

TRABAJO DE GRADO

TEMA

ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO :

" SANTA LUIS "

JEFES DE DEPTO.- Ing. F. Quinte O.

PROFESOR GUIA.- Lic. E. Díaz R.

CONSULTANTES.- Lic. J. Ariosa I.

Lic. J. Cobiella R.

Ing. J. Romero S.

Ing. M. Hernández S.

GRADUANDO: F.F. FERNANDEZ P.

- STGO. DE CUBA -

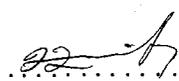
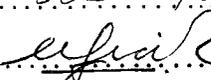
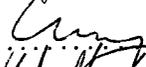
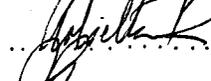
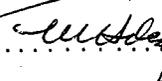
- 1974 -



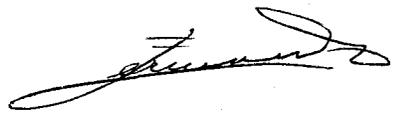
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
CONJUNTO MINERO METALURGICO
DEPARTAMENTO DE YACIMIENTOS MINERALES

TRABAJO DE GRADO
TEMA

ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO
"SANTA LUCIA"

JEFE DE DPTO:  Ing. F. Quinta C.
PROFESOR GUIA:  Lic. Efrén Díaz R.
CONSULTANTES:  Lic. J. Ariosa I.
.....  Lic. J. Cobiella R.
.....  Ing. J. Romero S.
.....  Ing. M. Hernández S.

GRADUANDO:



F. F. Fernández P.

STGO. DE CUBA

1,974



Yacimiento "Santa Lucía"

INDICE

	<u>PAG.</u>
Resumen	3
Introducción	4
Capítulo I: Parte General	7
Capítulo II: Geología de la Región	18
Capítulo III: Geología y Estructura del Yacimiento Santa Lucía	40
Capítulo IV: Análisis de los trabajos de Búsqueda y Exploración realizados anterior- mente	50
Capítulo V: Proyecto de Perforación Orientativa. Profunda	53
Capítulo VI: Parte Metodológica y Técnica	60
Capítulo VII: Organización de los Trabajos	68
Capítulo VIII: Conclusiones y Recomendaciones	70
Bibliografía	73



R E S U M E N

El presente informe es el resultado de las investigaciones geológicas, efectuadas en el Yacimiento Santa Lucía, en el noroeste de la Provincia de Pinar del Río.

Se hace un esbozo de los principales rasgos geológico-estructurales de esta región; haciéndose mayor énfasis en la estructura geológica de este yacimiento polimetálico. Como complemento del trabajo se anexa un Proyecto de Perforación Orientativa Profunda. Se culmina este informe, con las conclusiones y recomendaciones a las que ha llegado el autor de este trabajo.

INTRODUCCION

El presente trabajo, "Estructura Geológica del Yacimiento Santa Lucía", ha sido desarrollado en el noroeste de la provincia de Pinar del Río, en el municipio de Minas-Santa Lucía y constituye el Trabajo de Grado del Graduando Francisco F. Fernández Peña, para la obtención del título de Ingeniero Geólogo, bajo la orientación y dirección técnica del Lic. Efrén Díaz Rodríguez, miembro del Departamento de Yacimientos Minerales de la Escuela de Ingeniería Geológica de la Universidad de Oriente.

En el informe se recogen las características de la formación San Cayetano por encontrarse en ésta, las rocas encajantes del yacimiento. La parte fundamental del trabajo, trata sobre las cuestiones inherentes a la Estructura Geológica del yacimiento polimetálico Santa-Lucía; a las partes relacionadas con la Tectónica del yacimiento; las condiciones de yacencia de las rocas y los cuerpos mineralizados. Además se le ha dado atención a la relación existente entre las secuencias terrígenas de la Formación San Cayetano y los cuerpos mineralizados; así como a las distintas hipótesis que se han argumentado sobre la génesis de este yacimiento polimetálico. También se hace un análisis de los trabajos de búsqueda y exploración geológica realizado anteriormente.

Como complemento de este trabajo se anexa el Capítulo V, titulado " Proyecto de Perforación Orientación Profunda".

En el presente proyecto se argumentan criterios sobre la necesidad de llevar a cabo la realización de estas perforaciones. A la vez, en el mismo, se analiza la información geológica que se obtendrá de los niveles inferiores del yacimiento. Además se exponen las características y parámetros técnicos de las perforaciones. Al final del informe se contempla la parte metodológica, donde se hace énfasis en los trabajos de perforación, muestreo, trabajos geofísicos, así como la organización de los mismos; los cuales están dirigidos a complementar la realización del Proyecto de Perforación Orientativa Profunda.

Como culminación del informe, el autor resume las principales conclusiones y recomendaciones que se han derivado del análisis de estas investigaciones en el yacimiento Santa Lucía.

Antes de concluir deseamos expresar nuestro profundo reconocimiento y gratitud a los compañeros soviéticos: Ing. Piotr Lobanov e Ing. Nicolai Jalturin por su ayuda y consejos prestados, así como al Ing. Lázaro García Tamayo por su apoyo y sugerencias en distintas cuestiones de este trabajo. Nuestro agradecimiento a los profesores consultantes: Lic. Jorge Cobiella Reguera, Lic. José Ariosa Iznaga, Ing. Juan Roaro e Ing. Margarita Hernández los cuales revisaron varios capítulos y a todos aquellos compañeros que contribuyeron a la realización del presente trabajo.

F.F. Fernández Peña.

Santiago de Cuba, Junio de 1974.

CAPITULO I

PARTE GENERAL

Características Geográfico-Económica del Yacimiento Santa Lucía y Resumen de las Investigaciones Anteriormente Realizadas.

I.1.- Información geográfica-económica sobre la región del yacimiento.

El yacimiento Santa Lucía se encuentra ubicado al noroeste de la Provincia de Pinar del Río a 2-3 kilómetros de las costas septentrionales de Cuba y al sureste del poblado de Santa Lucía (2 kilómetros). La región del yacimiento pertenece al municipio Minas-Santa Lucía, regional Pinar del Río (Fig. I).

La zona del yacimiento está situada en la región de colinas suaves que se extienden en dirección sub-latitudinal. Estas sirven de divisorias de las aguas. Las elevaciones máximas relativas alcanzan 100-115 metros; y las cotas absolutas del yacimiento varían de 20-135 metros. Al sureste del yacimiento se destacan las elevaciones de la Sierra de los Organos, formadas por calizas carsitizadas. Estas montañas son completamente abruptas. Ellas se enmarcan sobre las vallas intramontanos, dándole una característica peculiar al paisaje de la región. Las cotas absolutas de esta cadena alcanza 200-600 metros.

En el área del yacimiento, la mayoría de los arroyos son intermitentes, corren en tiempo de lluvia y sirven como desagüe de las aguas superficiales. Solamente existe un arroyo permanente que abarca la parte central del yacimiento (Perfiles 14-20). El gasto de este arroyo no sobrepasa los 2-3 litros por segundo.

Las características climáticas de la región corresponden a un clima tropical, con una temperatura media anual de 25° C con oscilaciones entre 20°-34° C. En Agosto la temperatura alcanza de 25°-28° C y en Enero de 22°-25° C.

El por ciento de humedad relativa es considerable, siendo la misma de 79-80 %, con una precipitación anual que varía entre los 1,159-1,609 mm, con un promedio de 1,400 mm. Las precipitaciones se producen en dos épocas . La época de lluvia, comprendida entre Mayo- Octubre y la de seca entre los meses de Noviembre- Abril.

Debido a que la situación geográfica de la provincia coincide con la zona de las recurvas de los ciclones, que se forman en la parte oeste de la cuenca del Caribe, ésta es azotada por la acción de los mismos, influyendo en el régimen de lluvia de la zona.

La vegetación está formada por pinos que se encuentran en las elevaciones. Las partes bajas están cubiertas por palmas y encinas. Las pendientes de las colinas están además cubiertas en partés por pequeñas malezas. Los alrededores del yacimiento se encuentran sembrados por pequeñas vegas de tabaco y frutos menores.

Las viás de comunicación, se puede decir que son buenas. El pueblo de Santa Lucía se encuentra unido por carretera con la capital de la provincia, el pueblo de Matahambre y Puerto Esperanza. Además tiene comunicación por el circuito norte con San Cayetano y otros pueblos. La red de caminos está representada por terraplenes permanentes y provisionales. La utilidad de estos caminos para el transporte automotriz depende de la época de las lluvias.

