticidad tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color castaño en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 15 a 40 cm, constituida por fragmentos (0.5 a 25 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados, de mudstone y grainstone con fósiles de miliólidos, cementados por calcita, con fracturas llenas por calcita ferruginosa y disolución tipo lapíaz.

Sección Zavala - Tixcacaltuyub – Xpechil.- Se localiza en los sectores centro-meridional de la zona de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Zavala, (coordenadas UTM Q16 280521 E y 2280119 N) y el poblado de Xpechil (coordenadas UTM 16Q 302952 E y 2212475 N), donde afloran packstone/grainstone y brecha calcárea. El packstone que varía a grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta, masiva y ocasionalmente en estratos de 5 cm a 1.2 m, con fósiles de foraminíferos, con fracturas llenas de calcita y disolución tipo lapíaz (**Fotografía 5**). La brecha calcárea en superficie fresca es de color rojo claro e intemperiza en colores beige y castaño, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (1 a 10 cm) angulosos a subredondeados pobemente clasificados de

mudstone y grainstone soportados por un cementante calcáreo, con fracturamiento irregular, relleno de calcita ferruginosa y disolución tipo lapíaz



Fotografía 5.- Packstone/grainstone de la Formación Chichén Itzá, en el poblado Tixcacaltuyub.

Sección Libre Unión – Sahcabá Nuevo.- Se localiza en el centro de la zona de estudio, en la carretera que comunica a los poblados Libre Unión, (coordenadas UTM 16Q 310857 E y 2290747 N) y Sahcabá Nuevo, (coordenadas UTM 16Q 0305993 E y 2252767 N), en donde aflora packstone/grainstone con horizontes de marga y brecha calcárea. El packstone/grainstone es de color beige al fresco e intemperiza a castaño claro, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, en ocasiones en capas de 80 cm a 1 m, constituida por oolitas y fósiles y moldes (2 cm) de pelecípodos, gasterópodos y abundantes foraminíferos, con disolución tipo lapíaz. La marga es de color castaño e intemperiza en tono amarillento, de estructura deleznable en estratos de 10 cm, constituida por cristales finos de calcita, con fracturas llenas de calcita ferruginosa (**Fotografía 6**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (5 a 15 cm) angulosos a subangulosos, mal clasificados de mudstone y grainstone cementados por carbonato de calcio, con fracturamiento caótico lleno de calcita ferruginosa.



Fotografía 6.- Intercalación de packstone/grainstone y marga de la Formación Chichén Itzá, en el poblado Timul.

Sección Libre Unión – Kaua.- Se localiza en la porción centro de la carta, en la carretera que comunica a los poblados Libre Unión (coordenadas UTM 16Q 310857 E y 2290747 N) y Kaua, (coordenadas UTM 16Q 353133 E y 2285475 N), en donde aflora mudstone/packstone y brecha calcárea. El mudstone/packstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 40 cm a 1.5 m, constituida por fósiles de gasterópodos, pelecípodos y foraminíferos, con fracturas llenas de calcita ferruginosa (**Fotografía 7**). La brecha calcárea es de color beige tanto al fresco como al intemperismo, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (5 a 15 cm) angulosos a subangulosos de mudstone y packstone cementados por calcita y disolución tipo lapíaz.



Fotografía 7.- Mudstone/packstone de la Formación Chichén Itzá, en el poblado Yokdzonot.

Sección Norte de Tibolón – Timul.- Se localiza en la porción centro del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Tibolón, (coordenadas UTM 16Q 298451 E y 2290652 N) y el poblado de Timul (coordenadas UTM 16Q 0297098

E y 2247592 N), en donde aflora mudstone, grainstone y brecha calcárea. El mudstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, estructura compacta en estratos de 60 cm a 1 m, constituida por fósiles y moldes (2 cm) de foraminíferos, pelecípodos, gasterópodos, fracturas llenas de material terrígeno y carsticidad tipo lapíaz. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos y lentes de 30 cm a 1 m, constituida por fósiles de foraminíferos, con carsticidad tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color beige e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta, en estratos de 0.80 m, constituida por fragmentos (1 a 8 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados de mudstone y grainstone soportados por un cementante de calcita, con fracturamiento intenso relleno de calcita ferruginosa (**Fotografía 8**).



Fotografía 8.- Grainstone con fósiles y brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, al noreste del poblado Sotuta.

Sección Peto – Muchucuxcah.- Localizada en la porción sur y suroriental de la carta, en la carretera que comunica al poblado de Peto, (coordenadas UTM 16Q 0303710 E y 2223999 N) y al poblado de Muchucuxcah (coordenadas UTM 16Q 348809E y 2264133N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a castaño, de estructura compacta en estratos de 10 a 80 cm, conformada por fósiles de foraminíferos y moldes (hasta de 4 cm) de gasterópodos y pelecípodos, con fracturas llenas por calcita ferruginosa (**Fotografía 9**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono rojizo, constituidos por fragmentos (0.5 a 20 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados de mudstone, grainstone y packstone, soportados por un cementante calcáreo ferruginoso, con carsticidad tipo lapíaz.



Fotografía 9.- Mudstone/grainstone de la Formación Chichén Itzá, a 5 km al noreste de la comunidad Ichmul.

Sección Xanlah - Tinum.- Se localiza en la porción oriental del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Xanlah (coordenadas UTM 16Q 344579 E y 2269094 N) y Tinum (coordenadas UTM 16Q 352166 E y 2294056 N), en donde aflora mudstone y brecha calcárea. El mudstone es de color blanco a beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 5 a 50 cm, constituido por fósiles de miliolidos e impresiones de pelecípodos, con carsticidad tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color gris oscuro en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos con fragmentos dolomitizados de 5 cm.

Sección Peto – Chikindzonot.- Se localiza en la porción sur del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Peto (coordenadas UTM 16Q 0304426 E y 2234993 N) y Chikindzonot (coordenadas UTM 16Q 342543 E y 2248648 N), en donde aflora mudstone, grainstone y brecha calcárea. El mudstone es de color castaño en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta en estratos de 80 cm a 1 m, con esporádicos moldes (de 0.5 cm) de gasterópodos y pelecípodos, con fracturas rellena de calcita y carsticidad tipo lapíaz. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos y ocasionalmente en estratos de 10 a 80 cm, con fósiles de foraminíferos, moldes (2 mm a 1 cm) de gasterópodos, pelecípodos y cristales de calcita, con disolución tipo lapíaz (**Fotografía 10**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (1 a 5 cm) subangulosos, mal clasificados de mudstone y grainstone cementados

por calcita, con disolución tipo lapíaz y fracturas llenas de calcita.



Fotografía 10.- Grainstone de la Formación Chichén Itzá, al noreste del poblado Tixhualahtún.

En este estudio se le estima un espesor aproximado de 100 m, sin embargo según perforaciones de PEMEX el espesor en subsuelo es del rango de 525 a 810 m.

Regionalmente sobreyace en concordancia a la Formación Icaiché aunque en esta carta no aflora, así mismo subyace concordantemente (?) a depósitos del Oligoceno, cuando estos últimos están ausentes subyace discordante a la Formación Carrillo Puerto, este contacto se observa en las inmediaciones de los poblados de Tinum y sur de Opichén

Contiene abundante microfauna que ha permitido determinar su edad (Butterlín J. et al., 1959), de acuerdo a los fósiles *Dictyoconus* sp., *Amphistegina* sp., *Lituonella* sp., *Epistomella* sp., *Quinqueloculina* sp., *Coskinolina floridana* Cole; asignándole una edad de Eoceno.

Así mismo López R. E., (1979), de las muestras obtenidas del pozo Chicxulub No. 1, describe la Formación Chichén Itzá en tres miembros ubicados dentro del Eoceno de acuerdo a la siguiente microfauna.

La microfauna encontrada para el Eocene superior: *Robulus cocoaensis*, *Nonion planatum*, *Uvigerina cocoaensis*, *Uvigerina havanensis*, *Hantkenina alabamensis*, *Globorotalia centralis*, *Globorotalia cerroazulensis*, *Globorotalia cocoaensis*.

Para el Eocene Medio: *Robulus mexicanus*, *Bulimina guayabalensis*, *Eponides guayabalensis*, *Siphonina clairbornensis*, *Globigerina mexicana*, *Hantkenina longispina* y *Globorotalia crassata*.

Del Eoceno Inferior: *Vaginulinopsis asperuliformis*, *Globigerina crêtea*, *Globorotalia aragonensis* y *Anomalina dorri Cole*, var. *Aragonensis*.

Esta unidad es correlacionable con las formaciones Guayabal y Aragón de la Cuenca Tampico-Misantla.

Su ambiente de depósito corresponde a una plataforma somera. (López R. E., 1973).

En rocas de esta unidad se han desarrollado bancos de material de los que se extrae la roca calcárea para producir grava y arena que se utilizan para el relleno de carreteras, así como bloques para hacer losetas.

Caliza - coquina To (?) Cz-Cq

En la porción norte de la zona de estudio se observó un afloramiento de aproximadamente 4.300 km² de rocas con fósiles diferentes a los que contienen las formaciones Chichén Itzá y Carrillo Puerto, y se consideran que pueden corresponder a depósitos del Oligoceno

Consta de un paquete carbonatado de mudstone/grainstone y boundstone, que se describe en la localidad siguiente:

Sección Holca.- Se localiza en la porción norte de la carta en el poblado de Holca (coordenadas UTM 16Q 297871 E y 2296523 N), hasta las coordenadas UTM 16Q 319458 E y 2295588 N, en donde aflora mudstone/grainstone y boundstone. El mudstone/grainstone es de color beige claro en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 40 a 1 m, constituida por fragmentos de fósiles y, moldes de gasterópodos y pelecípodos recristalizados, con fracturas llenas de calcita y casticidad tipo lapiaz. El boundstone es de color beige al fresco e intemperiza a castaño claro, de estructura compacta en estratos de 20 a 30 cm, constituido por fósiles de numulítidos, coral, equinodermos (de 8 cm), (**Fotografía 11**) gasterópodos (de 10 cm), pelecípodos de 15 cm, y moldes (2 cm) de gasterópodos y pelecípodos, con carsticidad tipo lapiaz.

En perforaciones realizadas por (PEMEX), se ha detectado un espesor de no más de 150 m y superficialmente se observó en el poblado de Acanche y Homún un espesor de 1 a 1.5 m (López R. E., 1973).



Fotografía 11.- Boundstone con equinodermos localizados en el poblado Holcá.

Sobreýace en concordancia a rocas de la Formación Chichén Itzá y en forma similar subyace a rocas de la Formación Carrillo Puerto.

Para el Oligoceno Inferior se presentan los siguientes fósiles: *Eulepidina favosa* (Cushman), *Lepidocyclusina* (*Plioepidina*), *maldonadoe* (Cushman). *Lepidocyclusina* sp. *Camerina* sp. *Gypsina cf G. pilari* Brady. *Nephroplepidina radista* (Martín). *Eponides* sp. *Rotalina mexicana* (Nuttall). *Algas* sp indet (López R. E., 1973).

Para el Oligoceno Superior, presentan la siguiente fauna: *Miogypsina gunteri* (Colle). *Miogypsina antillaea* (Cushman), *Amphistegina lessoni* (Órbigny), *Numulitides* sp. *Meterostegina antillaea* (Cushman), *Camerina* sp., algas y corales. *Miogypsina gunteri* Cole. *Myogypsina guanteri* Cole, y *Heterostegina* sp., (López R. E., 1973).

Su ambiente de depósito es de plataforma somera, donde se desarrollaron abundantes organismos que dieron origen a coquinas.

Se correlaciona con las formaciones La Laja y Horcones de la Cuenca de Veracruz

Por sus características litológicas de la unidad es posible, obtener bloques dimensionables para fachadas y pisos, utilizados en acabados de la construcción.

Formación Carrillo Puerto (TmpI Cz-Cq).

Se distribuye en los sectores norte, nororiental oriental y suroriental del área de estudio, cubre una superficie aproximada de 8.800 Km².

Esta constituida por un paquete carbonatado conformado por mudstone, wackestone, grainstone,

packstone, boundstone y brechas calcáreas y se describen en las localidades siguientes.

Sección Kinchil – Tixpéhual.- Se localiza en la porción noroccidental de la zona de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Kinchil, (coordenadas UTM 16Q 188598 E y 2313687 N), y Tixpéhual (coordenadas UTM 16Q 242233 E y 2320838 N), en donde aflora grainstone y brecha calcárea. El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 10 cm a 1 m, constituido por fósiles de gasterópodos, ostras y bivalvos como (*Venus sp.* y *Arca sp.*), con fracturas llenas de calcita ferruginosa y carsticidad tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color castaño e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (0.1 a 10 cm) angulosos, mal clasificado, de mudstone y grainstone, soportados en un cementante calcáreo, con estructuras llenas de calcita y disolución tipo lapíaz.

Sección Tixkokob- Quintana Roo.- Se localiza en la porción norte de la carta, en la carretera que comunica a los poblados de Tixkokob (coordenadas UTM 16Q 257999 E y 2323177 N) y Quintana Roo (coordenadas UTM 16Q 331465 E y 2307785 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone, es de color beige al fresco e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 40 cm a 1.2 m, constituido por fósiles de bivalvos, gasterópodos, moldes de pelecípodos, gasterópodos y foraminíferos (*Sorites*), con fracturas llenas de calcita y carsticidad de tipo lapíaz (**Fotografía 12**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y rojo, estructura compacta en estratos de 40 a 50 cm, constituido por clastos (2 a 5 cm) subangulosos, mal clasificado de grainstone cementados por material calcáreo, con fracturas llenas de calcita ferruginosa y disolución tipo lapíaz,



Fotografía 12. Mudstone/Grainstone de la Formación Carrillo Puerto, al oeste del poblado El Álamo.

Sección Umán –Sihunchén.- Se localiza en la porción noroccidental de la zona de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Umán (coordenadas UTM 16Q 215889 E y 2309957 N) y Sihunchén (coordenadas UTM 16Q 220169 E y 2290591 N), en donde aflora brecha calcárea y boundstone. La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 80 cm a 1.50 m, constituida por fragmentos (2 a 20 cm) angulosos a subangulosos, de mudstone y grainstone, soportados por un cementante de calcáreo, con fragmentos que contienen fósiles, con fracturas irregulares llenas de calcita y disolución tipo lapíaz. El boundstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 70 cm a 1.40 m, constituidos por fósiles de corales, pelecípodos, gasterópodos (5 a 15 cm) y fragmentos de fósiles no identificados, pobemente cementados por calcita (**Fotografía 13**).



Fotografía 13.- Boundstone de la Formación Carrillo Puerto localidad San Antonio Mulix.

Sección Kanasín – Tecoh -Tekit.- Se localiza en la porción noroccidental este de la zona de estudio, en la carretera que comunica al poblado de Kanasín de coordenadas (UTM 16Q 233171 E y 2315747 N) y

Tekit (coordenadas UTM 16Q 251239 E y 2276267 N), en donde aflora grainstone, boundstone, packstone y brecha calcárea. El grainstone es color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 5 a 50 cm, constituido por fósiles de gasterópodos, ostras y bivalvos (del género *Venus sp.* y *Arca sp.*); con fracturas llenas de calcita y carsticidad tipo lapíaz (**Fotografía 14**). El boundstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos de 80 cm a 1.50 m, constituida por fósiles de pelecípodos y gasterópodos, con disolución tipo lapíaz. El packstone es de color beige e intemperiza a castaño, de estructura compacta en estratos de 70 cm a 1.45 m, constituido por esporádicos fósiles de miliólidos, con fracturas llenas por calcita ferruginosa y cavernas de disolución. La brecha calcárea varía de color beige a ocre en superficie fresca e intemperiza en tonos gris y amarillento, de estructura compacta a masiva, en ocasiones se observan estratos de 10 a 30 cm, constituida por fragmentos (2 a 10 cm) subangulosos; mal clasificados, de grainstone, con clastos que contienen fósiles de miliólidos, soportados por un cementante de calcáreo, con fracturas llenas de calcita cristalizada y disolución tipo lapíaz.



Fotografía 14.- Grainstone de la Formación Carrillo Puerto, en el tramo carretero Tekit - Timul.

Sección Chocholá - Unidad Agrícola Vicente Guerrero.- Se localiza en la parte noroccidental de la carta, en la carretera que comunica a los poblados de Chocholá (coordenadas UTM 16Q 200479 E y 2290081 N) y Vicente Guerrero (coordenadas UTM 16Q 200479 E y 2290081 N), en donde aflora grainstone/boundstone y brecha calcárea. El grainstone/boundstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta en estratos de 30 a 50 cm,

constituido por fósiles de coral, pelecípodos y gasterópodos, con fracturas llenas por carbonatos y carsticidad tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color rosa en superficie fresca e intemperiza a tono rojizo, de estructura compacta en estratos de 30 a 80 cm, constituida por fragmentos (5 a 15 cm) subangulosos, mal clasificado de grainstone, con cementante calcáreo, con fracturas llenas de cacita ferruginosa y disolución tipo lapíaz.

Sección Teya – Hoctún - Citilcum.- Se localiza en la porción noroccidental y centro de la zona de estudio, a lo largo de la carretera que comunica al poblados de Teya, (coordenadas UTM 16Q 238256 E y 2316560 N), y Citilcum (coordenadas UTM 16Q 280056E y 2319718N), en donde aflora wackestone/grainstone, boundstone y brecha calcárea. El wackestone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y blanquecino, de estructura compacta en estratos de 80 cm, constituidos por fósiles de gasterópodos, bivalvos y miliólidos, con fracturas llenas de calcita y carsticidad tipo lapíaz. El boundstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura medianamente compacta en estratos gruesos a masivos, constituidos por fósiles de gasterópodos y bivalvos, con disolución tipo lapíaz (**Fotografía 15**). La brecha calcárea es de color ocre en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y amarillento, de estructura compacta y masiva, constituida por clastos (2 a 5 cm) subangulosos, mal clasificado de grainstone, cementados por carbonato de calcio, con fracturas llenas de calcita cristalina y disolución tipo lapíaz.