Las unidades industriales más importantes de la región están dadas por el yacimiento cuprífero de Matambre " Capitán Alberto Fernández" , situado a 13 kilómetros al sureste de Santa Lucía, Empresa Minera de Occidente y la Planta Sulfometales " Patricio Lumumba" (con una capacidad de 100,000 toneladas de mineral anual). Ella procesa las menas pirítico-polimetálicas del yacimiento "Julio Antonio Mella" que es transportado por carretera. El mineral de la mina Matahambre es transportado hasta el puerto de Santa Lucía por un funicular que tiene capacidad de 10-12,000 toneladas de concentrado anual. Este funicular atravieza la parte central del yacimiento Santa Lucía.

En la dirección del funicular pasa una línea de alto voltaje procedente de la termoeléctrica " José R. Trujillo" - situada en el poblado de Santa Lucía. Debe señalarse que a 2 kilómetros del yacimiento Santa Lucía se encuentra en investigaciones el yacimiento polimetálico Castellanos.

" La región del yacimiento Santa Lucía es pobre en recursos acuíferos. Los depósitos de edad Jurásica, desarrollados en la mayor parte del territorio, no contienen horizontes acuíferos que pudieran ser utilizados en calidad de fuentes de abastecimiento de agua para la unidad minera futura; en la región no existen torrentes superficiales que pudieran ser recomendados para este propósito; los ríos existentes (Santa Lucía y Nombre de Dios) se caracterizan por un regimen hidrológico muy variable con las estaciones del año.

Partiendo de las condiciones hidrogeológicas y de las características hidrológicas de la región, más adelante debe ser analizada la posibilidad de utilizar las siguientes fuentes para el abastecimiento de agua.

- 1.- Aguas subterráneas del horizonte acuífero del Cretácico Superior.
- 2.- Aguas superficiales de embalses, que posiblemente se considere oportuno construir para estos propósitos.
- 3.- Aguas marinas.

1.- Las aguas del horizonte acuífero del Cretácico Superior en el presente se utilizan para el abastecimiento del poblado de Santa Lucía y la fábrica sulfometales (la extracción real de agua es de 300-350 metros cúbicos por día). Desde la segunda mitad del año, 1972 el DAP lleva a cabo en la región de Santa Lucía la búsqueda de aguas subterráneas del horizonte acuífero del Cretácico Superior con 12,000 metros cúbicos por día de productividad. Después de su conclusión se podrá juzgar sobre las reservas explotativas de las aguas subterráneas de este horizonte, sus parámetros hidrogeológicos y las posibilidades de utilización para la creación de grandes acueductos para el abastecimiento de agua.

2.- Si el horizonte acuífero del Cretácico Superior no pudiera cubrir completamente las necesidades de la unidad, se debe usar en calidad de fuente de abastecimiento las aguas de embalses, que pueden ser construídos en la región. El DAP ha analizado la cuestión sobre la construcción de embalses en los ríos Malas Aguas y Santa Lucía.

3.- En calidad de fuente de abastecimiento de agua para fines técnicos pueden ser utilizados también -- las aguas del mar, que en la actualidad se utilizan en grandes cantidades para el abastecimiento de la planta sulfometales". (9).

I.2.- Historia de las Investigaciones en la Región del -- Yacimiento.-

Anteriormente al triunfo de la Revolución los trabajos -- geológicos realizados en Cuba estaban encaminados a resolver las necesidades de distintas empresas extranjeras. Desde finales del siglo pasado la provincia de Pinar del Río era de interés para estas Empresas. Aquí se buscaba metales ferrosos, no ferrosos y posteriormente petróleo.

Debido a que las investigaciones las hacía cada compañía -- por separado y no se comunicaban los datos geológicos, es por lo cual antes de la Revolución no se tenía una secuencia del desarrollo geológico de la región.

Los primeros datos interesantes de la estructura geológica de la parte oeste de Pinar del Río, se encuentran en el -- trabajo de De Golyer (1918). El agrupó en dos formaciones (Viñales y San Cayetano) las rocas que se encuentran en el corte desde la ciudad de Pinar del Río hasta Puerto -- Esperanza. La Formación Viñales compuesta por calizas con ammonites del Jurásico reciente (son las que forman los -- grandes mogotes) y la Formación San Cayetano, predominante terrígena, situada al pie de los mogotes, la cual fue considerada de edad Cretácico. El autor consideró además que las rocas de la Formación San Cayetano, estratigráficamente descansaban por encima de las calizas Viñales.

Posteriormente en 1919 los geólogos V. Braun y N. O'Connell (1951) hicieron un estudio estratigráfico en la Sierra de los Organos (Viñales) y llegaron a la conclusión que la Formación Viñales era de edad Jurásica reciente y que yace con una discordancia paralela sobre la Formación San Cayetano. Refirieron estas últimas (Formación San Cayetano) supuestamente a los depósitos del Jurásico inferior y medio.

En 1920, S. Rong describe en la Sierra de los Organos (Rosario) las capas de calizas "Apthychus" con ammonites tithonienses y las relaciona con las de Viñales. Lewis (1932) incluyó las capas de "Apthychus" en la secuencia denominándola Formación Artemisa; Schubert (1935) Inlay (1942-1943); Palmer (1945) y otros; pero acerca de su edad no existía opinión uniforme.

En 1929, R. Palmer (1945) (en el lugar denominado Jagua Vieja) destaca de las calizas Viñales una formación de calizas y esquistos lutíticos bajo la denominación "Jagua". Palmer refiere esta formación al Oxfordiano y Tithoniense; en base a los estudios de la fauna de ammonites realizados por Dickerson y Vutt (1935). Las calizas Viñales que yacen más arriba, las refirió al Cretácico Inferior, comparándolas con las calizas de la Sierra del Rosario, cuya fauna según E. Yarofsky, se refiere al Barremiense.

En 1937 L. Vermut publicó un trabajo dedicado a la provincia de Pinar del Río. El consideraba que las calizas Viñales eran parte integrante de la Formación San Cayetano, es decir, se encontraban en lentes dentro de esta formación.

Además unió estas dos secuencias en una sola, denominándola " Formación San Andrés " y refiriéndola al Jurásico Inferior - Cretácico Superior.

En 1952 fue confeccionado el mapa geológico de la Sierra de los Organos a escala de 1:40,000 por los geólogos G. Law y Meyerhoff. Ellos siguiendo a Palmer (1945) destacan de las calizas Viñales la Formación Jagua, refiriéndola a los depósitos del Oxfordiano. En otra parte de las calizas Viñales la señalan como pertenecientes al Tithoniense-Cretácico-Inferior. La Formación San Cayetano, estratigráficamente se sitúa por los autores, por encima de la Formación Viñales y se le refiere al Cretácico Superior.

En 1956, K. Krommelbein, estudió la fauna de pelecípodos de la Formación San Cayetano encontrados en las areniscas al sur del poblado San Cayetano. Determinando la edad de *Trigonia* (*Vaugonia*) sp., como Dogger Superior. Estos son los primeros datos sobre la edad de las rocas de la Formación San Cayetano.

Debe señalarse que el hallazgo de la fauna caracteriza solamente el complejo de rocas terrígenas y no aquel complejo sedimentario que fue identificado por De Golyer (1918) como su Formación San Cayetano.

En 1956, K. Hatten realiza trabajos geológicos en la Sierra Central de los Organos, confeccionando el mapa geológico en escala 1:40,000. El determina por primera vez en el corte del Mogote Pan de Azúcar la Formación Carbonatada Azúcar que contiene fauna de Pelecípodos de Edad Calloviense. Esta yace concordantemente sobre la Formación San Cayetano. Sobre la--

Formación Azúcar se encuentra la Formación Jagua compuesta por fauna de peces y Ammonites del Oxfordiano. Sobre la Formación Jagua, él sitúa " casi concordantemente" las calizas de la Formación Viñales refiriéndola desde Tithoniano hasta Albeano.

En el mapa geológico confeccionado por K.Hatten, él considera la existencia de siete Formaciones que son:

NIAGARA.....	Meso-Cenozoico
MANACAS.....	Eoceno Inferior
PONS.....	Cretácico Inferior y Superior.
VIÑALES.....	Jurásico Superior
JAGUA.....	Jurásico Superior
AZUCAR.....	Jurásico Superior

Según V.Sorokin (7) los elementos principales de las conclusiones de K.Hatten son los cabalgamientos de los depósitos areno-esquistosos de la Formación San Cayetano sobre las calizas Viñales.

A partir de la Revolución es que comienzan las investigaciones organizadas, de levantamiento y búsqueda en la región.

En 1960 fue confeccionada por A.Andreu el mapa geológico compilativo de la Provincia de Pinar del Río, a escala 1:250,000. En la parte noroeste de la Provincia se hicieron investigaciones de levantamiento y búsqueda a escala 1:50,000 por un grupo de geólogos dirigidos por M.Vologdin (1961-1963). Estos autores en su trabajo dividieron la Formación San Cayetano en tres sub-formaciones: La Inferior, que es en su mayoría esquistosa, la Media, formada por ---

arenisca y la Superior, formada por arena -esquistosa. Los autores llegaron a la conclusión de que las calizas Viñales descansan según una discordancia brusca y subhorizontalmente sobre las rocas de la Formación San Cayetano.

En 1964 K. Judoley y C. Furrázola-Bermúdez (1965) realizaron un estudio sobre la estratigrafía del Jurásico Superior. Ellos observaron un amplio desarrollo de los depósitos del Jurásico en la Sierra de los Organos. Se determina la Formación Oxfordiana Jagua (con potencia de 200-300 metros) - compuesta por calizas laminadas, areniscas y esquistos con una rica fauna de Ammonites y Reptiles. Las calizas masivas, con potencia de 1,000 metros que yacen con los conglomerados - brecha en el fundamento de la Formación Jagua, - fueron referidos a la Formación Viñales de edad Kimmeridgiense-Tithoniano Antiguo. Las calizas de láminas finas -- (con potencia de 300 metros) descubiertas sobre la Formación Viñales fueron referidas al Tithoniano Superior y -- denominadas Formación Artemisa.

En 1965-1966 en la parte noroeste de la provincia, comprendida entre los yacimientos Monof y Dora, área de la mina - - Cosmopolita y la zona Santa Lucía-Castellanos se realizaron trabajos geológicos y de búsqueda de menas de cobre -- por geólogos soviéticos y cubanos (Y. Poplansky, V. Kasanteev, M. Tribunsky, Y. Nicolaev, N. Ozersky, Y. Ogordnikoc, I. Bela --- guér, Leandro de los Hoyos).

El resultado más importante de estos trabajos fue el descubrimiento de nuevos depósitos de menas polimetálicas en las zonas de Santa Lucía-Castellanos. Otro hecho importante es - la obtención de datos que demuestran que la mayoría de los -

yacimientos sulfurosos conocidos en la zona, se encuentran situados dentro de los límites de dos zonas tectónicamente debilitadas y de dirección noreste (Matahambre y Santa-Lucía-Castellanos) que se observan a lo largo del levantamiento de la parte norte de la provincia del meganticlinorio Pinar del Río, localizándose en las rocas de la Formación San Cayetano, en los sectores complicados tectónicamente.

En los años 1965-1967, S. Abakumov, desarrolló trabajos de búsqueda y levantamiento a escala 1:50,000 en el área de los trabajos proyectados por N. Vologdin (8). Su mapa geológico según V. Cherepanov (3) refleja detalladamente la estructura geológica de la región. Aquí están expuestos los depósitos de las Formaciones San Cayetano (Jurásico-Inferior-Medio), Jagua (Oxfordiano), Viñales (Kimmeriálgiano-Tithoniano), Artemisa (Tithoniano), los depósitos del Cretácico Superior y separadamente los del Paléogeno.

Según B. Sorokin (7), actualmente existen discrepancias, en las interpretaciones de las unidades estratigráficas. Estas han sido reveladas durante la confección del mapa geológico en escala 1:50,000 de los trabajos de búsqueda y levantamiento, realizados en la parte noroeste de la provincia y dirigidos por V. Cherepanov. Además no están suficientemente estudiados los criterios litológicos y paleontológicos sobre la separación de las formaciones; cosa ésta que dificulta mucho la delimitación de éstos en el campo y conduce a la determinación no argumentada de los límites entre las secuencias de los mapas geológicos de diferentes autores.

De la solución correcta de estas cuestiones depende en sumo grado la correcta orientación de los trabajos de búsqueda.

C A P I T U L O I I

G E O L O G I A D E L A R E G I O N

Estas secuencias sedimentarias forman los núcleos de las estructuras anticlinales en la parte sureste y central del área estudiada. (Anexo II) (9)

La Formación San Cayetano se subdivide (según Nicolai Vologdin y Galina Frumkina, 1961-1963) en tres secuencias (Inferior, Media y Superior), de acuerdo al contenido de areniscas, esquistos y por el carácter de sus estratificaciones .

La Subdivisión inferior está compuesta predominantemente por esquistos arcillosos, parcialmente filitizados y sericitizados, con intercalaciones de areniscas cuarzosas y cuarzo-féldespática. Su espesor es aproximadamente 3,500 metros.

En la subdivisión media predominan las areniscas cuarzosas y cuarzo-féldespática de grano medio a grueso, de color gris-rosado a gris claro, se observan además esquistos arcillosos. Es raro encontrar intercalaciones de gravelitas en forma de lentes y conglomerados de guijarros. Es posible que en esta parte de la sección, cerca del pueblo San Cayetano el espesor sea de 1,500 metros.

La subdivisión superior está compuesta por esquistos arcillosos y arcillosos sericitizados, con intercalaciones de areniscas cuarzosas. Su espesor alcanza 250 metros.

La potencia visible total de la Formación San Cayetano se establece en más de 550 metros. Aunque ya anteriormente, a esta formación se le había estimado un espesor (por Hatten y Meyerhoff) entre 5,000 a 10,000 metros.

Los datos paleontológicos, basados en los descubrimientos de flora (*Phlebopteris cubensis* sp. nov.) encontrados en los esquistos de la secuencia inferior y restos de Fauna de Trigonía (*Vaugonia*) *Krommelbeini* Torre, en la parte superior del corte, han determinado para esta formación una edad Jurásico antiguo o medio (supuestamente).

SERIE DEL JURASICO SUPERIOR

Los sedimentos del Jurásico Superior en base a los datos de micro y macrofauna aportados por una serie de geólogos (G. Furrázola, K. Judoley y otros), se subdividen en varias formaciones.

FORMACION AZUCAR: Piso Calloviano (J 3claz)

La Formación Azúcar se presenta con una amplia propagación en la región, rodeando a las rocas de la Formación San Cayetano y yaciendo concordantemente sobre los depósitos de ésta. Como se puede observar en el mapa geológico de la región (ANEXO II), el rumbo de las rocas es en general sublatitudinal (30° - 60°), el buzamiento es casi noroeste en su mayoría, con ángulos de 30° - 60° .

Litológicamente está formada por esquistos arcillosos, carbonosos-arcillosos, calcáreo-arcillosos de color gris oscuro, con intercalaciones de lentes de calizas con fósiles. En su composición raras veces aparece areniscas cuarzosas de grano fino a medio de color gris claro . (9)

La potencia que se le asigna a estos depósitos de la Formación Azúcar es de 36 metros (según K. Hatten). En las calizas grises y grises oscuras fueron observados fauna del

del género *Conicospirillina* sp. identificados por M. Ferrer y que según estos caracterizan a la Formación Azúcar, como probablemente Calloviano.

Formación Jagua. Piso Oxfordiano (J 3oxf)

Los depósitos de la Formación Jagua se encuentran distribuidos hacia la parte oeste de la región en una franja estrecha (1.3 Kilómetros) y en la parte central. Aparecen también en pequeña estructura de grabens en la parte sur de la región. Las rocas de la Formación Jagua, yacen concordantemente sobre los depósitos Calloviano. La litología que presenta es parecida a la de la Formación Azúcar, es decir, calizas de color gris oscuro que contiene vetas de sílice y esquistos arcillosos-calcareos. La presencia (a veces) de areniscas y conglomerados son rasgos característicos a la Formación Jagua.

Se supone que la Formación Jagua tiene una potencia total de 650 metros (9). En la formación se encontraron restos mal conservados, que según Judoley estos Ammonites caracterizan a los depósitos del Oxfordiano Superior.

En esta región no se describe la Formación Viñales por presentarse al este de esta zona de estudio.