Sección Tinum – Valladolid - X-Alau.- Se localiza en la porción nororiental del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Tinum (coordenadas UTM 16Q 358527 E y 2293644 N) y X-Alau (coordenadas UTM 16Q 394130E y 2286127N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura semicompatada a bien consolidada, en estratos de 0.7 a 40 cm, constituida por moldes de gasterópodos (1.5 cm) y pelecípodos (1 cm), con fracturas llenas de calcita y disolución tipo lapíaz. La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono rojizo, de estructura compacta y masiva, constituida por fragmentos (5 a 15 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificado de mudstone y grainstone, cementados por carbonato de calcio ferruginoso, con fracturamiento intenso y carsticidad tipo lapíaz.

Carta geológica-minera y geoquímica Mérida, clave F16-10, escala. 1:250,000

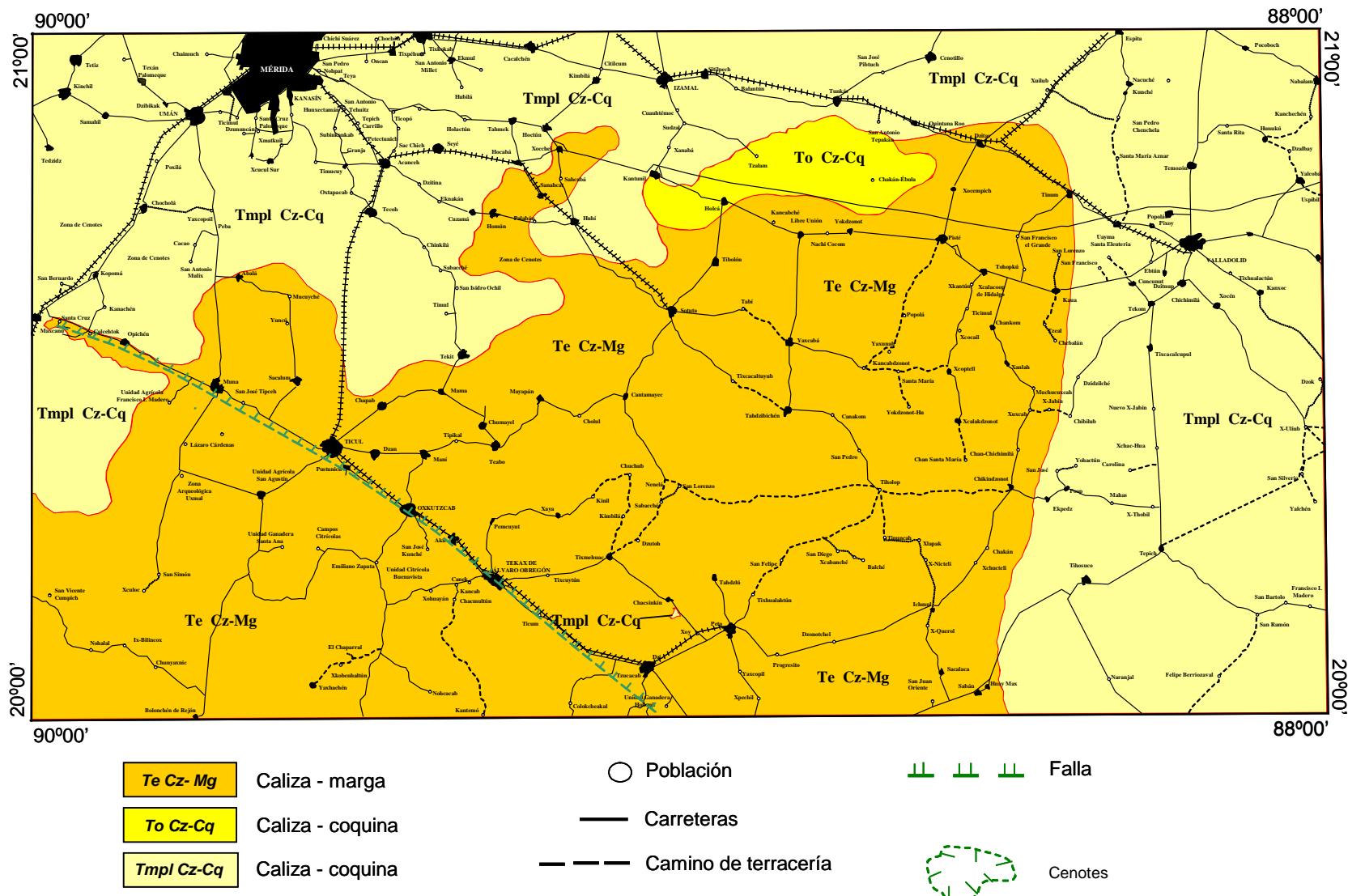


Figura 4. Plano geológico

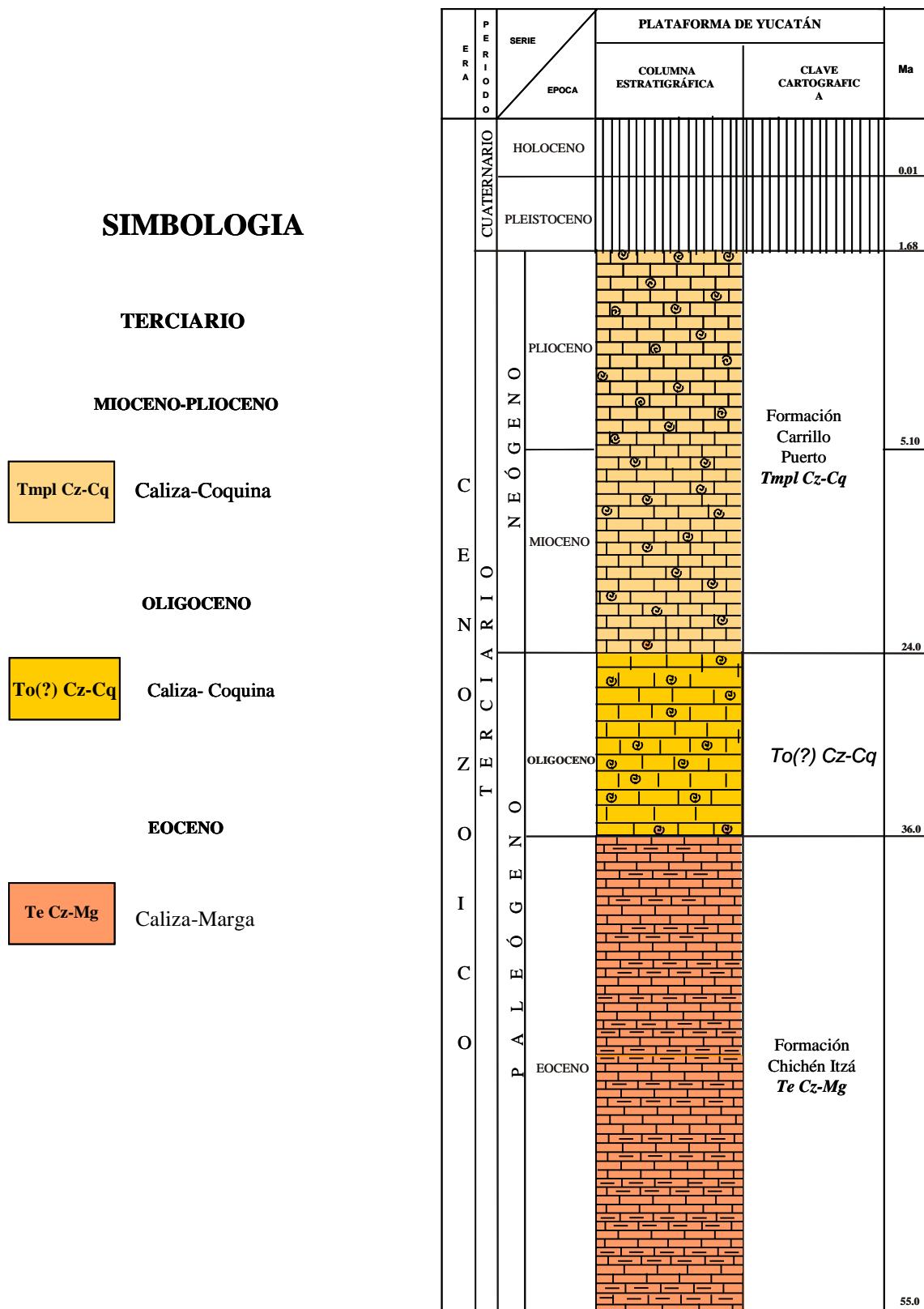


Figura 5. Columna estratigráfica

Sección Takchebilá – Espita – Uayma.- Se localiza en la porción nororiental de la carta, en la carretera que comunica a los poblados de Takchebilá (coordenadas UTM 16Q 348410 E y 2309587 N) y Uayma (coordenadas UTM 16Q 363139 E y 2299711 N), en donde aflora wackestone/boundstone, de color castaño en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y blanquecino, de estructura semicompacta en estratos de 30 cm, constituidos por abundantes fósiles de miliolidos, gasterópodos y pelecípodos (2 cm) y moldes de coral, con fracturas llenas de calcita y disolución tipo lapiaz.



Fotografía 15.- *Boundstone de la Formación Carrillo Puerto, cerca del poblado Macuyche.*

Sección Tizimín – Valladolid – Chibilub.- Se localiza en la porción nororiental del área de estudio, en la carretera que comunican a los poblados de Tizimín a 4 km al sur (coordenadas UTM 16Q 377427 E y 2304697 N) y Chibilub (coordenadas (UTM 16Q 355007 E y 2261145 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y blanquecino, de estructura compacta en estratos de 20 a 40 cm, constituido por moldes (2 cm) de gasterópodos y fósiles de pelecípodos, corales (5 a 8 cm), conchas reemplazadas por cristales de calcita, miliolidos (*sorites*), con disolución tipo lapiaz. La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta y masiva, constituida de clastos (3 a 40 cm angulosos a subangulosos, mal clasificados de packstone y grainstone) con fósiles de miliólidos y moldes de pelecípodos (5 mm), soportados en un cementante de calcita, con carsticidad de tipo lapiaz y cavernas semicirculares.

Sección Pocoboch– Tikuch.- Se localiza en la porción noroccidental de la zona de estudio, en la

carretera que comunica a los poblados de Pocoboch (coordenadas UTM 16Q 382065 E y 2320779 N) y Tikuch (coordenadas UTM 16Q 386322 E y 2289141 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos 30 a 80 cm, constituido por fósiles de pelecípodos, gasterópodos (5 mm) y conchas reemplazadas por calcita, con fracturas llenas por calcita y disolución tipo lapiaz. La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta, constituida por fragmentos (3 a 40 cm) angulosos a subangulosos, mal clasificados de packstone y grainstone, soportados por un cementante calcáreo, con fracturas llenas de calcita y carsticidad tipo lapiaz.

Sección Valladolid – Dzok.- Se localiza en la porción oriental del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Valladolid (coordenadas UTM 16Q 377038 E y 2285845 N) y Dzok (coordenadas UTM 16Q 389440 E y 2274598 N), en donde aflora wackestone/boundstone y brecha calcárea. El wackestone/boundstone es de color beige en superficie fresca e intemperizan a tono gris, de estructura semicompacta en estratos gruesos a masivos, constituido por fósiles de gasterópodos, pelecípodos, miliolidos, briozoarios, moldes de gasterópodos y pelecípodos (8 cm) y coral, así como cristales de calcita (1 cm), con fracturas llenas de calcita y disolución tipo lapiaz. La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos gruesos a masivos, constituida por fragmentos (3 a 40 cm) angulosos a subangulosos, mal clasificados de mudstone, cementados por carbonato de calcio, con fracturas llenas de carbonato de calcio y carsticidad en cavernas.

Sección Chichimilá – Yalchén.- Se localiza en la porción oriental de la carta, en la carretera que comunica a los poblados de Chichimilá (coordenadas UTM 16Q 377331 E y 2278974 N) y Yalchén (coordenadas UTM 16Q 0393914 E y 2245545 N), en donde aflora mudstone que varia a grainstone, de color beige en superficie fresca intemperiza a tono blanquecino, de estructura compacta en estratos de 80 cm, constituidos por fósiles en moldes de pelecípodos (2 cm) y coral, con fracturas llenas de calcita ferruginosa y disolución tipo lapiaz (Fotografía 16).



Fotografía 16.- *Grainstone de la Formación Carrillo Puerto, en la comunidad Yalchén.*

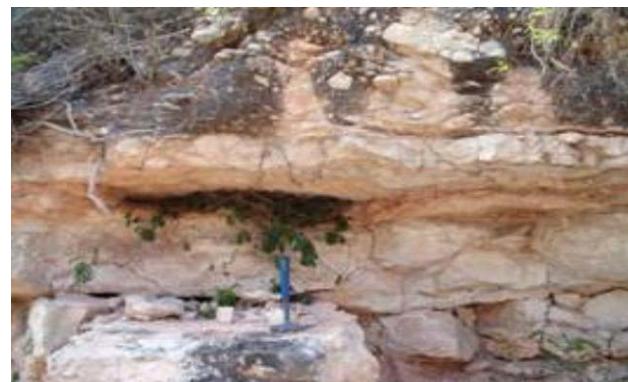
Sección Chamul - Ekpedz.- Se localiza en la porción oriental de la carta, en la carretera que comunica a los poblados de Chapul (coordenadas UTM 16Q 0387483 E y 2253968 N) y Ekpedz (coordenadas UTM 16Q 352094 E y 2247963 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 50 a 80 cm y ocasionalmente abudinados, constituido por fósiles de pelecípodos y gasterópodos, con fracturas llenas de calcita ferruginosa y carsticidad de tipo lapíaz (**Fotografía 17**). La brecha calcárea es de color beige intemperiza a tono blanquecino, de estructura compactas y masiva, constituida por clastos (0.5 a 20 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados de mudstone con moldes de fósiles (4 cm) de gasterópodos y pelecípodos cementados por calcita, con disolución tipo lapíaz.



Fotografía 17.- *Mudstone/grainstone de la Formación Carrillo Puerto, al oeste a 1 km de la comunidad de Dzilox.*

Sección San Silverio – X-Cabil.- Se localiza en la porción suroriental de la zona de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de San Silverio (coordenadas UTM 16Q 0388032 E y

2247980 N) y Huay Max, (coordenadas UTM 16Q 0343230 E y 2224756 N), en donde aflora wackestone/grainstone y brecha calcárea. El wackestone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 20 a 50 cm, constituidos por impresiones fósiles de pelecípodos (0.5 cm) y gasterópodos (3 cm), con fracturas llenas de calcitas y disolución tipo lapíaz (**Fotografía 18**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono blanquecino, constituido por fragmentos (1 a 30 cm), subangulosos a subredondeados, mal clasificados de packstone y grainstone, cementados por calcita, con fracturas llenas de calcita ferruginosa y disolución tipo lapíaz.



Fotografía 18.- *Grainstone de la Formación Carrillo Puerto, en el poblado de Tihosuco.*

Sección Tihosuco – Melchor Ocampo.- Se localiza en la porción suroriental del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Tihosuco, (coordenadas UTM 16Q 0355241 E y 2227636 N) y Melchor Ocampo (coordenadas UTM 16Q 0364105 E y 2213226 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brechas calcáreas. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tonos gris y blanquecino, de estructura compacta en estratos de 60 a 80 cm, constituido por fósiles en moldes de pelecípodos (1 cm), con fracturas llenas de calcita y carsticidad tipo lapíaz (**Fotografía 19**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, constituida por fragmentos (1 a 30 cm) de subangulosos a subredondeados, mal clasificados de packstone y grainstone, cementado por carbonato de calcio, con disolución tipo lapíaz.



Fotografía 19.- Mudstone/grainstone de la Formación Carrillo Puerto, en el Km 73 de la carretera federal 295.

Sección Tekom – Tepich – Francisco I. Madero.- Se localiza en la porción oriental y suroriental del área de estudio, en la carretera que comunica a los poblados de Tekom (coordenadas UTM 16Q 368148 E y 2277428 N) y Francisco I. Madero (coordenadas UTM 16Q 0394995 E y 2228348 N), en donde aflora mudstone/grainstone y brecha calcárea. El mudstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos 40 a 60 cm, constituido por fósiles (*Archaias* y *Sorites*), moldes de fósiles no identificados y corales, con fracturas llenas de calcita ferruginosa y disolución tipo lapíaz (**Fotografía 20**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta y masiva, constituida por clastos (2 a 20 cm) y bloques de 1 m, angulosos a subangulosos, mal clasificados de mudstone y wackestone, cementados por calcita, con cavernas de disolución y carsticidad tipo lapíaz.



Fotografía 20.- Mudstone/grainstone de la Formación Carrillo Puerto, en la comunidad San Bartolo.

Sección San Ramón - Trapich.- Se localiza en la porción suroriental de la carta, en la carretera que comunica a los poblados San Ramón (coordenadas

UTM 16Q 0382831 E y 2223086 N) y Trapich (coordenadas UTM 16Q 0380684 E y 2213132 N), en donde aflora packstone/grainstone y brecha calcárea. El packstone/grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono gris, de estructura compacta en estratos de 80 cm a masivos, constituidos por fósiles y moldes de gasterópodos y pelecípodos (3 cm), con fracturas llenas de calcita y casticidad tipo lapíaz (**Fotografía 21**). La brecha calcárea es de color beige en superficie fresca e intemperiza a tono blanquecino, de estructura semicompaacta y masiva, constituidas por fragmentos (1 a 40 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados de packstone cementados por carbonatos de calcio, con fracturas llenas de calcita y disolución tipo lapíaz.



Fotografía 21.- Packstone de la Formación Carrillo Puerto, en la comunidad de Trapich.