FORMACION ARTEMISA. Piso Tithoniano (J 3 tar)

Se puede observar en el mapa geológico de la región que la Formación Artemisa aflora en la parte sureste de la región como una franja estrecha que se extiende siete kilómetros en dirección sub-latitudinal. Los límites superior e inferior de esta formación con las secuencias jóvenes y antiguas de la región, son contactos tectónicos y están representados --

generalmente por capas (de unos 40 metros) de caliza, - de grano grueso, con intercalaciones de areniscas polimáe ticas, esquistos calcáreos-arcillosos o aleuerelitas.

En la parte superior del corte de la Formación fue encontrado fauna de Ammonites perteneciente al género Paraden tóceras, y que según K. Judeley caracterizan a la Forma -- ción como Titheniano Medio e Superior. Las potencias visi bles de la rocas de esta Formación es de 250 metros.

SISTEMA CRETACICO. SERIE SUPERIOR (C r2)

Las rocas del Cretácico Superior se encuentran distribuí das en la parte este y litoral (en una franja de 3 Km - de ancho) de la región; además puede observarse en el -- sureste, formando pequeños grabens.

La base de la secuencia no ha sido determinada por presen tar contactos tectónicos con formaciones más antiguas. En este contacto las formaciones Jurásicas por sus caracte -- rísticas litológicas y petrográficas.

En la parte sureste de la región, a diferencia de la zona costera, se observan areniscas tobáceas, tebas y congle -- merados.

La macrofauna que se encuentra en esta secuencia son: restos de peces, ammonites, impresiones de conchas de - - bivalves. La microfauna se encuentra expresada fundamen -- talmente por estos de radiolarios. Según I. Mijaileva, la presencia de Ammonites en estas secuencias es lo que caracte -- riza a los depósitos del Cretácico Superior. La potencia que se le señala a estos depósitos es más de 2,000 metros -

SISTEMA NEOGENO. SERIE MIOCENO (Ni)

Se puede observar en el mapa geológico de la región, que los depósitos del Mioceno se encuentran en el extremo oeste. Estos no han sido mapeados solo mediante pozos, ya que no aparecen afloramientos. Litológicamente están constituidos por conglomerados costeros, calizas margosas, areniscas arcillosas-cuarzosa débilmente litificadas, areniscas y arcillas. La fauna es muy rica y variada; contiene especies de moluscos, erizos, corales y otros. La microfaua según G. Furrázola-Hermúdez, indica para estos depósitos una edad Mioceno.

SISTEMA CUARERNARIO (Q4)

La estratigrafía de los depósitos Cuaternarios en el país, no están estudiados prácticamente (G. Furrázola y otros). Actualmente no hay datos paleontológicos o absolutos (excluyendo los depósitos de turba) que pudieran ser la base para el proceso de división para el período Cuaternario. Los depósitos Cuaternarios de la región, se pueden observar bordeando toda la parte costera. Están constituidas principalmente por formaciones aluviales - preluviales y aluviales. El máximo espesor se conoce en la parte costera. Los depósitos aluviales-preluviales están constituidos por arcillas, con aglomeraciones de fragmentos de recas, de distinta litología, guijarros- bloques y cantos redados de las recas originarias.

Las formaciones aluviales están constituidas por fragmentos erráticos de recas originarias, que generalmente forman los valles de los ríos y arroyos de la región (9).

II.2.- MAGMATISMO.

Las rocas magnéticas en la región, están representadas por pequeños cuerpos de rocas ultrabásicas serpentinizadas y gabreoides (localizados en la zona de falla) y por lava de composición básica. Todas las formaciones magnéticas de la región pertenecen al complejo del Cretácico.

" Las rocas magnéticas mapeadas en el área, según las condiciones geológicas y tectónicas de la formación y según las composiciones petrográficas, podemos atribuir las al complejo de formación de los respectivos geosinclinales del desarrollo de las zonas móviles y subdividir las en tres formaciones " (9).

- 1.- Formación espilite-diabásica
- 2.- Formación gabra-diabásica
- 3.- Formación hiperbasítica
- 4.- Formación espilitico-diabásica del Cretácico Superior.

Las lavas de composición básica, tienen una propagación general, pero en el complejo del Cretácico Superior se encuentra restringida. Estas forman pequeñas montes o flujos de 3-4 metros de potencia y se extienden decenas de metros. Su composición es diabasa, basalto espilitico y hialobasalto. Las rocas fueron depositadas en condiciones marinas; se presentan siempre asociadas con sílice, caliza, pero con ausencia casi total de piroclastos. Su origen efusivo fue determinado por la presencia de certezas calcinadas, estructura esferoidal y por vesículas formadas debido al escape de los gases durante el enfriamiento y solidificación de-

estas rocas. La efusión fue acompañada, por la formación de pequeñas intrusiones hipobasales, en forma de sillalopolitos, diques y pequeños stocks de composición básica. (9)

2.- FORMACION GABRO-DIABASICA DEL CRETACICO SUPERIOR.

" Las rocas de esta formación están representadas por gabros-diabasa, diabasa, gabro cuarzosos . Raras veces se observan dioritas y granodioritas. Estas rocas componen pequeños cuerpos, principalmente en forma de espas (diques, sills, lopolitos), que están dislocados juntos con las rocas encajantes. En los cuerpos más grandes se observa zonalidad, que está expresada en la distribución de las rocas, de distinta composición y estructuras . Las rocas de la formación gabro-diabásica son producto de la cristalización diferencial del magma basáltico. Además de los datos geológicos (morfologías de los cuerpos, condiciones de yacencia , zonalidad) la recrystalización completa de las rocas indica las condiciones hipobasales de su proceso de formación". (9)

3.-FORMACION HIPERBASITICA.

En el mapa geológico de la región se puede observar una faja hiperbasítica formada por lentes aislados de rocas ultrabásicas serpentinizadas (hazburgitas) que se extienden a todo lo largo y cercano de la costa con dirección sublatitudinal. Las dimensiones de estos lentes son centenares de metros hasta (a veces 3 kilómetros de longitud) con afloramiento no mayores de 100 metros de ancho. Las rocas más abundantes son las serpentinitas apoharzburgíticas. La edad del emplazamiento de las intrusiones ultrabásicas, es Cretácico Tardío al Maestrichtiano . (9).

II.3.- ROCAS METAMORFICAS

Se hace muy difícil hacer un análisis detallado, de las distintas formaciones metamórficas presentes en el noroeste de Pinar del Rio y fundamentalmente en las áreas próximas al yacimiento Santa Lucía.

La ausencia de datos, de análisis petrográficos y mineralógicos a nuestro alcance, dificulta considerablemente, ubicar las rocas metamórficas de la región en sus fases correspondientes.

Las principales rocas metamórficas, por área de superposición y su potencia, están dadas por las secuencias de la Formación San Cayetano, específicamente los esquistos arcillosos y esquistos argilíticos, los cuales presentan un metamorfismo de bajo grado a parcialmente metamorfizados.

Otras rocas metamórficas, están dadas por estrechas bandas de serpentinitas apoharzburgíticas de yacencia sublatitudinal. Como se sabe, son varias las teorías e hipótesis, que tratan sobre el proceso de serpentización de los mázcos ultrabásicos, por eso solo señalaremos, la presencia de las serpentinitas en esta región.

II.4.- TECTONICA.

Las principales ideas de la tectónica de la región, están basadas en los trabajos de V. Cherepanov (3), en los cuales fueron consultados los anexos e informes. De todo esto hemos resumido los principales rasgos estructurales de la región.

La región de estudio está asociada a la parte septentrional del anticlinorium Norte, que pertenece a la Unidad Tec

tónica de Pinar.

Las distintas secuencias presentes en esta área han sido divididas en tres grandes pisos estructurales . (3)

- a) Piso Estructural Inferior
- b) Pisos Estructural Medio
- c) Piso Estructural Superior

Estos pisos pueden observarse en el esquema tectónico que se adjunta (Fig. 2 según V.Cherepanov).

PISO ESTRUCTURAL INFERIOR

Las características tectónicas del piso Estructural Inferior, vienen expresadas por los datos que se obtienen, debido a su manifestación en el piso Estructural Medio. Atendiendo a estos rasgos, se supone que este piso constituye parte del fundamento del geo-sinclinal (3).

PISO ESTRUCTURAL MEDIO

El piso Estructural Medio está constituido por las secuencias sedimentarias del Jurásico-Cretácico Superior, que sobreyacen al fundamento. La litología de las rocas que forman el piso Estructural Medio, son accesibles a la observación y afloran en la mayor parte de la región.

Los principales rasgos estructurales del piso Estructural Medio, está constituido por los sinclinales y anticlinales del meganticlinorio Pinar.

Las secuencias de las rocas que constituyen este piso han sufrido fuertes deformaciones que se expresan en dislocaciones aplicativas; así como dislocaciones disyuntivas y metamorfismo Regional. Es característico que estos fenómenos se-

manifiestan más intensamente en una secuencia que en otra. Esto ha motivado, que este piso Estructural sea dividido en dos subpisos: Subpiso Estructural Inferior y Subpiso Estructural Superior (3).

El subpiso Estructural Inferior está compuesto fundamentalmente por secuencia terrígenas del Jurásico, las cuales podemos decir que se encuentran muy plegados y están afectadas por dislocaciones disyuntivas (fallas, cabalgamientos), las cuales serán tratadas posteriormente.

El Subpiso Estructural Superior, está compuesto fundamentalmente por rocas vulcanógenas, sedimentarias del Cretácico Superior.

En sentido general, el contacto entre los dos subpisos es tectónico, aunque en parte se observa una discordancia geográfica en algunas localidades (V. Cherepanov).

PISO ESTRUCTURAL SUPERIOR

El piso Estructural Superior, está representado por formaciones delgadas del Mioceno-Cuaternario, el mismo se extiende en una área considerable, al noroeste del territorio estudiado. Estas rocas, estructuralmente constituyen una depresión tectónica. Litológicamente se encuentra representada por areniscas y margas. Debe señalarse que las formaciones que constituyen este piso estructural, sobreyacen a las formaciones del subpiso estructural medio, en forma discordante. (3)

ESTRUCTURAS PLICATIVAS

Atendiendo a las estructuras plicativas; éstas se presentan en el piso Estructural Inferior, como pliegues de --

primer orden con respecto al anticlinorio, donde se observan claramente los pliegues anticlinicales Occidental y Oriental. Los ejes presentan una dirección promedio - subtitudinal. Algo muy típico, es que la morfología de - estos pliegues cambia de este a oeste; presentándose pliegues isoclinales invertidos hacia el este, cuyos elementos de yacencia en sus flancos es de $300^{\circ}/40^{\circ}$, que en ocasiones llega a $310^{\circ}/60^{\circ}$; en cambio hacia el oeste, los pliegues son normales, con sus flancos buzando al noroeste - con una yacencia de $305^{\circ}/30^{\circ}$, mientras que las del sureste - una yacencia de $120^{\circ}/50^{\circ}$.

Es característico de este piso, que los ejes de los anticlinales se hunden hacia el oeste y los sinclinales se levantan hacia el este.

Las estructuras plicativas del subpiso Estructural Superior - están caracterizados por dos estructuras principales: anticlinal y sinclinal. Estas estructuras constituyen una - continuación de las del subpiso Estructural Inferior. Lo - característico del subpiso Estructural Superior es su simetría en los pliegues, Sus flancos buzan con ángulos de 45° - 50° hacia el noroeste y sureste respectivamente.

Deben señalarse que tanto el subpiso Inferior como el Subpiso Superior, se encuentran complicados por pliegues de - segundo orden.

Las secuencias sedimentarias que constituyen el piso Estructural Superior, se encuentran yaciendo con bajo ángulo - (2° - 5°) al noroeste. Esto indica que los sedimentos han - sido poco afectados tectónicamente.

ESTRUCTURAS DISYUNTIVAS

Las principales estructuras disyuntivas que se presentan en el subpiso Estructural Inferior, vienen dadas por la tectónica de agrietamiento vertical, fallas de bajo ángulo o cabalgamientos, así como por fallas profundas.

La tectónica vertical, favoreció la formación de pequeños grabens de diferentes niveles. Como ejemplo podemos citar el graben de Minas Linemar, situado al sur de la Mina Matahambre. Es muy probable que muchas de estas grietas constituyen zonas de fallas que penetran a considerable profundidad. Como se observa en el esquema tectónico al sureste del mismo, se presenta un cabalgamiento de rocas del Jurásico Superior, sobre las Cretácicas. La zona de contacto entre ambas litologías, está representada por una intensa milonitización de éstas. El plano de cabalgamiento cambia su ángulo de buzamiento de 30° a 35° hacia el sur (3).

Atendiendo a las características de las fallas profundas se pueden distinguir en ellas dos tipos:

- a) Fallas transversales.
- b) Fallas profundas regionales.

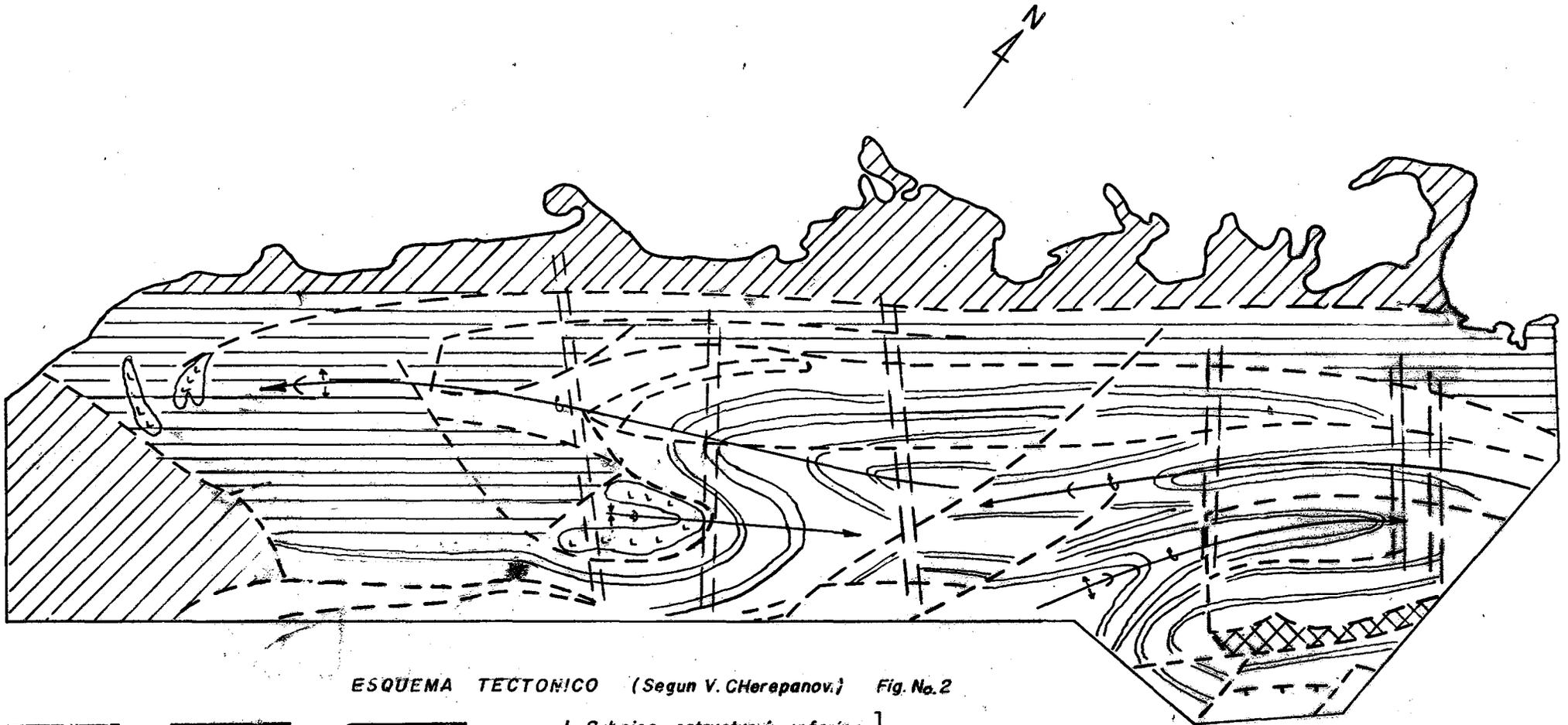
Las primeras cortan transversalmente a las estructuras principales del anticlinorium, muy próximo a una dirección norte-sur. Los mismos fueron detectados por la interpretación de los mapas aeromagnéticos. Estas fallas dividen en bloque la región (Fig. 2).