El espesor reportado para esta unidad es de varios centenares de metros (Butterlin J. et al., 1959), así mismo se han reportado rangos de 5 – 25 m de espesor (López R. E., 1973).

Se considera sobreyaciendo en concordancia a caliza y coquina del Oligoceno, sin embargo generalmente se observa sobreyaciendo en contacto discordante por un *hiatus* a la Formación Chichén Itzá.

Se considera una edad del Mioceno-Plioceno por su posición estratigráfica y fauna presente (Butterlin en E López R., 1973), en base a la presencia de *Archaias* sp., *Amphistegina* sp. *Peneroplis proteus* Orbigny, presentándose *Sorites* sp, *Peneroplis* sp, *Cyciolculina* y Ostrácodos, conteniendo además algas.

M. Álvarez Jr., (en E López R., 1973) consideró una edad del Mioceno inferior basándose en la presencia de *Venus* sp, *Turritella* sp, *Arca?* Y *Vermes* sp, así como briozoarios.

En muestras colectadas por CRM - INEGI 2004, se detectó la presencia de *Halimeda sp.* y *Nonion sp.* ubicándola en el Mioceno. Así mismo se han identificado foraminíferos *Halimeda sp.*, *Nonion sp.* con un rango de Mioceno Superior – Plioceno.

Es correlacionable con la Formación Encanto de la Cuenca de Veracruz.

El ambiente de depósito de esta unidad, corresponde a una plataforma somera.

En rocas de esta unidad se han desarrollado bancos de material de los que se extrae la roca calcárea para producir grava y arena que se utilizan para el relleno de carreteras y en la industria de la construcción, así como bloques para hacer losetas.

III.3. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

III.3.1.- Descripción de estructuras (*figura 6*).

III.3.2.- Deformación frágil.

Las unidades cenozoicas que conforman la plataforma de Yucatán se caracterizan por no presentar deformaciones que revelen los procesos tectónicos a que ha estado sujeta, toda vez que las capas apenas manifiestan ligeras inclinaciones con tendencia a la horizontal (**Fotografía 22**), que más bien se interpretan como basculamientos originados por una tectónica distensiva reciente, cuya estructura más importante es la falla Ticul.



Fotografía 22.- Ligera ondulación, de la Formación Chichén-Itzá, en el poblado de Xaya.



Fotografía 23.- Brecha cataclástica de la falla Ticul, en el poblado Calcehtok.

Falla Ticul. Se ubica desde la porción occidental hasta la porción sur de la carta teniendo sus mejores exposiciones a lo largo de la carretera federal No. 184 desde el poblado de Maxcanú hasta el sur de Tzucacab continuando al sureste hacia la Carrillo Puerto, presenta una buena expresión que se evidencia en la carta topográfica y más claramente en la imagen de radar (<http://seamless.usgs.gov>), que permiten definir su traza a lo largo de 115 km cruzando la carta con un rumbo NW-SE, verificándose en campo a la altura del poblado de Calcehtok (coordenadas UTM 16Q 0196393 E y 2276268 N), donde se manifiesta como una brecha cataclástica de 4 m de ancho, constituida por fragmentos calcáreos angulosos de 1 a 5 cm, inmersos en una matriz arenosa arcillosa con abundantes óxidos de fierro, (**Fotografía 23**) poniendo en contacto en la región de Maxcanú – Opichén a las formaciones Carrillo Puerto y Chichén Itzá, en el resto de su traza solo afecta a la Formación Chichén Itzá.

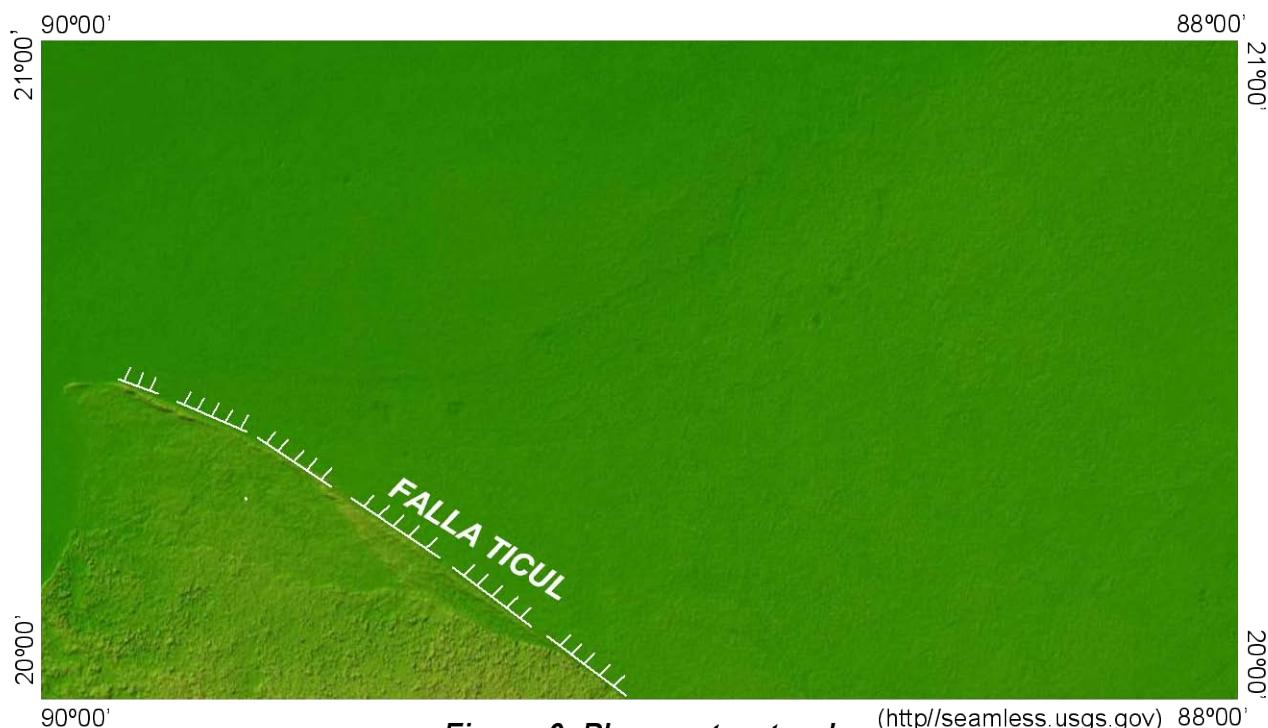


Figura 6. Plano estructural

(<http://seamless.usgs.gov>) 88°00'

III.4.- TECTÓNICA

El área de estudio queda comprendida dentro de la provincia geológica denominada Plataforma de Yucatán, cuya historia geológica está enlazada a la apertura del Golfo de México, iniciando en el Triásico superior, con la abertura del supercontinente Pangea, en el borde sur de la placa de Norteamérica, suceso que continuó durante el Jurásico inferior y medio.

La unión entre el Golfo de México y el Océano Atlántico pudo haberse iniciado durante el Kimmeridgiano, cuando el bloque Yucatán se desplaza hacia el SE a través de un sistema de fallas destrales que separaban las plataformas de Yucatán y Florida, es en este periodo cuando ocurrió la invasión de aguas marinas del Golfo que concentraron los carbonatos bajo condiciones someras y de alta energía, en el Tithoniano se depositan las facies de carbonatos arcillosos, en el Cretácico inferior en aguas más o menos profundas se depositan calizas batiales.

Entre el Cretácico medio y superior se manifiesta un relajamiento tectónico aunado a una gran transgresión marina que permitió el depósito de un espesor dominante de carbonatos en una plataforma que se extendió por casi todo México, mientras en el bloque yucateco se depositaba un paquete potente

de rocas evaporíticas que comprende la Península de Yucatán y el Banco de Campeche. Esta región no sufrió movimientos de gran intensidad durante el Mesozoico, a no ser un continuo hundimiento que permitió el depósito de secuencias carbonatadas y evaporíticas (López R. E., 1973).

A finales del Maastrichtiano al Eoceno inferior, se produce el levantamiento provocado por la Orogenia Laramide, como resultado de la convergencia entre la placa de América del Norte y la placa Farallón (Amos S., 1991) originando que en la margen continental del Golfo de México, la Sierra Madre Oriental emergiera por plegamiento y fallamiento y al pie de la misma se formaran una serie de cuencas y subcuencas (cuencas terciarias de Veracruz, Tabasco y Campeche), estas cuencas se hundían intermitentemente y se rellenaban con sedimentos provenientes de la Sierra Madre Oriental, en ambientes que variaban desde litorales hasta marinos someros y profundos, mientras que en la plataforma de Yucatán se depositan predominantemente carbonatos con cantidades menores de evaporitas (particularmente en el Paleoceno y Eoceno) alcanzando espesores que varían de 100 a 2000 m.

El nivel del mar ha fluctuado varias veces, desde el Terciario hasta el reciente, como consecuencia de ello las facies sedimentarias depositadas varían

entre plataforma somera hasta evaporíticas restringidas, en ambiente de supramarea.

Durante el Pleistoceno y el Holoceno por efectos de una transgresión el nivel del mar alcanzó cinco

metros arriba del actual (Ward W. C., et al, 1974), dando lugar a depósitos recientes caracterizados por zona de pantanos y de bioclastos derivados de las unidades más antiguas.

IV.- YACIMIENTOS MINERALES

IV.1. AGREGADOS PÉTREOS

La explotación se realiza en caliza, y brecha calcárea para producir agregados pétreos como: piedra para mampostería, grava y arena utilizada en la industria de la construcción, así como la roca alterada y deleznables que es utilizada como material de relleno para revestimiento de caminos y carreteras.

V.1.1.- Introducción

Los depósitos de minerales no metálicos se encuentran distribuidos en forma irregular en toda la carta, por lo general se reducen a bancos de productos pétreos, de los que se obtienen piedra para mampostería, grava, arena y sello (granzón) utilizados por la industria de la construcción tanto urbana (block, viguetas, etc.), como de infraestructura carretera

Se ubicaron un total de 77 bancos, de los cuales 23 de ellos producen agregados pétreos y de los 54 restantes se obtiene material de relleno que se utiliza como revestimiento en los caminos de la región.

IV.1.2.- Antecedentes

En la época precolombina los mayas utilizaron para la construcción de edificios y viviendas materiales de la región, los que edificaron sus pirámides y centros ceremoniales, la época colonial dio lugar a otro tipo de asentamientos que se caracterizó por la

construcción de fortificaciones, murallas, templos y haciendas henequeneras que también utilizaron materiales calcáreos. Actualmente se siguen utilizando en viviendas y edificaciones materiales de la región donde predomina la caliza.

La caliza puede ser utilizada como parquet para pisos y fachadas, y como materia prima en la fabricación de cal agrícola e hidratada.

IV.1.3. Infraestructura

En cuanto a infraestructura minera para beneficiar agregados pétreos, en la región existen 14 trituradoras que producen arena, grava y sello (granzón), a continuación se enlistan las principales características de cada una de ellas (**Figura 7**).

Trituradora Umán (Canteras Peninsulares).- Se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la comunidad de Umán (coordenadas UTM 16Q 215889 E y 2309957 N) tiene instalada una quebradora de quijadas de 4 pulgadas, con capacidad instalada de 350 m³/día, la producción que se obtiene es de 300 m³/día, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, arena y material de relleno, utilizados por la industria de la construcción.

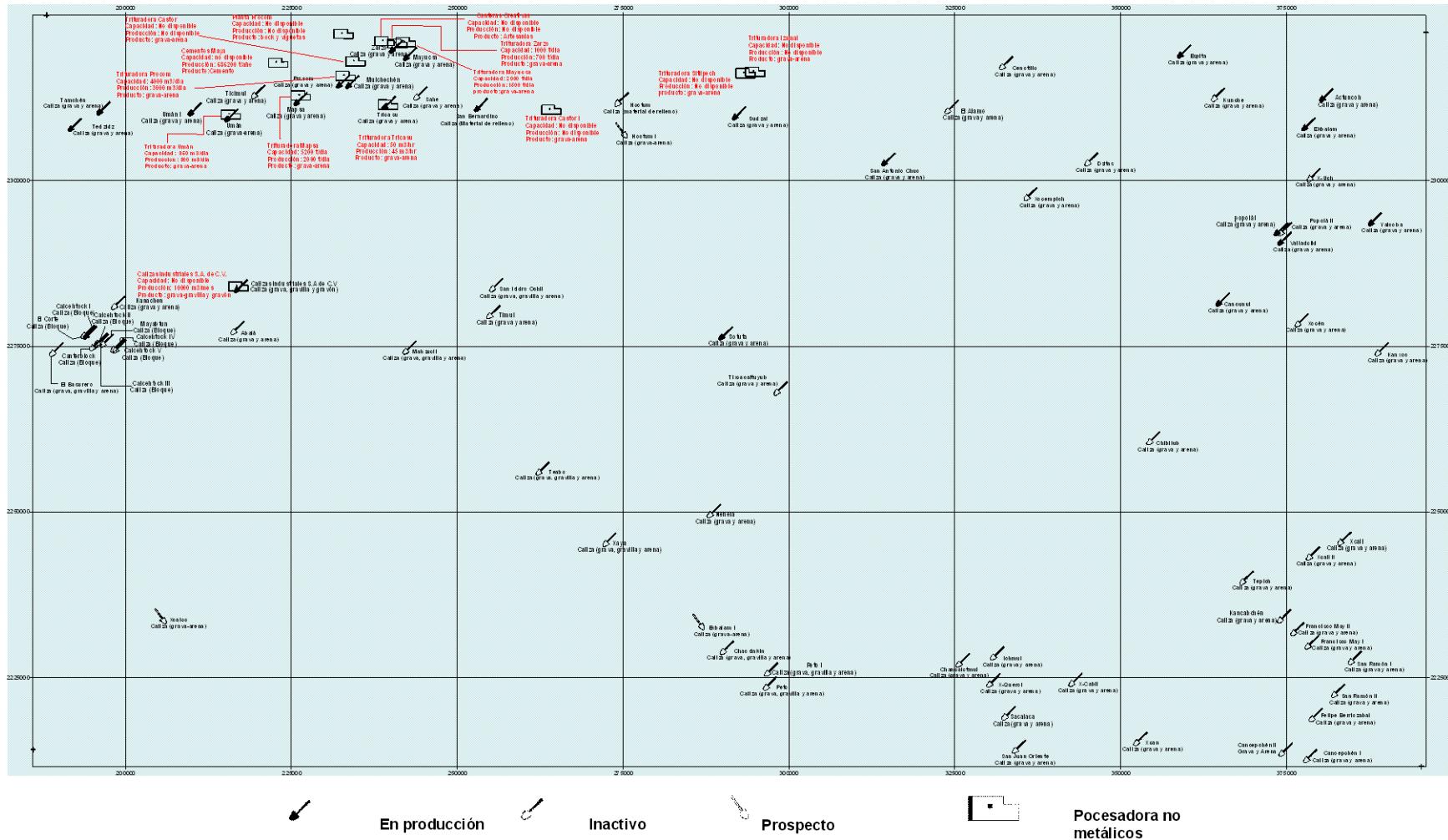


Figura 7. Bancos de material y procesadora no metálicos

Cementos Maya.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la ciudad de Mérida al norte del aeropuerto de la ciudad (coordenadas UTM 16Q 222993 E y 2317767 N) tiene una producción de 686200 t/ año, en esta planta se procesa caliza de la Formación Carrillo Puerto para la producción de cemento, utilizado en la industria de la construcción.

Trituradora Mapsa.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta 5 km al sur de la ciudad de Mérida sobre el anillo periférico de la ciudad (coordenadas UTM 16Q 226420 E y 2312813 N), tiene instalada una quebradora con rotor de martillos, con capacidad instalada de 5200 ton/día, la producción que se obtiene es de 2600 t/día, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, arena y material de relleno, utilizados por la industria de la construcción.



Fotografía 24.- Chimeneas labradas en la planta Canteras Creativas.

Trituradora Procom.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la comunidad de Kanasin 5 km al S 40° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 233171 E y 2315747 N) tiene instalada una quebradora con rotor de martillos de 50 x 42 pulgadas, con capacidad instalada de 4000 m³/día, la producción que se obtiene es de 3000 m³/día, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto los principales productos son: grava, gravilla, polvo (arena) y material de relleno, utilizados por la industria de la construcción.

Planta Procom.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta 3 km al este de la ciudad de Mérida sobre el flanco oeste del anillo periférico (coordenadas UTM 16Q 232900 E y 2322111 N), en esta planta se comercializa, procesa y fabrican productos cuya materia prima se obtiene de la caliza de la Formación Carrillo Puerto, como son: blocks, tubos y viguetas, con los materiales obtenidos tanto del banco como de la trituradora de la misma empresa, utilizados por la industria de la construcción.

Trituradora Castor.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco norte de la carretera Mérida-Cancún, en las inmediaciones de la comunidad de San pedro Nohpat 5 km al S 40° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 234671 E y 2317926 N), esta planta tiene instalada una quebradora de quijadas cuya capacidad instalada, se desconoce, actualmente se encuentra activa, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, arena y material de relleno, la producción que se obtiene es utilizada en la industria de la construcción.

Canteras Creativas.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco norte de la carretera Mérida-Izamal, 9 km al este de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 239059 E y 2321029 N), en esta planta realizan trabajos artesanales su producción esta sujeta a la demanda de sus productos, en ella se labran calizas de la Formación Carrillo Puerto, obtienen productos como: arcos, columnas, chimeneas, imágenes, etc., esculpidas por artesanos de la región, que son utilizadas como decoración y ornamento por la industria de la construcción (*Fotografías 24 y 25*).

Trituradora Tricasu.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta 25 kilómetros al S 45° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 239716 E y 2311672 N) tiene instalada una quebradora de impacto con capacidad de 50 m³ /hora y su



Fotografía 25.- Columnas labradas en la planta Canteras Creativas.

producción es de $45 \text{ m}^3 / \text{hora}$, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, polvo (arena) y material de relleno, la producción que se obtiene es utilizada por la industria de la construcción (**Fotografías 26 y 27**).