Las fallas profundas regionales, respecto a las transversales, son dislocaciones más recientes. Las fallas profundas regionales, siguen direcciones paralelas a las principales -

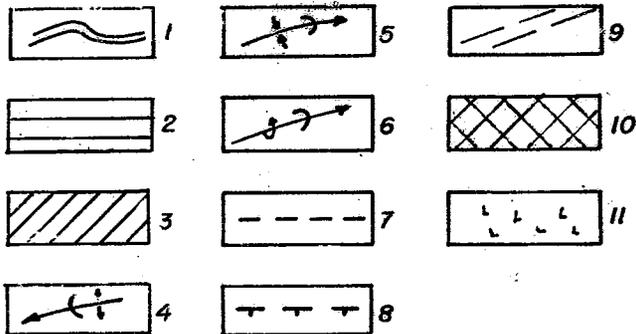
estructuras plegadas del Estructural Medio. Estas fallas constituyen los contactos tectónicos de las rocas serpentizadas de la región con las otras litologías, siguiendo una dirección sublatitudinal. Además, sirven de límites tectónicos entre las secuencias del piso Estructural Medio con las del piso Estructural Superior. Las zonas donde se localizan estas fallas regionales, se manifiestan como zonas de intenso agrietamiento, milonización, así como una intensa trituración de las rocas. Estos rasgos texturales, que indican manifestaciones de fracturas tectónicas, se incrementan considerablemente en los puntos de intersección de las fallas profundas transversales y las profundas regionales. Ejemplo de esto ha sido documentado en el curso superior del río Macurije. (3)

Las características disyuntivas del subpiso Estructural Superior está representada por las fallas profundas transversales, manifestadas como centro de actividad magnética; las cuales, manifestadas como centro de actividad magnética: las cuales aprovecharon estas zonas debilitadas tectónicamente, para emplazarse. Como ejemplo podemos citar el macizo de gabbro y muchos diques de diabasa como los que se localizan en las proximidades del yacimiento Hierro (3).

Acercas de las características disyuntivas del piso Estructural Superior, no disponemos de datos que nos ayudarían a describir sus rasgos estructurales. Esto es en sí, las principales características de la tectónica de la región noroeste, de la provincia de Pinar del Río.



ESQUEMA TECTONICO (Segun V. Cherepanov.) Fig. No.2



- 1. Subpiso estructural inferior.
- 2. Subpiso estructural superior.
- 3. Piso estructural superior.
- 4. Eje del pliegue anticlinal que se sumerge al Oeste.
- 5. Eje del pliegue sinclinal que se levanta al Este.
- 6. Ejes de los pliegues con alas invertidas.
- 7. Fallas.
- 8. Cabalgamien.

- 9. Zona de fallas.
- 10. Graben Limonar.
- 11. Gabro, diabasa de piso medio.

C A P I T U L O I I

G E O L O G I A D E L A R E G I O N

II.5.- HISTORIA DEL DESARROLLO GEOLOGICO DE LA REGION.

El desarrollo geológico de la parte noroeste de Pinar del Río, debido a la complejidad geológico-estructural de esta zona, se manifiestan distintos fenómenos geológicos, los cuales no han sido esclarecidos totalmente no obstante de la literatura geológica consultada, hemos concluido lo siguiente:

Hacia el Jurásico Medio esta región manifestaba una subsidencia prolongada, donde se depositaban sedimentos de características terrígenas. Del análisis mineralógico que han hecho de esta secuencia, se supone que la fuente de suministro consistía en cuerpos granitoides, situados al sur y al norte de la cuenca geosinclinal. Estos sedimentos expresados en areniscas cuarcíferas, esquistes argilíticos -- esquistes arcillosos, etc. constituyen la Formación San Cayetano. Los mismos han sufrido distintas orogénesis. La Formación se presenta muy plegada y parcialmente metamorfizada (3).

Durante el Calleviano-Oxfordiano la cuenca geosinclinal se dividió en dos cuencas; debido a las manifestaciones de movimientos verticales de ascenso, originando una faja estrecha con características de geanticlinal.

Actualmente, esta zona geanticlinal corresponde con la zona de desarrollo de los megetos. El desarrollo de la zona geanticlinal, motivó la división de la cuenca en dos depresiones (I.G.S) una al sur y otra al norte. De la cuenca situada al sur, no se conocen las potencias de los sedimentos. En este trabajo nos ocuparemos de la cuenca geosinclinal, situada al norte del geanticlinal, ya que --

todos los materiales que disponemos se refieren solamente a esta cuenca.

La cuenca geosinclinal fue ampliándose y profundizándose dando por consecuencia una redistribución facial del geosinclinal. El aporte detrítico a la cuenca disminuyó --- considerablemente, lo cual contribuyó a la formación de sedimentos homogéneos y al cambio de la composición mineralógica de los mismos. Estos se manifestaron en sidemantos carbonatados. La presencia de ellos lo atestiguan los lentes de calizas de las Formaciones Azúcar y Jagua. En las zonas pelágicas de esta cuenca, los sedimentos depositados alcanzaron potencia hasta de 1,200 metros (Hatten 1937). En las zonas centrales de la cuenca, los sedimentos alcanzaron potencia hasta 2,000 metros (3).

En el Kimmeridgiano-Tithoniano es probable que todo el desarrollo de la cuenca geosinclinal se deba a la incorporación del geanticlinal a la misma. Esto viene verificado por la deposición de sedimentos alásticos y calcáreos, expresados en la Formación Viñales.

Existe un hecho alrededor del cual se ha desarrollado una intensa polémica. Este es si se ha manifestado o no la orogénesis Nevadiana en esta región. A varias autorizadas investigaciones les han conducido a pensar que en esta zona se manifestó la fase orogénica Nevadiana, debido a la yacencia discordante de las calizas del Tithoniano con las secuencias terrígenas de la Formación San Cayetano. Además el grado de dislocación y plegamiento de las rocas de la Formación San Cayetano en comparación con los sedimentos carbonatados del Tithoniano, en los cuales no se manifiestan estos rasgos diastróficos (Schubert 1935, -

Gelberg 1939).

Otros investigadores han comprobado que los conglomerados y brechas en la base de las calizas Viñales no se manifiestan en todas las áreas, y en algunas regiones se ha localizado el contacto concordante entre los depósitos de Kimmeridgiano-Oxfordiano sin que los mismos presenten huellas de interrupción en la sedimentación. De lo dicho anteriormente, es probable que los movimientos Nevadianos se hayan manifestado con poca intensidad en esta región; e no se manifestaron en absoluto.

En el límite del Titheniano-Cretácico toda esta región -- emergió confirmándose por la ausencia de depósitos en este tiempo. Los depósitos del Jurásico fueron ligeramente plegados.

En el Cretácico inicial toda la zona subsidió completamente desarrollándose una transgresión marina que ocupó casi -- por completo la parte del intrageosinclinal antiguo. Debido a la disminución de los apertres a la cuenca sedimentaria, solamente se depositaron sedimentos carbonatados. En esta época se manifestó intensamente el magmatismo efusivo de -- carácter básico aprovechando zonas de fracturas profundas -- en la cuenca geosinclinal para su emplazamiento. El magmatismo efusivo de composición básica estuvo representado por basaltos, espilitas, asociados a tobas de la misma composición. Se supone que el centro de mayor flexión de la cuenca intrageosinclinal y de mayor intensidad volcánica, se localizaba al noreste de la región en cuestión (3).

Estos efusivos se manifestaron con mayor intensidad hacia -- los yacimientos Hierre y Unión.

Durante el Cretácico inicial la zona intrageoanticlinal estaba emergida; se confirma por la secuencia de depósitos de esta época.

En el Santoniano se invierten los movimientos, lo que --
tree como consecuencia que la parte central del intrageo
sinclinal emerja. En las zonas extremas de la parte le -
vantada, según Abakumov 1967, Biriukev 1968, en estas --
zonas se acumularon depósitos detríticos. Por efectos de
la sub-fase Laramídica de orogénesis, ésta se manifestó -
con fallas profundas. Estas fracturas forman zonas debi-
litadas de la corteza terrestre., por medio de los cua--
les se emplazaron las rocas ultrabásicas serpentinizadas.
Estos movimientos de ascenso vertical continuaron hasta -
el Maestrichtiano, manifestándose en el levantamiento --
central de la zona eugeosinclinal; erosionándose la misma
y dando origen a sedimentos terrígenos-detríticos.

Al final de este período y como producto de una sub-fase--
más joven de la tectogénesis, Laramídica, se desarrolla--
ron pliegues isoclinales en las regiones próximas al eje-
del levantamiento central de la zona eugeosinclinal.