Trituradora Zarzo.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco sur de la carretera Mérida-Izamal, 8 km al este de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 241009 E y 2320662 N), tiene instalada una quebradora de quijadas de 30 pulgadas, con capacidad instalada de 1000 t/día, la producción que se obtiene es de 700 t/día, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos que se obtienen son: grava, gravilla, arena y material de relleno, utilizada en la industria de la construcción.

Trituradora Mayucsa.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco sur de la carretera Mérida-Izamal, 10 km al este de la ciudad

de Mérida (coordenadas UTM 16Q 242233 E y 2320838 N), tiene instalada una quebradora de quijadas de 30 pulgadas, con capacidad instalada de 2000 t/día, la producción que se obtiene es de 1500 t/día, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, arena y material de relleno, utilizados por la industria de la construcción.



Fotografía 27.- Vista parcial de la planta trituradora Tricasu



Fotografía 26.- Panoramica de la planta trituradora Tricasu.

Trituradora Sitolpech.- Se ubica al norte del área de estudio a 1.25 Km al este de la ciudad de Sitolpech (Coordenadas UTM 16Q 294919 E y 2316385 N), actualmente se encuentra en producción, no fue posible obtener información de su producción; pero se constato que cuenta con maquinaria, vehículos y equipo para la producción de agregados pétreos, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto empleada para producir grava y arena, que es utilizada por la industria de la construcción.

Trituradora Itzamal.- Se ubica al norte del área de estudio, 2.5 Km al oriente de la ciudad de Izamal (coordenadas UTM 16Q 293463 E y 2316157 N), actualmente se encuentra en producción, no fue posible obtener información de su producción; pero se constato que cuenta con maquinaria, vehículos y equipo para la producción de agregados pétreos, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, empleada para producir grava y arena, que es utilizada por la industria de la construcción (**Fotografía 28**).



Fotografía 28.- Vista parcial de la planta trituradora Itzamal.

Calizas Industriales S.A. de C.V.-Se localiza en la porción noroccidental del área de estudio 14 Km al norte de la ciudad de Muna (coordenadas UTM 16Q 217009 E y 2284010 N),tiene instalada una trituradora cuya producción es de 10,000 m³ / mes, cuenta con maquinaria y equipo necesario para su operación, como son: camiones de volteo de alto tonelaje (incluye tolvera), la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Chichén Itzá, para la producción de gravón grava y gravilla, utilizada por la industria de la construcción y para elaborar la mezcla para carpetas asfálticas (**Fotografía 29 y 30**).



Fotografía 29.- Panorámica de la planta Calizas Industriales S.A. de C.V.



Fotografía 30.- Vista parcial de la planta trituradora de Calizas Industriales S.A. de C.V.

Trituradora Castor 1.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco norte de la carretera Mérida-Hoctún, en las inmediaciones de la comunidad de Tahmek (coordenadas UTM 16Q 264171 E y 2310687 N), tiene instalada una quebradora de quijadas cuya capacidad instalada, se desconoce, actualmente se encuentra activa, la roca que aquí se tritura es caliza de la Formación Carrillo Puerto, los principales productos son: grava, gravilla, arena y material de relleno, la producción que se obtiene es utilizada en la construcción de la autopista Mérida-Cancún. (**Fotografía 31**).



Fotografía 31.- Panorámica de la planta trituradora El Castor 1.



Fotografía 32.- Corte y pulido de la muestra ME-02 colectada en el banco Umán, caliza con macrofósiles de la Formación Carrillo Puerto.

IV.I.4 Bancos en producción

Umán (Canteras Peninsulares).- Este banco se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la comunidad de Umán (coordenadas UTM 16Q 215961 E y 2309838 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 300 m de largo por 250 m de ancho y un desnivel de 3 m la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, de el se extrae la materia prima que beneficia la trituradora del mismo nombre, el producto obtenido después de ser procesado es utilizado en la industria de la construcción, se tomaron las **muestras ME-01 y ME-02** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión (**Fotografía 32**), obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-01 | 97.7 | 0.9 | 0.04 | 0.8 | 43.45 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta lo siguiente:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-02 | 2.11 | 7.57 | 256 | 256 | Mala |

MAPSA (Materiales Anillo Periférico).- Se localiza en la porción noroccidental de la carta 5 km al sur de la ciudad de Mérida sobre el anillo periférico de la ciudad (coordenadas UTM 16Q 226385 E y 2312295 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 3000 m de largo por 2000 m de ancho y un desnivel de 7 m, la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena, de el se extrae la materia prima que beneficia la trituradora del mismo nombre, el producto obtenido después de ser procesado es destinado para la industria de la construcción, se colectó la **muestra ME-03**, para análisis químico cuantitativo por carbonatos que reporto lo siguiente:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-03 | 97.5 | 0.8 | 0.1 | 1.54 | 43.29 |

En base al contenido de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

Procom.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la comunidad de Kanasin 5 km al S 40° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 232818 E y 2314932 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 4000 m de largo por 3000 m de ancho y un desnivel de 8 m, la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena, de el se extrae la materia prima que beneficia la trituradora del mismo nombre, el producto obtenido después de ser procesado es destinado para la industria de la construcción, se tomaron las **muestras ME-04 y ME-05** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión (**Fotografía 33**), obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-04 | 98.0 | 0.9 | 0.03 | 0.8 | 43.6 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.



Fotografía 33.- Corte y pulido de la muestra ME-05 colectada en el banco Procom, caliza fosilífera de la Formación Carrillo Puerto.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta los resultados siguientes:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-05 | 2.30 | 2.54 | 531 | 531 | Buena |

Mulchechen.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta en las inmediaciones de la

comunidad de Kanasin 5 km al S 40° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 234235 E y 2314853 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 3000 m de largo por 2000 m de ancho y un desnivel de 4 m, el material que de aquí se extrae caliche es de color ocre que varia a blanco, poco compacto, es utilizado como material de relleno y mantenimiento de los caminos de la región por la industria de la construcción, se tomaron las **muestras ME-06 y ME-07** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión, (**Fotografía 34**) obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-06 | 98.5 | 0.6 | 0.09 | 0.52 | 43.63 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.



Fotografía 34.- Corte y pulido de la muestra ME-07 colectada en el banco Mulchechen, caliza con macrofósiles de la Formación Carrillo Puerto.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta los resultados siguientes:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-07 | 2.26 | 5.11 | 238 | 384 | Mala |

Tricasu.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta 25 kilómetros al S 45° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 239716 E y 2311672 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 150 m de largo por 100 m de

ancho y un desnivel de 3 m, (**Fotografía 35**) el material que aquí se explota es producto de la alteración de la caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, la parte superior del banco esta representada por un boundstone (**Fotografía 36**) que a profundidad se está alterando a caliche, se utiliza en la industria de la construcción y para el revestimiento de terracerías y caminos de la región, se tomaron las **muestras ME-08 y ME-09** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión (**Fotografía 37**), obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-08 | 97.8 | 1.0 | 0.03 | 1.28 | 43.52 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.



Fotografía 35.-Panorámica del banco Tricasu.

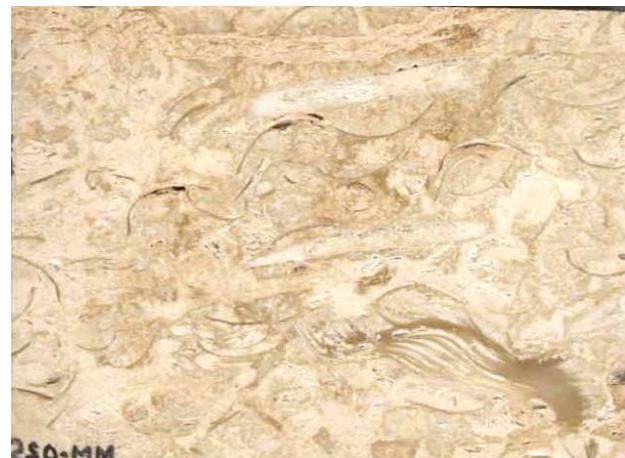


Fotografía 36.- Detalle de la parte superior del banco Tricasu.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas

ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta lo siguiente:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-09 | 2.03 | 5.03 | 231 | 231 | Mala |



Fotografía 37.- Corte y pulido de la muestra ME-09 colectada en el banco Tricasu, caliza fosilífera de la Formación Carrillo Puerto.

Zarzo.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco sur de la carretera Mérida-Izamal, 8 km al este de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 240830 E y 2320205 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 300 m de largo por 250 m de ancho y un desnivel de 3.5 m, la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, del que se extrae la materia prima que beneficia la trituradora del mismo nombre, el producto obtenido después de ser procesado es destinado para la industria de la construcción.

Mayucsa.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta sobre el flanco sur de la carretera Mérida-Izamal, 10 km al este de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 242878 E y 2319071 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular de 500 m de largo por 500 m de ancho y un desnivel de 3 m (**Fotografías 38 y 39**), la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, representadas en este lugar por caliza en estratos que varían de 20 a 40 cm, y en ocasiones en forma masiva, para producir grava y arena, de la se extrae la materia prima que utiliza la trituradora del mismo nombre, el producto obtenido es destinado para la industria de la construcción después de ser procesado, se tomaron las **muestras**

ME-10 y **ME-11** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión (**Fotografía 40**), obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-10 | 96.5 | 1.0 | 0.02 | 1.46 | 42.97 |

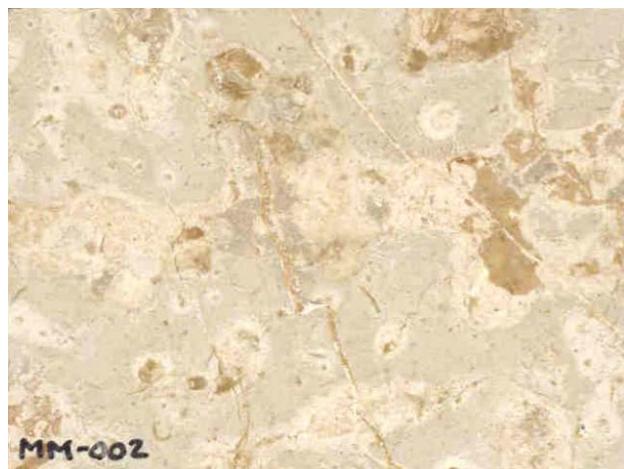
Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.



Fotografía 38.- Panorámica del banco Mayucsa.



Fotografía 39.-Detalle de la caliza fosilífera, en el banco Mayucsa.



Fotografía 40.- Corte y pulido de la muestra ME-11 de el banco Mayucsa, caliza fosilífera de la Formación Carrillo Puerto.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta los resultados siguientes:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-11 | 2.47 | 0.86 | 274 | 527 | Buena |

Sudzal.- Se localiza en la porción norte de la carta (coordenadas UTM 16Q 292501 E y 2310145 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto, de forma irregular con una longitud de 50 m, un ancho de 40 m y 8 m de desnivel, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena utilizada para recubrimiento de caminos, carpeta asfáltica y en la industria de la construcción, cuenta con maquinaria pesada, trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos (**Fotografía 41**).



Fotografía 41.- Panorámica del banco de material Sudzal.

San Antonio Chuc.-Se localiza en la porción norte del área de estudio en las inmediaciones del poblado San Antonio Chuc, (Coordenadas UTM 16Q 315005 E y 2303179 N) se trabaja por medio de un tajo a cielo abierto, de forma irregular con una longitud de 40 m un ancho 30 m y 8 m de desnivel el material que aquí se explota es caliza del Oligoceno para producir grava y arena utilizada para elaborar mezcla para carpeta asfáltica recubrimiento de caminos, y en la industria de la construcción, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos (**Fotografía 42**).



Fotografía 42.- Panorámica del banco San Antonio Chuc.

Espita.- Se localiza en la porción nororiental de la carta (coordenadas UTM 16Q 359600 E y 2319443 N), se trabaja por medio de un tajo a cielo abierto, tiene una longitud de 80 m, por 80 m de ancho y 3 m de alto, se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena utilizada por la industria de la construcción, para recubrimiento de caminos y carpeta asfáltica, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteo.

Ekbalam.-Se localiza en la parte nororiental de la carta 3 Km., al suroeste del poblado de Ekbalam

(coordenadas UTM 16Q 378367 E y 2308535 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 70 m, por 50 m de ancho y 3 m de alto se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizado en la industria de la construcción, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteo (**Fotografía 43**).



Fotografía 43.- Aspecto del prospecto ubicado en los alrededores de Ekbalam,

Actuncoh.-Se localiza en la parte nororiental de la carta 2.5 Km., al norte del poblado de Ekbalam (coordenadas UTM 16Q 381056 E y 2312865 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular tiene una longitud de 60 m, por 50 m de ancho y 3 m de alto donde se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizada para la elaboración de mezcla para carpeta asfáltica recubrimiento de caminos, y en la industria de la construcción, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteo.

Calcehtock I.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtock, (coordenadas UTM 16 Q 194645 E y 2277078 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto, de forma irregular con 50 m de longitud, 50 m de ancho y 6 m de altura, el material que se explota es caliza de tono rojizo de la Formación Chichén Itzá de la que obtienen bloques susceptibles de ser laminados para elaborar parquet utilizado como pisos y fachadas en la industria de la construcción (**Fotografía 44**).



Fotografía 44.- Vista del banco de material Calcehtock I.

Calizas Industriales S.A. de C.V.- Se localiza en la porción noroccidental 14 Km al norte de la ciudad de Muna en las (coordenadas UTM 16Q 217395 E y 2284069 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular tiene una longitud de 150 m, por 100 m de ancho y 6 m de alto la roca que aquí se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá para producir gravón, grava y gravilla, utilizados para elaborar mezcla para carpeta asfáltica, y en la industria de la construcción cuenta con equipo de carga camiones de volteo de alto tonelaje, se tomo la **muestras ME-18** para análisis químico cuantitativo por carbonatos obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-18 | 76.7 | 19.9 | 0.16 | 3.31 | 44.12 |

Por los contenidos de carbonato de magnesio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal agrícola.

Cancunul.- Localizado en la parte oriental de la carta 1 km al sur del poblado de Cancunul (coordenadas UTM 16Q 365411 E y 2282059 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular sus dimensiones se desconocen las rocas que aquí se explotan son calizas de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizada por la industria de la construcción.

Popolá 1.- Se localiza en la parte nororiental de la carta 2.5 Km al este del poblado de Popolá (coordenadas UTM 16Q 374213 E y 2292653 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular tiene una longitud de 80 m. de largo por 60 m. de ancho y 3.5 m. de alto, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto,

para producir grava y arena que se utiliza en la industria de la construcción.

Valladolid.- Ubicada en la porción nororiental del área de estudio, 3 Km al norte de la ciudad de Valladolid (coordenadas UTM 16Q 374763 E y 2291233 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular tiene una longitud de 200 m, por 200 m de ancho y 4 m de alto el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizado para recubrimiento de caminos, y en la industria de la construcción, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos.

Yalcoba.- Localizado en la parte nororiental de la carta a 7 km al suroeste del poblado Yalcoba (coordenadas UTM 16Q 388409 E y 2294141 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 80 m, por 75 m de ancho y 2.5 m de alto, se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizado en la industria de la construcción, el equipo con que cuenta es: trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos.

Tedzidz.- Se localiza en la porción nororiental de la carta, sobre la carretera que comunica a Tedzidz con Tamchén (coordenadas UTM 16Q 192341 E y 2308395 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 500 m de longitud por 200 m de ancho y 6 m de altura, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción (**Fotografía 45.**)



Fotografía 45.- Vista parcial del banco Tedzidz.

Tamchén.- Se localiza en la porción nororiental de la carta, entre los poblados de Tamchén y Samahil (coordenadas UTM 16Q 196680 E y 2310928 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con extensión de 200 m de largo por 200 m

de ancho y 6 m de altura, el material que aquí se explota es caliza fosilífera y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizadas por la industria de la construcción.

Umán I.- Se localiza en la porción nororiental de la carta, 1 km, al oeste del poblado de Umán, (coordenadas UTM 16Q 210445 E y 2310779 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 500 m de longitud por 200 m de ancho y 3 m de altura, el material que aquí se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizadas por la industria de la construcción (**Fotografía 46**).



Fotografía 46.- Panorámica del banco de material Umán I.

Sotuta.- Se localiza 500 m al sur del poblado de Sotuta, (coordenadas UTM 16Q 290515 E y 2276944 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 200 m de largo por 100 m de ancho y 5 m de alto, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá para producir grava y arena utilizadas por la industria de la construcción.

San Bernardino.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta, 25 kilómetros al S 50° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 253618 E y 2311414 N), este banco se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 100 m de largo por 80 m de ancho y un desnivel de 4 m, el material que aquí se explota es producto de la alteración de la caliza, de la Formación Carrillo Puerto, conocido como caliche se presenta en forma masiva, es de color blanco, poco compacto, dicho material se utiliza como base de revestimiento en la carpeta de la autopista Mérida-Cancún (**Fotografía 47**).



Fotografía 47.- Panorámica del banco San Bernardino.

IV.1.5 Bancos inactivos

El Álamo.- Se Ubica en la porción suroriental de la carta 1.5 Km al oeste de El Álamo, (coordenadas UTM 16Q 324593 E y 231109 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 100 m, por 80 m de ancho y 6 m de alto el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena utilizado para recubrimiento de caminos, y en la industria de la construcción, el equipo con que cuenta es: trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos (**Fotografía 48**).



Fotografía 48.- Vista parcial del banco El Álamo.

Cenotillo.- Se localiza en la porción nororiental de la zona de estudio en las inmediaciones del poblado de Dzitas (coordenadas UTM 16Q 332802 E y 2317735 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, tiene una longitud de 100 m, por 80 m de ancho y 6 m de alto, se explota caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena utilizada por la industria de la construcción, cuenta con trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos

Dzitas.- Se localiza en la porción nororiental de la zona de estudio en las inmediaciones del poblado de Dzitas (coordenadas UTM 16Q 345637 E y 2303223 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 20 m, por 40 m de ancho y 2 m de alto donde se explota caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena, utilizado en la industria de la construcción

Kunche.-Se localiza en la porción norte del área de estudio en las inmediaciones de la comunidad de Kunche (coordenadas UTM 16Q 364744 E y 2312965 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, con longitud de 100 m, por 80 m de ancho y 5 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo, Puerto para producir grava y arena utilizada en la industria de la construcción

X-Uch.-Se localizada en la parte nororiental de la carta a 3 Km. al suroeste del poblado de Ekbalam (coordenadas UTM 16Q 379139 E y 2300852 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, con una longitud de 50 m, por 60 m de ancho y 3.5 m de alto, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizado para recubrimiento de caminos de terracería, mezcla para carpeta asfáltica y en la industria de la construcción, cuenta con el siguiente equipo: trascabos, retroexcavadora y camiones de volteo.



Fotografía 49.- Aspecto del banco EL Corte ubicado al sur de poblado de Calcehtock, de donde se extraían bloques con hilo diamantado.

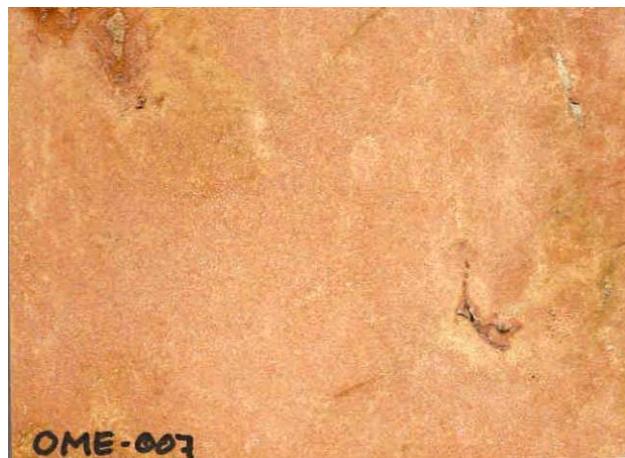
El Corte.- Se localiza en la porción occidental de la carta sobre la carretera que comunica de Maxcanú a Ticul en las inmediaciones de Calcehtok, en las (coordenadas UTM 16Q 194408 E y 2277365 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma rectangular, tiene una longitud 400 m por 300 m de ancho y 20 m de alto, donde se explota caliza de la

Formación Chichén Itzá de la que obtienen bloques cortados con hilo de diamante, susceptibles de ser laminados para elaborar parquet y loseta utilizadas como pisos y fachadas en la industria de la construcción, se tomaron las **muestras ME-15 ,ME-16 y ME-17** las dos primeras para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la tercera para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión, (**Fotografía 49 y 50**), obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-15 | 97.7 | 0.5 | 0.29 | 0.92 | 43.2 |
| ME-16 | 97.8 | 0.4 | 0.27 | 0.8 | 43.21 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

Haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta los resultados siguientes:

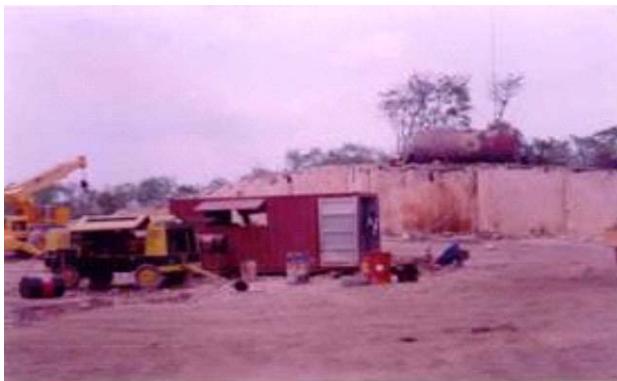


Fotografía 50.- Corte y pulido de la muestra ME-17 colectada en el banco El Corte.

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-17 | 2.18 | 4.73 | 410 | 410 | Mala |

Canterblock.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtok (coordenadas UTM Q16 195573 E y 2275391 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 100 m de longitud, por 50 m de ancho y 6 m de alto, el material que se explota es una brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, el material extraído de esta zona se

obtiene en bloques susceptibles de ser laminados para obtener parquet y loseta, utilizadas para recubrimiento pisos y fachadas en la industria de la construcción (**Fotografía 51**).



Fotografía 51.- Panorámica del banco de material Canterblock, donde se extraen bloques con hilo diamantado.



Fotografía 52.- Vista parcial del Banco Calcehtock II donde se extraían bloques, para corte y pulido.

Calcehtock II.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtock, (coordenadas UTM 16Q 196322 E y 2276073 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 100 m de largo, por 50 m de ancho y 6 m de altura, el material que se explota es caliza de color rojo ocre, de la Formación Chichén Itzá, el material extraído se saca en bloques para laminar de los que obtienen parquet y losetas utilizadas para recubrimiento de pisos y fachadas en la industria de la construcción (**Fotografía 52**).

Mayabtún.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtock (coordenadas UTM 16Q 197189 E y 2275934 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 100 m de largo, por 50 m de ancho y 7 m de alto la roca que se explota es

caliza de color rojo ocre de la Formación Chichén Itzá, del material extraído se sacan bloques para laminar de los que obtienen parquet y loseta, utilizadas para el revestimiento de pisos y fachadas por la industria de la construcción (**Fotografía 53**).



Fotografía 53.- Panorámica del banco material Mayabtún, donde se extraen bloques.

Calcehtock III.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtock, coordenadas (UTM 16Q 196468 E y 2275912 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 200 m de longitud, por 50 m de ancho y 6 m de altura, la roca que se explota es caliza de tono rojizo de la Formación Chichén Itzá, que se saca en bloques para laminar de los que se obtiene parquet y losetas utilizadas para el recubrimiento de pisos y fachadas por la industria de la construcción (**Fotografía 54**).



Fotografía 54.- Vista del banco Calcehtock III de donde se extraían bloques para la industria de la construcción.

Calcehtock IV.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtok, (coordenadas UTM 16Q 198803 E y 2275169 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 100 m de largo, por 40 m de ancho y 5 m de alto la roca que se explota es brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, el material se saca en bloques para laminar de los que

se obtiene parquet y losetas utilizadas para el recubrimiento de pisos y fachadas por la industria de la construcción (**Fotografía 55**).



Fotografía 55.- Vista parcial del banco de material Calcehtock IV.

Calcehtock V.- Se localiza al sur del poblado de Calcehtok, (coordenadas UTM 16Q 199083 E y 2275026 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 70 m de longitud, 30 m de ancho y 6 m de alto, el material que se explota es brecha calcárea de tono rojizo de la Formación Chichén Itzá que se extrae en forma de bloques para laminar de los que se obtienen parquet y losetas que son utilizadas para el recubrimiento de pisos y fachadas por la industria de la construcción (**Fotografía 56**).



Fotografía 56.- Vista del banco Calcehtock V de donde se extraían bloques.

San Isidro Ochil.- Se localiza en la porción noroccidental del área de estudio en el poblado de San Isidro Ochil en las (coordenadas UTM 16Q 255945 E y 2284262 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, tiene una longitud de 50 m, 30 m de ancho y 10 m de alto, del que se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizada para

recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción el equipo con que cuenta es: trascabo, retroexcavadora y camiones de volteos (**Fotografía 57**).



Fotografía 57.- Panorámica del banco San Isidro Ochil.

Xocempich.-Se localiza en la porción nororiental de la zona de estudio (coordenadas UTM 16Q 336474 E y 2297984 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular con una longitud de 40 m, por 40 m de ancho y 2 m de alto, se explota caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena utilizada para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción.

Popolá II.- Localizado en la parte nororiental de la carta, 2.5 Km al este del poblado de Popolá (coordenadas UTM 16Q 374802 E y 2292692 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuya longitud es de 50 m, por 80 m de ancho y 3 m de alto, se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena, utilizada por la industria de la construcción.

Xocén.- Se Ubica en la porción oriental del área de estudio, 2 Km al noroeste del poblado de Xocén (coordenadas UTM 16Q 377331 E y 2278974 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: una longitud de 70 m, 40 m de ancho y 2 m de alto, se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizada por la industria de la construcción.

El Basurero.-Se localiza en la porción occidental sobre la carretera que comunica de Maxcanú a la unidad Agrícola Vicente Guerrero, (coordenadas UTM 16Q 189620 E y 2274553 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 200 m, por 100 m de ancho y 8 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y

arena Este material se utilizó para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción.

Mahzucil.- Se localiza en la porción occidental del área de estudio en las inmediaciones del poblado de Mahzucil, (coordenadas UTM 16Q 242828E y 2274846 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, con una longitud de 50 m, por 40 m de ancho y 4 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizada para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción (**Fotografía 58**).



Fotografía 58.- Aspecto del banco de material Mahzucil.

Teabo.- Se localiza en la porción suroccidental de la carta en las inmediaciones de la comunidad de Teabo (coordenadas UTM 16Q 262906 E y 2256583 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 50 m, por 60 m de ancho y 3 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá para producir grava y arena, utilizado para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción (**Fotografía 59**).



Fotografía 59.- Vista parcial del banco Teabo.

Tixcacaltuyub.-Se Ubicada en la parte centro de la carta, 1.7 Km, al norte del poblado Tixcacaltuyub, (coordenadas UTM 16Q 298797 E y 2268673 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular de 10 m de largo por 10 m de ancho y 4 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá para producir grava y arena, utilizada para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción.

Chibilub.- Se localiza en la porción oriente de la carta en las inmediaciones del poblado de Chibilub (coordenadas UTM 16Q 355007 E y 2261145 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 100 m por 80 m de ancho y 6 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena utilizado para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción.

Kanxoc -Se Localiza hacia la parte oriental de la carta, 6 Km. Al sureste del poblado de Kanxoc (coordenadas UTM 16Q 389440 E y 2274598 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular con una longitud de 30 m por 60 m de ancho y 2 m de alto, se explota caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizada para recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción.

Xaya.- Se localiza en el poblado de Xaya, (coordenadas UTM 16Q 0272976 E y 2245845 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son de 300 m de longitud por 200 m de ancho y 6 m de alto, la roca que se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava, gravilla y arena utilizada por la industria de la construcción.

Chacsinkín.- Se localiza al sureste del poblado de Chacsinkín, (coordenadas UTM 16Q 0290682 E y 2229526 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son de 300 m de longitud por 200 m de ancho y 5 m de altura, la roca que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava, gravilla y arena que se utiliza en la industria de la construcción y para revestimiento de caminos (**Fotografía 60**).



Fotografía 60.- Vista parcial del banco Chacsinkin.

Peto I.- Se ubica en las inmediaciones del poblado de Peto, coordenadas (UTM 16Q 0297362 E y 2226249 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular, cuyas dimensiones son de 200 m de longitud, 200 m de ancho y 7 m de altura, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava, gravilla y arena que se utiliza para revestimiento de caminos y en la construcción (**Fotografía 61**).



Fotografía 61.- Panorámica del banco Peto I.

Chancalotmul.- Se ubica en la porción suroriental de la carta, en la comunidad de San Francisco (coordenadas UTM 16Q 0326241 E y 2227662 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son de 100 m de longitud por 80 m de ancho y 2 m de altura el material que se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá para producir grava y arena utilizada para recubrimiento de carreteras y en la industria de la construcción (**Fotografía 62**).

Ichmul.- Se ubica en la porción suroriental del área, 1.5 km al sur de la comunidad de Ichmul (coordenadas UTM 16Q 0331411 E y 2228684 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de

forma irregular, cuyas dimensiones son: 30 m de largo por 30 m de ancho y 2 m de alto el material que se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena utilizadas para revestimiento de carreteras y la industria de la construcción (**Fotografía 63**).



Fotografía 62.- Vista del banco Chancalotmul.



Fotografía 63.- Panorámica del banco Ichmul.

Tepich.- Está ubicado en la porción suroriental de la carta, al norte del poblado de Tepich (coordenadas UTM 16Q 369040 E y 22240081 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son: 300 m de longitud, 200 m de ancho y 5 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción **Fotografía 64**.



Fotografía 64.- Panorámica del banco Tepich.

Kancabchén.- Se encuentra en la porción suroriental de la carta, 3 km al sur de la comunidad de Balché (coordenadas UTM 16Q 0374682 E y 2234303 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son: 60 m de longitud por 50 m de ancho y 4 m de alto el material que se explota es brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que se utiliza para revestimiento de carreteras y por la industria de la construcción (**Fotografía 65**).



Fotografías 65.- Vista del banco Kancabchén.

Francisco May I.- Está ubicado en la porción suroriental de la carta, 2 km al norte de la comunidad de Francisco May, (coordenadas UTM 16Q 0378856 E y 2230365 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular de 100 m de longitud por 100 m de ancho y 5 m de alto, el material que aquí se explota es brecha calcárea de color beige de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que se utiliza para revestimiento de carreteras y como material de construcción (**Fotografía 66**).



Fotografía 66.- Panorámica del banco Francisco May I.

Francisco May II.- Localizado en la parte suroriental de la carta, 4 km al noroeste de la comunidad de Francisco May (coordenadas UTM 16Q 0376694 E y 2232375 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 40 m de largo por 50 m de ancho y 4 m de alto, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena que se utiliza para revestimiento de carreteras y en la industria de la construcción (**Fotografía 67**).



Fotografía 67.- Aspecto del banco de material Francisco May II.

Xcali I.- Está ubicado en la porción suroriental de la carta, 10 km al suroeste de la comunidad de San Silverio (coordenadas UTM 16Q 0383777 E y 2246042 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son: 40 m de largo por 30 m de ancho y 3 m de alto, el material que se explota es brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que es utilizada para revestimiento de caminos y por la industria de la construcción (**Fotografía 68**).



Fotografía 68.- Aspecto del banco Xcali I.

Xcali II.- Ubicado en la porción suroriental de la carta 11 km al noreste del poblado de Tepich (coordenadas UTM 16Q 0379039 E y 2243773 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son: 60 m de largo, 40 m de ancho y 4 m de alto el material que aquí se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción.

San Ramón I.- Se encuentra en la parte suroriental de la carta, en las inmediaciones del poblado del mismo nombre, (coordenadas UTM 16Q 0385379 E y 2228040 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular, cuyas dimensiones son: 200 m de largo por 100 m de ancho y 4 m de alto, el material que se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, que se utiliza para revestimiento de caminos y en la industria de la construcción (**Fotografía 69.**).



Fotografía 69.- Panorámica del banco San Ramón I.

Peto.- Se localiza al sureste del poblado de Peto, (coordenadas UTM 16Q 0247175 E y 2224172 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular de 200 m de largo por 200 m de ancho y 3 m de alto, el material que se explota es caliza de

color beige de la Formación Chichén Itzá, para producir grava, gravilla y arena que se utiliza en la industria de la construcción.

X-Querol.- Se localiza en la porción suroriental, 2 km al sur de la comunidad de X-Querol (coordenadas UTM 16Q 0330867 E y 2224626 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 60 m de longitud por 80 m de ancho y 3.5 m de alto, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena que se utiliza para revestimiento de caminos y en la industria de la construcción (**Fotografía 70.**)



Fotografía 70.- Vista parcial del banco X-Querol.

Sacalaca.- Ubicado en la porción suroriental de la carta, en la comunidad de Sacalaca (coordenadas UTM 16Q 0333170 E y 2219705 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma semicircular de 100 m de largo por 100 m de ancho y 2 m de alto el material que se explota es brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá para producir grava y arena utilizadas para revestimiento de caminos y para la industria de la construcción (**Fotografía 71.**)



Fotografía 71.- Vista parcial del banco Sacalaca.

San Juan Oriente.- Localizado en la parte suroriental de la carta, 4 km al suroeste de la comunidad de Sabán (coordenadas UTM 16Q 0334751 E y 2214693 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 70 m de largo por 40 m de ancho y 2 m de alto el material que aquí se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena utilizada para revestimiento de caminos y para la industria d la construcción.

X-Cabil.- Ubicado en la porción suroriental de la zona estudiada, 8 km al norte de la comunidad de Huay Max (coordenadas UTM 16Q 0343230 E y 2224756 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 200 m de longitud por 150 m de ancho y 3.5 m de alto, el material que aquí se explota es brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizada para el recubrimiento de caminos y en la industria de la construcción (**Fotografía 72**).



Fotografía 72.- Panorámica del banco X-Cabil.

Xcán.- Se ubica en la parte suroriental del área, 5 km al este de la comunidad de Xcan (coordenadas UTM 16Q 0354265 E y 2216248 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 60 m de longitud por 40 m de ancho y 2.5 m de alto, el material que se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que se utiliza para recubrimiento de carreteras y por la industria de la construcción.

Cancepchén II.- Se ubica en la parte suroriental del área estudiada, a 4.5 km de la comunidad de Felipe Berriozábal (coordenadas UTM 16Q 0374925 E y 2214211 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 60 m de longitud por 50 m de ancho y 4 m de altura, el

material que aquí se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que se utiliza para relleno de caminos y por la industria de la construcción (**Fotografía 73**).



Fotografía 73.- Vista del banco Cancepchén II.

Cancepchén I.- Localizado en la porción suroriental del área de estudio, en el poblado de Cancepchén (coordenadas UTM 16Q 0378639 E y 2213245 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 80 m de longitud por 60 m de ancho y 4 m de alto, el material que aquí se explota es caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizada para revestimiento de carreteras y en la industria de la construcción (**Fotografía 74**).



Fotografía 74.- Vista del banco Cancepchén I.

Felipe Berriozaval.- Ubicado en la porción suroriental de la carta, 2 km al noreste de la comunidad de Felipe Berriozaval (coordenadas UTM 16Q 0379447 E y 2219423 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 80 m de largo por 40 m de ancho y 4 m de alto, el material que se explota es brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena que se utiliza para

revestimiento de caminos y para la industria de la construcción (**Fotografía 75**).