Al comienzo del Paleógeno toda la región se sumergió depo-
sitándose discordantemente areniscas polimícticas, esli--
zas, conglomerado calcáreo, con alto contenido de mate---
rial volcánico. A mitad del Paleógeno la zona emerge com-
pletamente como producto de la manifestación de la oroge-
nia cubana. La misma estuvo caracterizada por el desarro-
llo de una tectónica de bloques, cabalgamiento, así como
plegamiento asociado a éstos. Al final del Paleógeno, co-
mienza a formarse los rasgos estructurales que caracteri-
zan a la región.

Se supone que las depresiones intramontanas (laguna según V. Cherepenov) rellenadas por conglomerados, areniscas, margos y margos carbonatados, se formaron debido a la tectónica de bloques originada por la orogénesis cubana (3).

Al comienzo del cuaternario, los movimientos verticales originaron el levantamiento de esta región, así como la renovación de las fallas profundas.

II.- 6.- MINERALES UTILES DE LA REGION.

Los yacimientos y las manifestaciones de minerales que forman el cinturón mineralizado de Pinar del Río (Lisitsin 1967) se encuentran en las rocas del piso Estructural Superior e Inferior. De acuerdo a la vinculación que existe entre los yacimientos y las manifestaciones de minerales con las unidades geólogo-estructurales, se conocen dos zonas metalíferas en la región: la zona noroeste (en el piso Estructural Superior) y la zona sureste (en el piso Estructural Inferior).

La zona noroeste presenta la característica de estar suavemente plegada. En ella se encuentran formaciones efusivas y subintrusivas, yaciendo entre las rocas terrígenas-carbonatadas del Cretácico Superior. Los Yacimientos y manifestaciones de minerales que se encuentran, son formaciones calcopiríticas y piríticas.

La zona sureste, está localizada en potentes secuencias arenos-esquistosas del Jurásico; formando pliegues lineales isoclinales, divididos por fracturas asociadas con el plegamiento. Los yacimientos y las manifestaciones de minerales son piríticas, polimetálicas, bari to-polimetálicas, cupríferas (Matahambr e) y baríticas.

Según las asociaciones de los yacimientos y manifestaciones minerales a ciertas estructuras lineales tectónicas -- son divididas las zonas noroeste en dos : Subzona Hierro y Olga y la zona sureste en subzona Matahambre y Santa Lucía.

La subzona Hierro presenta un ancho de 3 Km y se extiende desde el yacimiento Unión I hasta el río Macurije, abarcando los yacimientos Hierro, Copales, Unión Y y las manifestaciones minerales de Dina, Pinal, Ciego y otros. El predominio de la mineralización es pirítica.

Existe en esta subzona un amplio desarrollo de las fracturas sublatitudinales regionales profundas en el flanco -- noroeste del anticlinal central.

La subzona Olga se extiende (alrededor de 23 Km) en dirección noroeste desde Unión II hasta la manifestación -- Jagua; en una franja de 4 Km, de ancho. Aquí se encuentra el yacimiento Olga, las manifestaciones Horacio, Jagua y -- otros. Está asociada a grietas tectónicas de fallas de desplazamiento en el flanco sureste del anticlinal central.

La subzona Matahambre se extiende desde el río Macurije -- hasta el yacimiento Matahambre; con un ancho de 3 Km. se encuentra asociado a las fracturas profundas en forma escalonada con una dirección noroeste. Las manifestaciones minerales son calcopiríticas y piríticas polimetálicas.

La subzona Santa Lucía se extiende al suroeste del yacimiento Santa Lucía asociada a fallas de tipo regional y rumbo -- sublatitudinal. Los yacimientos y manifestaciones minerales son del tipo pirítico-polimetálicos y polimetálicas.

Los yacimientos que abarcan esta subzona son Santa Lucía y --

Castellano; y las manifestaciones de minerales " La Anómala " y " Baritina " en la zona oeste y las "Este y Sur" respectivamente en las zonas este y sur.

El tipo de mineral de los yacimientos más importantes de la región son:

YACIMIENTO	TIPO MINERAL	ASOCIACIONES MINERAS PRINCIPALES	ASOCIACIONES MINERAS SECUNDARIAS
Matagambre	Calcopirítico y Pirítico-esfalerítico-galenítico.-	Calcopirita	Esfalerita, pirita, pirrotina-galenita.
Sta. Lucía	Galenito-esfalerítico	Pirita, esfalerita, galenita.	Melnikovita, calcopirita
Castellanos	Esfalerita-galenito-barítico.	Esfalerita, galenita.	Barita, calcopirita.
Hierro Unión I Unión II	calcopirita-pirítico.	Pirita, pirrotina, calcopirita.	Melnikovita, marcasita, esfalerita.

CAPITULO III

GEOLOGIA Y ESTRUCTURA

DEL YACIMIENTO:

"SANTA LUCIA"

Capítulo III.- Geología y Estructura del Yacimiento Santa Lucía.-

El presente capítulo constituye el resumen del análisis conjunto del mapa geológico del yacimiento en escala -- 1:1000, de la Proyección Longitudinal, así como de cinco cortes geológicos fundamentales. También se analizan algunas informaciones de O.Yurpalov (9). Al final del capítulo se recogen las consideraciones del autor del presente trabajo sobre la génesis de este yacimiento.

OROHIDROGRAFIA DEL YACIMIENTO

El yacimiento Santa Lucía se encuentra asociado a una pequeña divisoria regional de las aguas superficiales.- En el área del yacimiento se presentan pequeños depósitos fluviales asociados a valles jóvenes, los cuales -- corresponden a pequeñas corrientes fluviales que presentan dirección noroeste sureste, que aguas abajo cambian al noreste; estas pequeñas corrientes fluviales constituyen afluentes del Río Santa Lucía.

Los arroyos son las principales vías de drenaje de las aguas superficiales del yacimiento; sólo en la parte central del mismo se localizan arroyos que fluyen durante todo el año. Inmediatamente al sur del yacimiento se -- localiza una pequeña cadena de colinas. cuyas cotas -- máximas están próximas a los 135 metros y las mismas se disponen sublatitudinalmente. Estas vienen a formar el eje de la pequeña divisoria antes mencionada.

RASGOS ESTRUCTURALES Y GEOLOGICOS DEL CAMPO MINERAL

SANTA LUCIA- CASTELLANOS.-

El yacimiento Santa Lucía se encuentra situado, según V. Cherepanov (3), en la parte superior de la formación terrígena sedimentaria del Jurásico Medio (Formación San Cayetano, J 2sc), en el contacto con las rocas del piso Oxfordiano (Formación Jagua J 3oXd). En el aspecto estructural, el yacimiento está asociado al flanco noroeste del anticlinal Central, que está complicado por dislocaciones disyuntivas. El rumbo general de las rocas es noreste (45° - 60°) y el buzamiento noroeste con inclinación de 40° - 70° . Las dislocaciones disyuntivas predominante son las fracturas transversales de orientación noroeste, aunque aparecen también dislocaciones tectónicas con dirección sublatitudinal. Se localizan además pequeños pliegues complicados.

En el campo mineral Santa Lucía- Castellanos, de acuerdo a los resultados de las investigaciones de búsqueda de O. Yurpalov (9), se destacan tres secuencias de rocas: secuencia inferior, secuencia media y secuencia superior.

La secuencia inferior está formada por una interestratificación rítmica de areniscas y aleurolitas con intercalaciones de esquistos argilíticos (raros y de poca potencia) Aquí predominan las areniscas. La potencia total de la secuencia es de 600 metros. La secuencia media está formada por una alternancia de aleurolitas con areniscas, predominando las aleurolitas. Dentro de esta alternancia, se destacan dos horizontes de esquistos argilito-carbonatados

en el horizonte inferior es al cual se asocia el yacimiento Santa Lucía. Este horizonte es el más potente y continuo. La secuencia en cuestión en su mayor parte tiene un contacto tectónico con las rocas subyacentes.

La potencia media es de 800-1000 metros va disminuyendo paulatinamente en dirección suroeste.

La secuencia superior está formada por alternancia rítmica de areniscas, aleurolitas y esquistos arcillosos. El yacimiento Castellanos está asociado al borde inferior de esta secuencia. El contacto de la secuencia superior con la secuencia media es concordante. La potencia de la secuencia superior, sobrepasa los 1,500 metros.