Fotografía 75.- Vista del banco Felipe Berriozaval.

San Ramón II.- Ubicado en la porción suroriental de la carta 5 km al sur de la comunidad de San Ramón (coordenadas UTM 16Q 0382831 E y 2223086 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 120 m de longitud por 75 m de ancho y 5 m de alto, se explota caliza y brecha calcárea de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción (**Fotografía 76**).



Fotografía 76.- Vista parcial del banco San Ramón II.

Ticimul.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta, en las inmediaciones del poblado Tinil (coordenadas UTM 16Q 220005 E y 2313364 N) se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 600 m de largo por 400 m de ancho y 5 m de altura, el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena utilizadas por la industria de la construcción.

Timul.- Se localiza a 5 km al este en línea recta del poblado de Timul, (coordenadas UTM Q16 255526 E y 2280228 N), se explota por medio de un tajo a cielo

abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 100 m de longitud por 50 m de ancho y 5 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena utilizada por la industria de la construcción.

Abalá.- Se localiza entre los poblados de Abalá y Muna, (coordenadas UTM Q16 216903 E y 2277794 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 200 m de longitud por 100 m ancho y 6 m de alto, el material que se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto, para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción.

Canachen.- Se localiza en el poblado de Canachen, (coordenadas UTM 16Q 198926 E y 2281612 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 100 m de longitud por 50 m de ancho y 5 m de alto, se explota brecha calcárea en proceso de alteración a caliche, medianamente compacta y de estructura masiva, de la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena utilizadas como material de relleno y para la industria de la construcción.

Nenelá.- Se localiza en el poblado de Nenelá (coordenadas UTM 16Q 288751 E y 2250220 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular cuyas dimensiones son: 100 m longitud por 50 m de ancho y 5 m de alto, el material que aquí se explota es caliza a la Formación Chichén Itzá, para producir grava y arena, utilizadas por la industria de la construcción.

Sahé.- Se localiza en la porción noroccidental de la carta, 15 kilómetros al S 45° E de la ciudad de Mérida (coordenadas UTM 16Q 244482 E y 2313154 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 70 m de largo por 40 m de ancho y un desnivel de 3 m (**Fotografías 77 y 78**), el material que aquí se explota es caliza de la Formación Carrillo Puerto para producir grava y arena, utilizado para el revestimiento de los caminos de la región, se tomo la **muestra ME-12** para análisis químico cuantitativo por carbonatos obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-12 | 97.9 | 0.6 | 0.03 | 0.82 | 43.38 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.



Fotografía 77.- Panoramica del banco Sahe.



Fotografía 78.- Detalle del material explotado en el banco Sahe.

Hoctún.- Se localiza en la porción norte de la carta 5 km, al N 45° E de la comunidad de Hoctún (coordenadas UTM 16Q 274795 E y 2312259 N), se explota por medio de un tajo a cielo abierto de forma irregular de 50 m de largo por 30 m de ancho y un desnivel de 2.5 m, el material que aquí se explota es producto de la alteración de la caliza, de la Formación Carrillo Puerto, conocido como caliche (sascab), utilizado como material de relleno y revestimiento en los caminos de la región, en el piso del tajo se tomo la **muestra ME-13** para análisis químico cuantitativo por carbonatos obteniéndose los resultados siguientes:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-13 | 97.5 | 0.9 | 0.05 | 0.48 | 43.36 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

IV.1.6.-Prospectos.

Hoctún I.- Se localiza en la porción norte de la carta, cuatro kilómetros al este de la comunidad de Hoctún

(coordenadas UTM 16Q 274745 E y 2307608 N), aflora caliza en estratos gruesos y en ocasiones masiva (**Fotografía 79**), de la Formación Carrillo Puerto, de este lugar se colecto la **muestra ME-14**, para análisis químico cuantitativo por carbonatos que reporto lo siguiente:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-14 | 98.1 | 0.9 | 0.12 | 0.5 | 43.63 |



Fotografía 79.- Aspecto del prospecto Hoctún I, donde se puede explotar caliza en estratos gruesos a masivos, de la Formación Carrillo Puerto.

En base al contenido de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

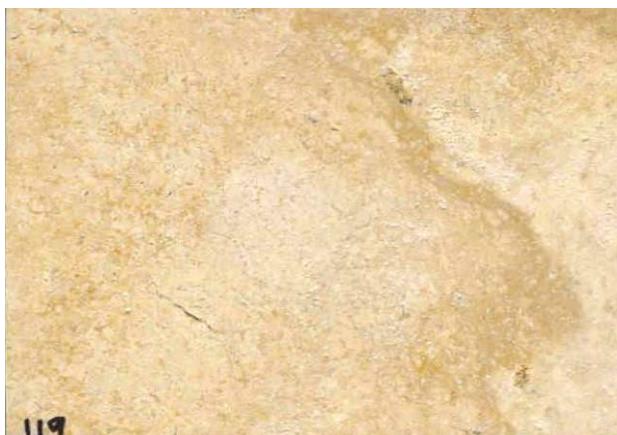
Xcalac.-Se localiza en las inmediaciones del poblado Xcaloc, (coordenadas UTM 16Q 0205268 E y 2234328 N), caliza color beige al fresco y gris oscuro al intemperismo en estratos de 50 cm a 1 m, intercalados con brecha calcárea de la Formación Chichén Itzá, de este lugar se colecto la **muestra ME-19**, para pruebas de corte, pulido y resistencia a la compresión (**Fotografía 80**), haciendo referencia a los requisitos de las normas ASTM-C-503-88 con relación al uso de materiales para acabados arquitectónicos y ASTM-C-568-1979 para construcción y propósitos estructurales, el laboratorio reporta lo siguiente:

| Muestra No. | Densidad Promedio | Absorción de Agua. | Resistencia a la compresión Kg/cm ² | | Calidad |
|-------------|-------------------|--------------------|--|---------|---------|
| | | | Cedencia | Ruptura | |
| ME-19 | 2.52 | 1.16 | 761 | 816 | Buena |



Fotografía 80.- Corte y pulido de la muestra ME-19 colectada en el banco Xcalac, brecha calcárea de la Formación Chichen-Itzà.

Ekbalam I.- Se localiza a 4 Km al norte del poblado de Ekbalam, coordenadas (UTM 16Q 0286411 E y 2233447 N), caliza de color beige al fresco y castaño al intemperismo, en capas de 20 cm a 1.20 m de la Formación Chichén Itzá, se observa bien litificada y presenta cavidades y fracturas llenas de calcita, se tomaron las **muestras ME-20 y ME-21** la primera para análisis químico cuantitativo por carbonatos y la segunda para corte y pulido (**Fotografía 81**).



Fotografía 81.- Corte y pulido de la Muestra ME-21 colectada en el banco Ekbalam I, caliza fosilífera de la Formación Chichen-Itzà.

En donde se obtuvieron los siguientes resultados:

| Muestra No. | CaCO ₃ % | MgCO ₃ % | Fe ₂ O ₃ % | Insoluble % | P x C % |
|-------------|---------------------|---------------------|----------------------------------|-------------|---------|
| ME-20 | 98.4 | 0.5 | 0.03 | 0.5 | 43.49 |

Por los contenidos de carbonato de calcio, este material se puede utilizar como materia prima para la elaboración de cal hidratada.

En la porción NW de área en las inmediaciones de Calcehtok, sobre la falla de Ticul se encuentran los bancos Calcehtok I, II, III, IV, V, Mayabtún y el Corte (antes descritos) que han trabajado intermitentemente, cuya característica principal es que de estos bancos se han obtenido bloques para laminar loseta y parquet para exportación, cabe mencionar que en esta área existe un potencial de 600,000,000 de m³, susceptibles de ser explotados, considerando un aprovechamiento del 60%, se obtendrían 360,000,000 de m³ para lo cual se requiere programar el método adecuado de explotación, instalar una laminadora y la infraestructura necesaria para su explotación.

V.- GEOQUIMICA

V.1.- INTRODUCCIÓN

Como parte del programa de cartografía geológico-minera se lleva a cabo, paralelamente, un muestreo de suelos. Las características de los suelos difieren en función de los aspectos geológicos, fisiográficos, y climáticos de una región. Estas condicionan sus perfiles típicos en cuanto al desarrollo (o ausencia) y extensión de los diferentes horizontes (A-C). Bajo el punto de vista de la geoquímica el horizonte B (de acumulación) presenta un gran interés, ya que es ahí donde suelen concentrarse de preferencia los elementos químicos.

Es importante aclarar en este sentido conviene estudiar en cada caso cual de los horizontes concentra de preferencia el elemento que estamos investigando. La toma de muestras y estudio del perfil del suelo permite conocer la evolución del contenido metálico en profundidad, y de esta manera posibilita el seleccionar el horizonte más adecuado. Se emplea la fracción menor a 80 mallas, El muestreo y análisis de suelos residuales es el método más empleado en prospección geoquímica. Este método de prospección es especialmente útil en las regiones con suelos profundos.

El resultado se presenta en cartas por percentiles independientes a este texto y en una interpretación por análisis factorial que a continuación se desarrolla.

V.2.- CONDICIONES AMBIENTALES

V.2.1.- Clima y vegetación

Clima.- Geográficamente, se encuentra delimitado entre las coordenadas geográficas 20°00' a 21° 00' de latitud norte y 88°00' a 90°00' de longitud oeste, cubriendo una superficie aproximada de 23,105 km².

Se localiza en la región sureste de la República Mexicana, queda incluida dentro de la Península de Yucatán. Comprende parte de los estados de Quintana Roo, Campeche y Yucatán, abarcando los municipios de Felipe Carrillo Puerto, y el Municipio de Hopelchén. Presentando cuatro variantes, cuya área de influencia puede

observarse en la aproximadamente el 65% de la carta presentando un clima tropical con lluvias intensas en verano (Am), mismo que abarca desde la porción central hasta el límite meridional; Por su parte, el clima tropical con lluvias en verano (Aw) se presenta en la porción central de la entidad. El clima seco estepario (Bs) se extiende en la porción septentrional de la carta, ocupa aproximadamente un 10%. Por último, el clima tropical con lluvias todo el año ocupa aproximadamente un 5% de la superficie, su distribución es en una franja de dirección oriente-poniente localizada en el extremo meridional de la entidad.

La precipitación anual fluctúa de 950 a 1,200 mm; en el área central varía de 1,200 a 1,500 mm. Los vientos dominantes son del Este y Sureste. En la mayor parte de la superficie estatal, los valores de precipitación oscilan, en promedio, de 800 a 1,200 mm (Vidal-Zepeda, 1989).

Vegetación.- En la carta Mérida, aproximadamente el 62% de la superficie estatal está cubierta por selvas densas. La selva alta perennifolia ocupa la porción suroccidental. Los árboles más representativos son el canshán o sombrerete (*Terminalia amazonia*), la caoba (*Swietenia macrophylla*), el palo de agua (*Perrottetia ovata*) o maca blanca (*Vochysia guatemalensis*) y el cedro (*Cedrela odorata*).

La selva mediana subperennifolia cubre las tierras altas, limitada por Chunchintok al noreste, en la cual predomina el pukté (*Bucida buceras*), el zapote (*Manilkara zapota*), la palma de guano, el chechén (*Metopium brownei*), el ramón (*Brosimum alicastrum*) y el palo de tinte (*Haematoxylum campechianum*).

La selva subcaducifolia ocupa una pequeña faja ondulante que va del sur, por Hopelchén hasta el estado de Yucatán. Dentro de su flora, se consideran especies de madera preciosa, como el guayacán (*Sweetia panamesis*) y el sircote (*Cordia dodecandra*) tintóreas, como el añil y el achiote (*Bixa orellana*) oleaginosas, como la palma de coco (*Cocos nucifera*) y la higuerrilla; medicinales, como la malva (*Malva sylvestris*) y el cantemój aromáticas, como la albahaca y la vainilla; textiles, como el algodón y el henequén (Niembro-Rocas, 1993) industriales, como el

zapote (*Manilkara zapota*) y el mangle y ornamentales, como el flamboyán (*Delonix regia*), el masculís, la palma real (*Roystonea elata*) y las orquídeas (*Bauhinia variegata*).

V.2.2.- Hidrografía.

Queda comprendida dentro de la provincia fisiográfica Plataforma de Yucatán (Raisz E., 1964)) la cual se caracteriza por presentar una superficie sensiblemente horizontal y una pequeña elevación (sierra de Ticul) de no más de 100 m sobre el nivel del mar, con una orientación noroccidental a suroriental.

Entre los elementos montañosos de la región destacan los cerros que se encuentran ubicados en las localidades de Maxcanú, Opicén, Muna, Ticul, Oxfutzcab, Tekax de Álvaro Obregón y Tzucacab. La red fluvial es casi nula, el escurrimiento es casi totalmente subterráneo, lo que ha dado origen a un gran sistema de formas cársticas, que incluyen dolinas cenotes y uvalas.

V.3.- PARÁMETROS GEOQUÍMICOS.

V.3.1.- Muestreo.

Para la programación del muestreo geoquímico de suelos, se empleó la carta topográfica Mérida F16-10 de INEGI, a escala 1:250,000, considerando la información geológico-minera existente del área, con la finalidad de ubicar los puntos de muestreo que por sus características definen la concentración de los iones metálicos en los sedimentos de un área específica.

Con la ubicación de las muestras en el plano correspondiente, se inició la recolección tomando el sedimento activo formado por partículas finas del tamaño de los limos y arcillas, con la ayuda de un cucharón de plástico, tratando de eliminar todo vestigio de materia orgánica. (**Fotografía 82**).

En el campo, la ubicación de las muestras se llevó a cabo con ayuda de un posicionador (GPS, Garmin 12XL), marcándola en el terreno con pintura y listón, conteniendo la nomenclatura y número de muestras. Al mismo tiempo se tamizó a -80 mallas, recolectando el sedimento en bolsas de papel kraft para su análisis, también se realizó el llenado de la ficha de control respectiva.

El total de muestras colectadas fue de 118 unidades, distribuidas en una superficie de

23,105 km² aproximadamente, lo cual arroja una densidad de una muestra por cada 237 km² (**figura No. 1**).



Fotografía 82.- Muestra aspecto de colección del muestreo geoquímico de suelos. Nótese la forma de recolectar el sedimento en su porción activa (horizonte B de acumulación) presenta un gran interés, ya que es ahí donde suelen concentrarse de preferencia los elementos químicos).

V.3.2.- Análisis

Las muestras se analizaron en el laboratorio del Organismo, mediante el método de emisión de Plasma (ICP), el cual consiste en digerir la muestra sólida en horno de microondas, para pasar a solución acuosa a través de una disolución parcial mediante agua regia; una vez que las muestras están en solución se filtran y se leen en el ICP, en forma directa los elementos: Ag, Al, Ba, Be, Ca, Cd, Co, Cr, Cu, Fe, K, Mg, Mn, Mo, Na, Ni, P, Pb, Sc, Sr, Ti, U, W y Zn.

Carta geológica-minera y geoquímica Mérida, clave F16-10, escala. 1:250,000

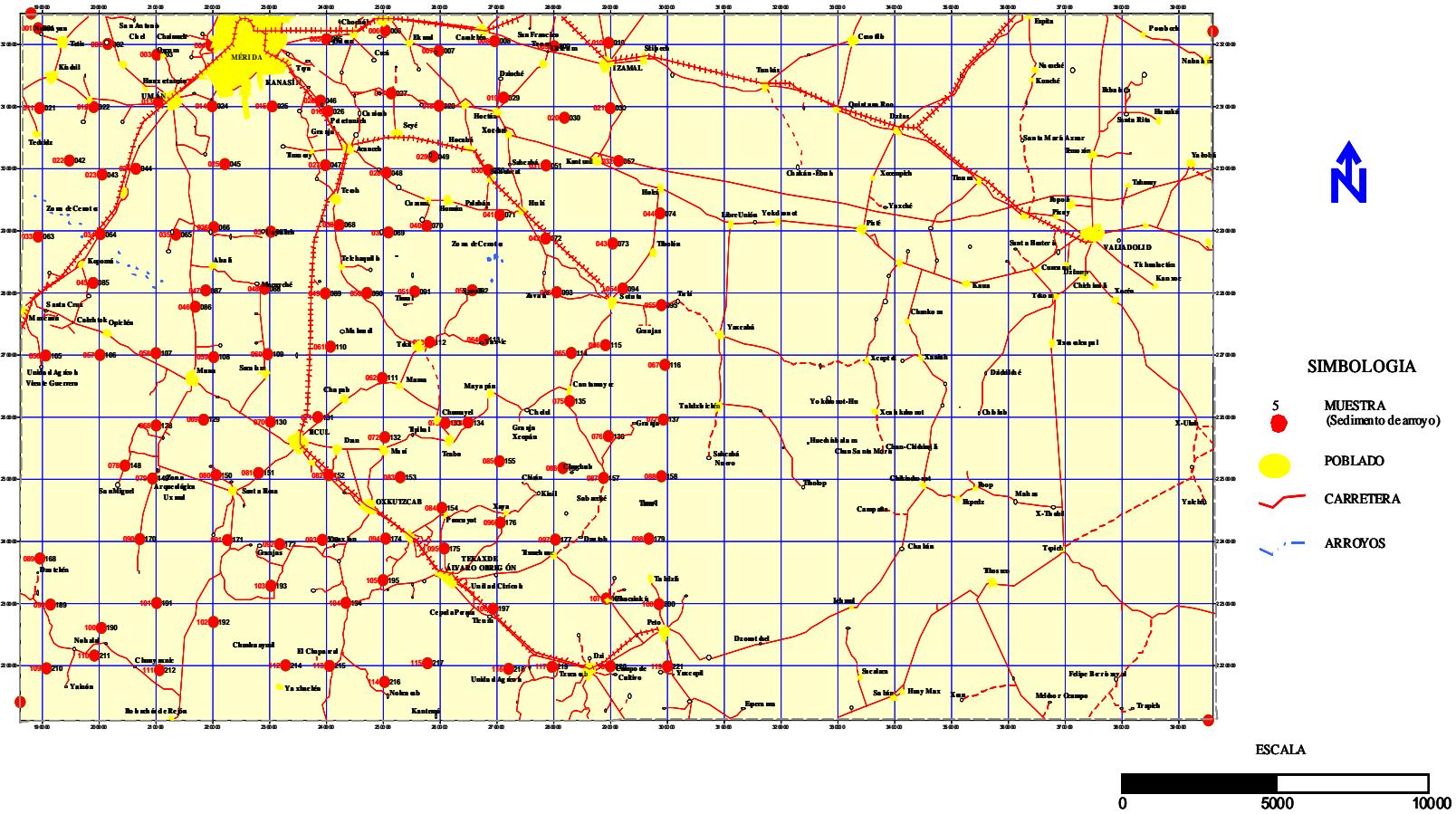


Figura No. 1.- Mapa de Distribución del Muestreo Geoquímico.

El As, Bi, Sb, Se, Sn y Te, se determinan de la misma solución a través de un generador de hidruros, debido a que este produce el hidruro de ese elemento, mejorando considerablemente su límite de detección al ser leídos en el ICP.

El Au se analiza mediante el método combinado ensaye–copelación lectura en absorción atómica, el cual permite bajar los límites de detección hasta 1 ppb.

En la **Tabla No. 1**, se muestra la técnica utilizada por el laboratorio y los límites de detección por elemento.

| DIGESTION | | ICP-EMISIÓN ESPECTROSCOPICA DE PLASMA | | | |
|-----------------------------------|-------------------------|--|-------|----|------|
| Agua Regia | (HCl-HNO ₃) | Ag | 0.8 | Mg | 2.0 |
| | | Al | 2.0 | Mn | 4.0 |
| | | Ba | 2.0 | Mo | 1.0 |
| | | Bi | 2.0 | Na | 8.0 |
| | | Be | 0.5 | Ni | 1.0 |
| | | Ca | 0.5 | P | 9.0 |
| | | Cd | 0.04 | Pb | 2.0 |
| | | Cr | 1.0 | Sc | 1.0 |
| | | Cu | 1.0 | Sb | 0.6 |
| | | Fe | 3.0 | Sn | 1.0 |
| | | K | 5.0 | Tl | 1.0 |
| GENERACION DE HIDRUROS | | | | | |
| | | As | 0.04 | Se | 0.9 |
| | | Bi | 0.09 | Sn | 0.12 |
| | | Sb | 0.25 | Te | 0.15 |
| ENSAYE AL FUEGO/LECTURA EN E.A.A. | | | | | |
| | | Au | 1 Ppb | | |

*Todos los elementos en ppm, con excepción del oro

V.4- INTERPRETACIÓN GEOQUÍMICA.

V.4.1.- Estudio de orientación.

Para el presente trabajo no se realizó estudio de orientación geoquímica.

V.4.2.- Afinidad de elementos.

La selección de elementos indicadores de la mineralización se basó en el resultado de la matriz de componentes rotada, la cual nos define el agrupamiento de elementos en base a la variación de los datos procesados dichos elementos son agrupados en factores, los cuales son ordenados de mayor a menor variabilidad de tal manera que el resultado está representado por un valor llamado eigenvalor mediante el cual se obtienen a los elementos agrupados en componentes principales o mayores.

Con el fin de facilitar la interpretación, del significado de los factores seleccionados, se llevó a cabo una rotación de los ejes factoriales, utilizando el método varimax, (software SPSS)

que efectúa una rotación ortogonal de los ejes factoriales, con la cual se consigue que la correlación de cada una de las variables sea lo más próxima a 1 con solo uno de los factores y próxima a cero con todos los demás (tabla de matriz de correlación rotada (**Tabla No. 2**).

La matriz de componentes rotada, debido a que es una técnica de la estadística multivariante nos indica que de existir una población de importancia ubicada atrás de la nubosidad principal podríamos verla y ubicarla en alguno de los factores de tal manera que el valor de cada celda nos muestra a los elementos cuyos componentes son principales, de esta manera se tomo a los elementos con un eigenvalor igual o mayor de 0.5.

De acuerdo a estas consideraciones se definió un factor o componente donde el componente uno es el que agrupa a los elementos calcofilos los cuales tienen afinidad con el azufre para formar sulfuros, además de contener la mineralización que pudiera haber en los yacimientos que se encuentran en la carta, como se puede observar en la *tabla No.2* este componente presenta también elementos litofilos y siderofilos los cuales no fueron tomados en cuenta en la determinación de elementos indicadores de la mineralización de esta manera se tomo como elementos principales a: Pb, Cu, Zn y As.

| | 1 | 2 | 3 |
|----|---------|----|---------|
| Fe | 0.931 | P | 0.818 |
| Mn | 0.89 | Cl | 0.731 |
| As | 0.86 | Ba | 0.729 |
| Be | 0.639 | K | 0.701 |
| Pb | 0.831 | Zn | 0.637 |
| Sc | 0.627 | Al | 0.553 |
| Cr | 0.666 | Mg | 0.53 |
| Ni | 0.55 | Ni | 0.523 |
| Al | 0.546 | Sr | 0.493 |
| Zn | 0.43 | Be | 0.384 |
| Ba | 0.276 | Cr | 0.328 |
| K | 0.218 | Sc | 0.268 |
| Cu | 0.195 | As | 0.227 |
| Na | -0.0204 | Fe | 0.193 |
| Au | -0.121 | Ca | 0.192 |
| P | -0.141 | Pb | 0.144 |
| Mg | -0.575 | Mn | 0.119 |
| Si | -0.655 | Na | 0.101 |
| Ca | -0.866 | Au | 0.03496 |

Método de extracción: Análisis de componentes
Método de rotación: Normalización Varimax con
a La rotación ha convergido en 8 iteraciones.

Tabla No.2.- Matriz de Correlación Rotada, Población Final

Una vez determinados los elementos indicadores de la mineralización se definieron los parámetros de cada uno tomando en consideración la población total de muestreo

(**Tabla No. 3**), así mismo ayudara para realizar la distribución de ellos en el espacio en relación al valor de fondo, umbral y valor anómalo.

Como se podrá observar los elementos Au y Ag; en el resultado de la matriz de componentes rotada, estos no resultaron dentro del agrupamiento con ningún elemento, pero se decidió incluirlos debido al ambiente geológico de la carta. (**Figuras No. 4 y 5**)

Considerando como elementos indicadores de la mineralización a: Au, Ag, Pb, Cu, Zn, As, Fe y Ni; definiendo los parámetros estadísticos de cada uno de ellos, que serán considerados en la interpretación de los elementos metálicos.

| Elemento | Valor de Fondo | Valor Umbral p.p.m | Valor Anómalo p.p.m. |
|----------|----------------|--------------------|----------------------|
| Au | 6.659 | 6.660 - 12.275 | 12.276 |
| Ag | 4.102 | 4.103 - 6.431 | 6.432 |
| Pb | 26.713 | 26.714 - 37.978 | 37.979 |
| Cu | 25.219 | 25.220 - 34.720 | 34.721 |
| Zn | 48.448 | 48.449 - 71.375 | 71.376 |
| As | 16.782 | 16.783 - 23.68 | 23.69 |
| Fe | 4.968 | 4.969 - 6.761 | 6.762 |
| Ni | 41.010 | 41.010 - 61.174 | 61.175 |

Tabla No.- 3 Parámetros estadístico de los elementos indicadores de la mineralización considerando la población total del muestreo.

V.4.3.- Interpretación de elementos metálicos

Mediante el análisis de agrupamiento de elementos se definieron las zonas de interés geoquímico más importantes las que al conjugarse con zonas de interés geológico-minero permiten caracterizar su importancia y proponerlas como áreas prospectivas que podrán utilizarse como flancos directos de exploración minera.

No obstante que se determinaron las áreas más importantes con los mapas de agrupamiento de elementos se desarrollaron mapas monoelementarios con la finalidad de correlacionar su distribución con el obtenido del análisis factorial. Tomando en consideración lo anterior se realizó la distribución espacial de aquellos elementos cuya afinidad caracteriza a las zonas de posibles yacimientos minerales, quedando en el factor uno los elementos: Pb y As; en el factor dos el elemento Cu y Zn; los cuales se distribuyen en el espacio y se determinaron las áreas más importantes desde el punto de vista geoquímico.

La afinidad de elementos de los agrupamientos F1, F2 es de tipo calcófila y de acuerdo a su distribución, se observó que los elementos del factor uno Pb y As; los del factor dos Cu y Zn; determinan una amplia cobertura distribuida en toda la carta (**Figuras No. 2 y 3**), la cual se menciona a continuación: Formación Chichén Itzá (*Te Cz-Mg*) Se distribuye en la porción occidental, suroccidental, centro, y sur de la zona de estudio. Generalmente esta constituida por un paquete carbonatado conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas (**Fotografía 83**).



Fotografía 83.- Intercalación de grainstone y brecha calcárea localidad al sur del poblado de Muna, perteneciente a la Formación Chichén Itzá.

Caliza - coquina (*To (?) Cz-Cq*): En la porción norte de la zona de estudio se observó un afloramiento de aproximadamente 4.300 km² de rocas con fósiles diferentes a los que contienen las formaciones Chichén Itzá y Carrillo Puerto, y se consideran que pueden corresponder a depósitos del Oligoceno. Consta de un paquete carbonatado de mudstone/grainstone y boundstone (**Fotografía 84**).

Formación Carrillo Puerto (*Tmpl Cz-Cq*). Se distribuye en los sectores norte, nororiental oriental y suroriental del área de estudio. Esta constituida por un paquete carbonatado conformado por mudstone, wackestone, grainstone, packstone, boundstone y brechas calcáreas (**Fotografía 85**).

Como se podrá observar los elementos Au y Ag; en el resultado de la matriz de componentes rotada, estos no resultaron dentro del agrupamiento con ningún elemento, pero se decidió incluirlos debido al ambiente geológico de la carta.



Fotografía 84.- boudstone con equinodermos, localidad en el poblado Holcá, Chichén Itzá.



Fotografía 85.- Mudstone/Grainstone, localidad en el kilómetro 73 de la carretera federal 295, perteneciente a la Formación Carrillo Puerto.

Los elementos oro y plata, de acuerdo a su distribución, se observó que determina una zona anómala en el área de estudio (**Figuras No. 4 y 5**), las cual se menciona a continuación: la anomalía de oro se localiza en la porción centro-norte de la carta cercano al poblado Sanahcal; se encuentran expuestas rocas de Formación Chichén Itzá aflora mudstone, grainstone y brecha calcárea. El mudstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, estructura compacta en estratos de 60 cm a 1 m, constituida por fósiles y moldes (2 cm) de foraminíferos, pelecípodos, gasterópodos, fracturas llenas de material terrígeno y carsticidad tipo lapiaz.

El grainstone es de color beige en superficie fresca e intemperiza en tono gris, de estructura compacta en estratos y lentes de 30 cm a 1 m, constituida por fósiles de foraminíferos, con carsticidad tipo lapiaz. La brecha calcárea es de

color beige e intemperiza a gris oscuro, de estructura compacta, en estratos de 0.80 m, constituida por fragmentos (1 a 8 cm) subangulosos a subredondeados, mal clasificados de mudstone y grainstone soportados por un cementante de calcita, con fracturamiento intenso relleno de calcita ferruginosa (**Fotografía 86**).



Fotografía 86.- Mudstone/grainstone calcárea con disolución de los carbonatos en forma circular, localidad cercano al poblado Sanahcal, perteneciente a la Formación Chichén Itzá.

La anomalía de plata se encuentra determinada en una amplia cobertura distribuida en toda la carta, la cual se menciona a continuación: Formación Chichén Itzá (*T_e Cz-Mg*) Se distribuye en la porción occidental, suroccidental, centro, y sur de la zona de estudio. Generalmente esta constituida por un paquete carbonatado conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas.

Caliza - coquina (*To (?) Cz-Cq*): En la porción norte de la zona de estudio se observó un afloramiento de aproximadamente 4.300 km² de rocas con fósiles diferentes a los que contienen las formaciones Chichén Itzá y Carrillo Puerto, y se consideran que pueden corresponder a depósitos del Oligoceno. Consta de un paquete carbonatado de mudstone/grainstone y boundstone

Formación Carrillo Puerto (*Tmpl Cz-Cq*). Se distribuye en los sectores norte, nororiental oriental y suroriental del área de estudio. Esta constituida por un paquete carbonatado conformado por mudstone, wackestone, grainstone, packstone, boundstone y brechas calcáreas

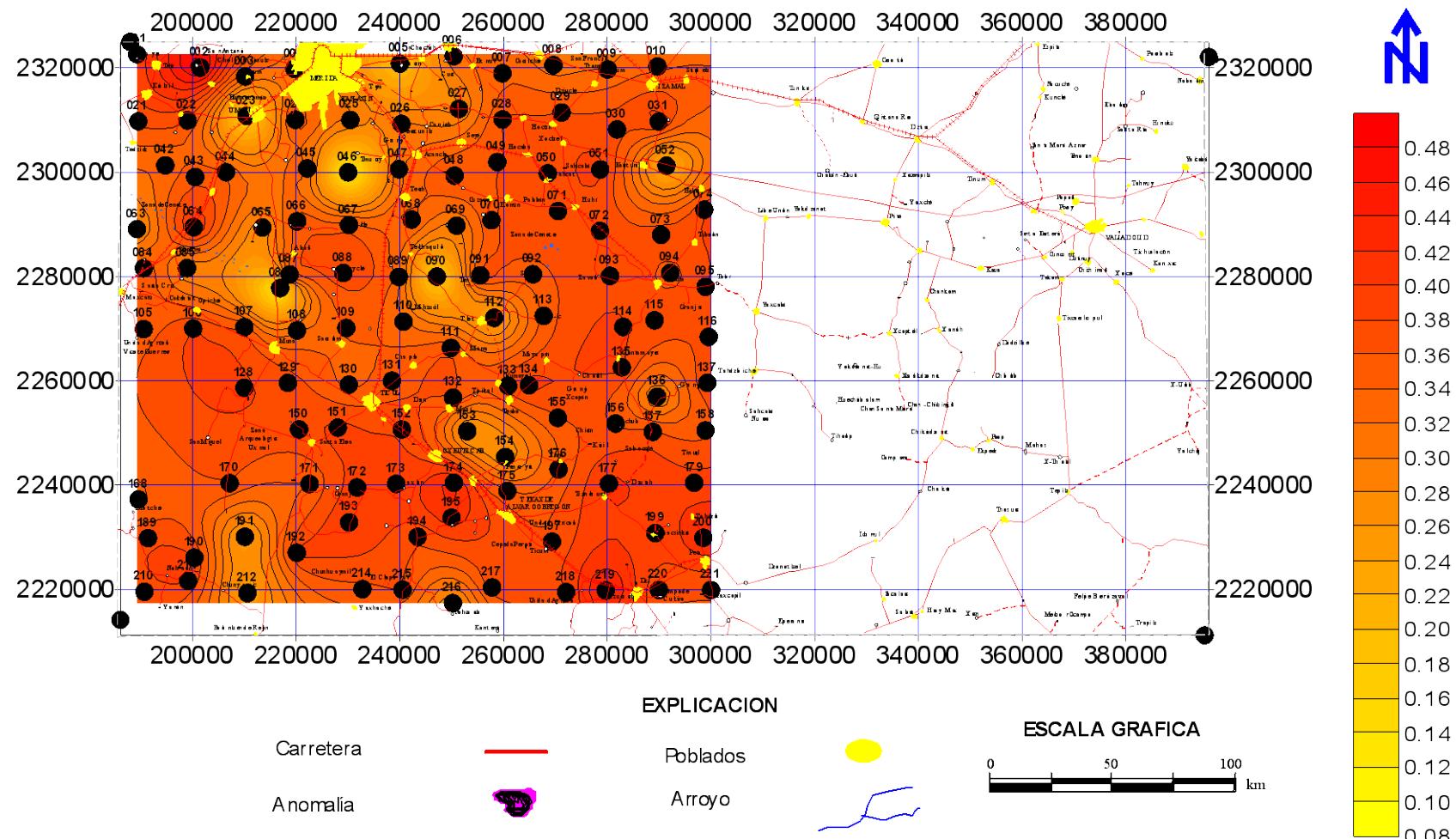


Figura No. 2.- Mapa geoquímico de Distribución de la Asociación del Factor F1, determinado en la población final (Pb y As).

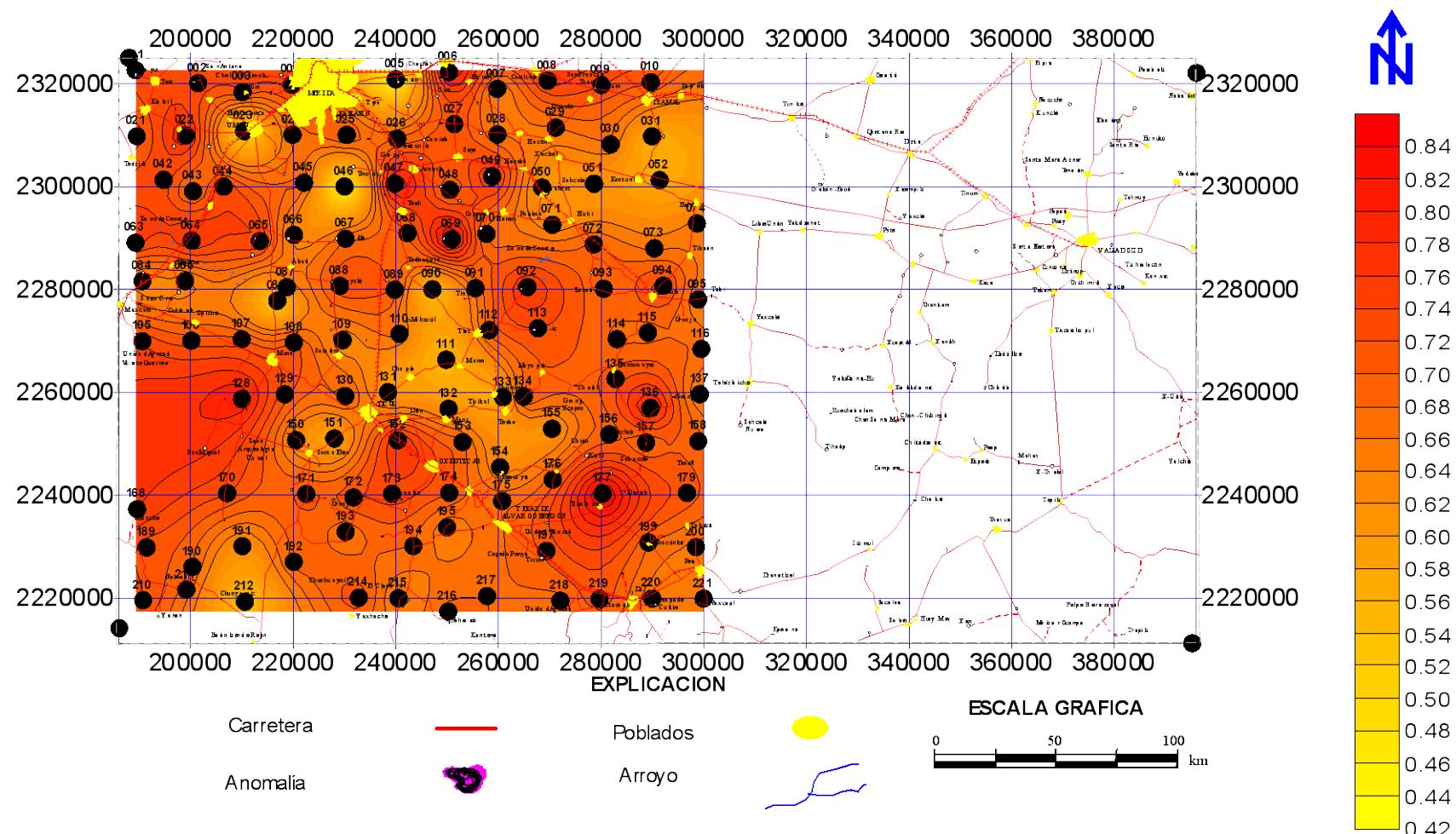


Figura No. 3.- Mapa geoquímico de Distribución de la Asociación del Factor F2, determinado en la población final (Cu y Zn).

Carta geológica-minera y geoquímica Mérida, clave F16-10, escala. 1:250,000

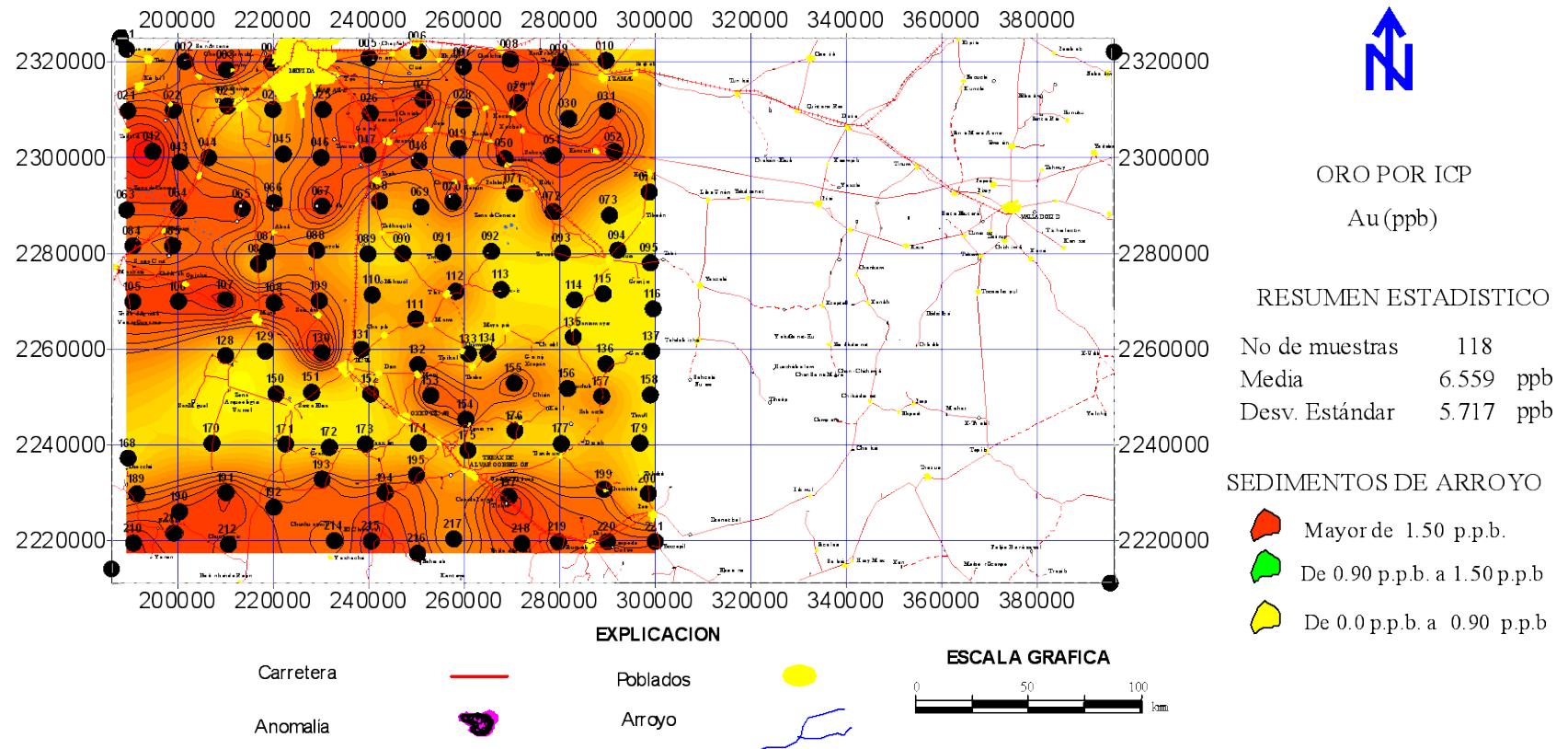


Figura No. 5.- Mapa geoquímico de Distribución de Oro.

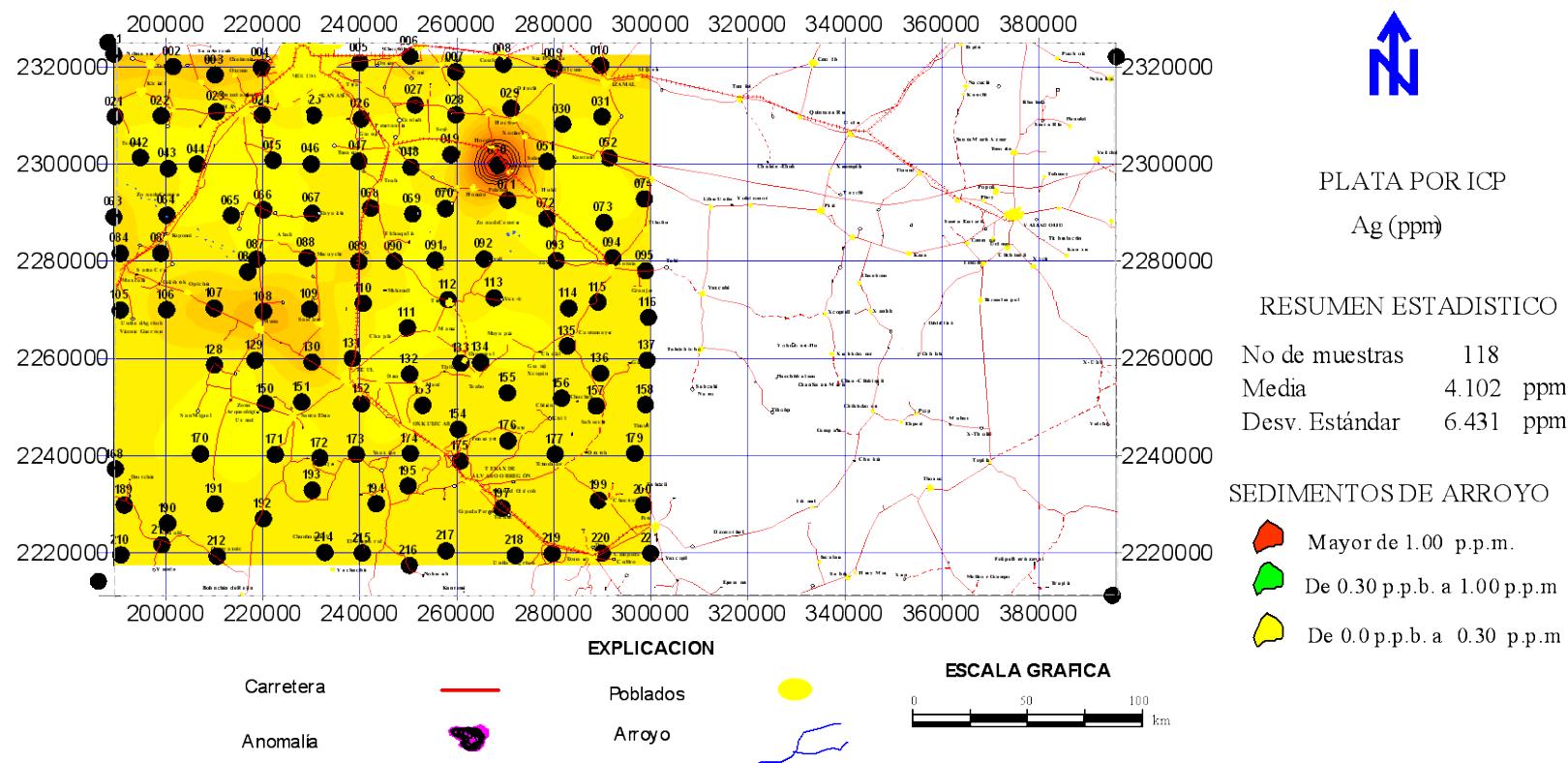


Figura No. 4.- Mapa geoquímico de Distribución de Plata.

VI.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Conclusiones

Se propone hacer un estudio paleontológico detallado para la unidad identificada en campo como Caliza – coquina del Oligoceno y definir con claridad si pertenece o no al *hiatus* que hay entre las formaciones Carrillo Puerto y Chichén Itzá.

El muestreo programado para la carta Mérida se cumplió en su totalidad, colectando 118 unidades, distribuidas en una superficie de 23,105 km² aproximadamente, lo cual arroja una densidad de una muestra por cada 237 km².

Para el presente trabajo no se realizó estudio de orientación geoquímica, debido a que no se presentaron las condiciones necesarias para la realización de esta actividad, principalmente por que las localidades mineras conocidas se encuentran inactivas y se desconoce en gran parte sus antecedentes de producción lo que propiciaría el contar con información poco confiable y errónea.

Mediante el análisis multivariable realizado para la población total del muestreo, se pudo observar que el agrupamiento de la afinidad de elementos de los agrupamientos F1, F2 es de tipo calcófila y de acuerdo a su distribución, se observó que los elementos del factor uno Pb y As; los del factor dos Cu y Zn; determinan una amplia cobertura distribuida en toda la carta la cual se menciona a continuación:
Formación Chichén Itzá: Se distribuye en la porción occidental, suroccidental, centro, y sur de la zona de estudio. Generalmente esta constituida por un paquete carbonatado conformado por grainstone, wackestone, brecha calcárea y horizontes de margas.

Caliza - coquina: En la porción norte de la zona de estudio se observó un afloramiento de

aproximadamente 4.300 km² de rocas con fósiles diferentes a los que contienen las formaciones Chichén Itzá y Carrillo Puerto, y se consideran que pueden corresponder a depósitos del Oligoceno. Consta de un paquete carbonatado de mudstone/grainstone y boundstone
Formación Carrillo Puerto: Se distribuye en los sectores norte, nororiental oriental y suroriental del área de estudio. Esta constituida por un paquete carbonatado conformado por mudstone, wackestone, grainstone, packstone, boundstone y brechas calcáreas

Recomendaciones

Se recomienda hacer un estudio de geofísica para detectar si la traza interpretada en la imagen de radar de la falla Ticul se continúa al sureste.

En la porción sur de la zona de estudio, aflora la Formación Carrillo Puerto, en un área aislada donde no se encontró una relación estratigráfica clara de esta, con la unidad Chichén Itzá por lo cual se sugiere realizar un estudio paleontológico.

De acuerdo a la distribución de la asociación de los factores uno y dos, los cuales resultaron del análisis multivariable, es recomendable realizar un programa de exploración a semidetalle-detalle ya que la zona anómala de mayor intensidad no se encuentra relacionada a alguna área mineralizada lo cual la hace más atractiva geoquímicamente en la carta.

Caracterizar las áreas de interés geoquímico obtenido de la distribución de oro y plata mediante estudios subsecuentes de exploración minera.

VII.- PROBLEMAS NO RESUELTOS

En la porción norte se presenta un área de 4.300 km² aproximadamente, donde afloran rocas carbonatadas del Terciario (Oligoceno) que tentativamente le denominamos, Caliza – coquina, ya que presenta fósiles distintos a los de la Formación Chichén Itzá y Carrillo Puerto, como son: briozoarios y equinodermos

No se logró definir con claridad el espesor de las unidades de Carrillo Puerto y Chichén Itzá debido a que los afloramientos no lo permitieron y la topografía es sensiblemente horizontal.

En la porción occidental y sur de la carta a la altura del poblado de Calchetok (coordenadas UTM 16Q 0196393 E y 2276268 N) se observó la brecha cataclástica indicativa de una estructura de falla normal (Falla Ticul), sin embargo siguiendo la traza de la falla hacia el suroriental la zona no permite definir su expresión.

En la porción sur de la zona de estudio se cartografió un área restringida de la Formación Carrillo Puerto, es necesario definir si en realidad corresponde a esta unidad o es parte de la Formación Chichén Itzá.

BIBLIOGRAFÍA:

- Aguilar N. M., (1979). Proyecto de Consultas al gobierno de Yucatán Prospección Geología – minera en parte central de la Península de Yucatán. México D.F. Paralelos 19° 00' a 21'00 y los meridianos W.C. de 88'00 a 91'00 aproximadamente.
- Amos S., (1991). The geology of North America, volumen J, The Gulf of México Basin, Departament of Geological Sciences, The University of Texas at Austin.
- Butterlin J. y Bonet F., (1959). Las Formaciones Cenozoicas de la parte mexicana de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología. Península de Yucatán, margen meridional del Golfo de México. 17° a 22° y 87° a 93°
- Campa, U.M. F., an Coney, P., 1983, Tectonostratigraphic terranes and mineral resource distribution in Mexico, Canadian Journal Earth Science, vol. 30, pp. 104-105
- Cántu C. A., (2004). Evidencias del fin del Cretácico según estudios de pozos petroleros en Yucatán. Instituto Politécnico Nacional. Págs. 16-20.
- Cántu C. A., (2004). El límite Cretácico – Cenozoico y su relación con un posible impacto de un cuerpo extraterrestre en Yucatán Instituto Politécnico Nacional. Revista. Petroquimex. Págs. 20-24
- de Pablo L. G., (1996). Palygorskite In Eocene-Oligocene Lagoonal Environment, Yucatán, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Volumen 13 Núm.1, p. 94-103 Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, México D.F 89'00 and 90'25' W. and 18'25' to 18'70' N.
- Huber J. L. - Aceves F. J. - Quesada y Espinosa R. – Pereña, (1992). Rasgos Geomorfológicos Mayores de la Península de Yucatán. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Geología, Revista, volumen 10, número 2, p. 143-150
- Joshua H. R., (2002). El potencial económico del bloque de Yucatán en México, Guatemala y Belice. The economic potential of the Yucatan Block in México, Guatemala y Belice. Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana .Tomo LV Núm.1,
- Kurak R. P and Gómez A. R., (1994). Ecology, Taxonomy And Distribution Of Dominant Ostracode Taxa In Modern Carbonate Sediments, Northeastern Yucatán Shelf, México. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas, Volumen 11 Núm.2, p. 193-213 Universidad Nacional Autónoma de México. Instituto de Geología, México D.F.
- López R. E., (1973). Estudio Geológico de la Península de Yucatán. Superintendencia de Geología Regional.-Gerencia de Exploración PEMEX, y Miembro del Comité de la Carta de la República Mexicana. 16° a 22° Latitud Norte y 86° a 91° Longitud Oeste.
- Mauro Aguilar Nogales, (1979). Proyecto de Consultas al gobierno de Yucatán Prospección Geología – Minera en la parte central de la Península de Yucatán. México D.F. 19° 00' a 21'00 y los meridianos W.C. de 88'00 a 91'00 aproximadamente
- Salinas R. M., (1998). Petrografía, edad y ambiente de depósito de una columna de rocas carbonatadas y evaporíticas Cretácicas en la plataforma de Yucatán. Instituto Politécnico Nacional, Escuela Superior de Ingeniería y Arquitectura, Tesis Licenciatura pp.44 21' latitud N Y 88' longitud W.
- Vázquez C. G., (2000). Algunas características geoquímicas y litológicas de fragmentos básales de la brecha del cráter Chicxulub, Universidad Nacional Autónoma de México, Facultad de Ingeniería, Tesis de Licenciatura pp. 82.
- Ward W. C., 1974. Carbonate sand and gravel on the shallow shelf, northeastern Yucatan Peninsula in Field Trip 2, Annual Meeting of the Geology Society of America
- Viniegra O. F. 1981. Great carbonate bank of Yucatán, southern México: Journal of Petroleum Geology, vol. 3, p 274-278