Según O.Yurpalov (9) la comparación del corte estudiado en el área con las de algunas de las formaciones destacadas por V.Cherafov (3), permiten suponer (9) que la secuencia inferior corresponde a la parte superior de la Formación San Cayetano. y la secuencia media y superior son partes de la Formación Jagua.

Debido a las dislocaciones tectónicas los horizontes estratigráficos de rocas se encuentran divididos en una serie de bloques, desplazados entre sí decenas de metros.

Condiciones de yacencia y composición de las rocas encajantes.-

Las rocas que se encuentran en el área del yacimiento se hallan divididas en cuatro paquetes, según O.Yurpalov (9) (Anexo III).

El primer paquete localizado en la parte yacente del cuerpo mineral (J_2^1), está compuesto por interestratificaciones de areniscas y aleurolitas, con raras intercalaciones finas de esquistos argilíticos.

El paquete encajante metalífero, está constituido por esquistos argilíticos con intercalaciones finas de calizas y calizas dolomitizadas (J_2^2). Todos estos forman las rocas encajantes del cuerpo mineral.

En el primer paquete que yace sobre el cuerpo mineral (J_3^2) se compone de interestratificaciones de areniscas y aleurolitas; éstos últimos presentan intercalaciones finas de calizas y esquistos argilíticos.

El segundo paquete que yace sobre el cuerpo mineral lo constituyen aleurolitos con intercalaciones escasas de areniscas y esquistos argilíticos.

Todas las rocas anteriormente mencionadas presentan un buzamiento monoclinal hacia el noroeste con ángulo que varía entre los 40° y 70° .

FORMA, TAMAÑO Y CONDICIONES DE YACENCIA DE LOS CUERPOS MINERALES.-

Como se ha mencionado anteriormente el cuerpo mineral yace concordantemente con la estructura monoclinal de sus rocas encajantes. En sus cortes se observa una forma lenticular, donde presenta reducción y ensanchamiento de su potencia.

Del análisis del mapa geológico del yacimiento y teniendo en cuenta que el cuerpo mineral ha sido interceptado a partir del Perfil-2, hasta el perfil -21 es que podemos

decir, que su longitud por su rumbo es próximo a los 1,000 metros . Su espesor varía en los distintos perfiles, oscilando entre 5-50 metros (de acuerdo a los cinco perfiles- estudiados).

Sobre las dimensiones por su buzamiento, se puede decir que -- este cuerpo ha sido localizado en la mayoría de los cortés hasta el nivel -250; aunque existe un pozo (#90) que encontró mineral a la profundidad de 470 m.

TEXTURA DE LOS CUERPOS MINERALES.

Atendiendo a la textura de los cuerpos minerales, éstos se presentan de forma masiva, lenticular estratiforme y diseminadas, asociadas continuamente a un horizonte estratigráfico, compuesto por esquistos argilíticos. La textura del cuerpo mineral es reflejada también en las menas, las cuales presentan una textura bandeada, donde se alternan delgadas capas de mineral propiamente dicho, con capas de la misma potencia (alrededor de 2 mm) de la roca encajante formada por esquistos argilíticos.

Debe mencionarse que en algunas zonas el mineral se presenta recristalizado. Estos aspectos referidos a la textura de las menas, guardan estrecha relación con su génesis lo cual será tratado al final de este capítulo.

PAPEL DE LA ESTRUCTURA EN LA LOCALIZACIÓN DE DOS CUERPOS MINERALES.-

Como ha sido señalado en párrafos anteriores, los cuerpos minerales se disponen concordantemente con las rocas encajantes, en yacencia monoclinal. Este es uno de los criterios que tenemos para la localización de los minerales en -

la zona; ya que hasta el momento no ha sido localizados cuerpos minerales discordantes con la estructura monoclinical de estas secuencias terrígenas Jurásicas.

La influencia de la tectónica disyuntiva no ejerce un control en la mineralización, pero si se puede observar que en la proyección Longitudinal (Anexo IV) el yacimiento ha sido dividido por ésta en bloques; desplazados uno con respecto a otro.

Las dislocaciones plicativas han afectado a las rocas del yacimiento. Se puede observar en los perfiles que estas afectaciones se manifiestan en las rocas encajantes del cuerpo mineral, con variaciones en sus potencias. En aquellas partes del cuerpo en que estas dislocaciones plicativas son más intensas, originan una disminución considerable de la potencia.

De lo antes expuesto, llegamos a la conclusión que la tectónica, tanto disyuntiva como plicativa, no constituye criterios o índices fundamentales que contribuyan a la localización de estos cuerpos minerales, sólo han ocasionado perturbaciones morfológicas en los mismos.

TIPOS DE MENAS Y COMPOSICION MINERALOGICA DE LAS MISMAS.

El yacimiento Santa Lucía, es considerado como un yacimiento Polimetálico de Plomo-Zinc, que está representado por varios tipos de menas, entre las cuales tenemos : baríticas, baríticas-polimetálicas, polimetálicas y sulfúrica. Debido a la ausencia de datos a nuestro alcance nos vemos imposibilitados a tratar las principales características geológicas de las menas por separado (forma de yacencia, abundancia de las mismas, etc.)

Aunque consideramos necesario hacer una breve descripción de la composición mineralógica de estas menas, así como las asociaciones principales de minerales. Desde este punto de vista las menas baríticas están constituidas fundamentalmente por $SO_4 Ba$, las menas baríticas-polimetálicas, además de contener barita se encuentra como minerales fundamentales de galena ($S Pb$), y la esfalerita ($S Zn$); por último están las menas sulfúricas, donde el mineral fundamental es la pitita.

CONSIDERACIONES SOBRE LA GENESIS DEL YACIMIENTO

Al expresar nuestras consideraciones sobre la génesis de este yacimiento polimetálico, antes que todo, queremos dejar constancia de que muchos aspectos del mismo no se encuentran claros y otros se prestan a discusión, por las diferentes opiniones vertidas por los distintos geólogos que han estudiado este yacimiento.

Del análisis de la composición química-mineralógica y fundamentalmente de los rasgos texturales de las menas, que constituyen el yacimiento polimetálico, así como la forma de yacencia del cuerpo mineral y la unidad más simple de estas menas, nos han llevado a la conclusión, de que la génesis de este yacimiento corresponde a los de origen sedimentario. A continuación exponemos las distintas peculiaridades del yacimiento respecto a su formación. El rasgo textural, de la alternancia de las menas piríticas-polimetálicas con las rocas encajantes, es un criterio para suponer que la formación de las mismas ha sido en un ambiente sedimentario subacuático, caracterizado por la periodicidad y ritmicidad de los minerales que constituyen las --

menas, con los sedimentos que forman las rocas encajantes. Es probable que en la cuenca de formación, el contenido arcilloso y calcáreo arcilloso, poseía un alto contenido de material orgánico, el cual al descomponerse creó un ambiente reductor muy intenso; esto se explica por la presencia de sulfuros en estas menas.

En opinión de O. Yurpalov (3) que en esta cuenca, según los datos analíticos, la depositación de las menas, se efectuó en presencia de altas concentraciones de azufre, hierro, zinc, plomo y parcialmente bario. Este autor señala que los esquistos argilitos mineralíferos son muy pobres en esos elementos anteriormente señalados. Es opinión nuestra que la conjugación de esta variedad mineralógica con un medio ambiente sedimentario reductor propició la formación de las distintas menas señaladas anteriormente.

Del análisis megascópico de las menas y de las rocas encajantes próximos a estos; no se manifiesta la presencia de alteraciones hidrotermales; sin embargo algo que favorece a la hipótesis del origen hidrotermal del yacimiento, está dado por su morfología lentiforme asimétrica que se acuña con la profundidad. Esto es muy típico de los yacimientos hidrotermales.

Nosotros suponemos que la recristalización que aparece en algunas zonas del yacimiento, está asociada a las áreas debilitadas tectónicamente por donde ascendieron soluciones hidrotermales de bajas temperaturas, que recristalizaron partes del yacimiento. Actualmente en los países donde se presentan yacimientos polimetálicos de plomo-zinc en secuencias sedimentarias, existen discrepancias entre los inves-

tigadores en cuanto a definir su génesis; ya que se plantea mucho orígenes tales como : sulfarato-fumaróli^{co}, -- exhalatorio-sedimentario, sedimentario y teletermal.

Con los datos disponibles hasta el momento se hace difícil dar una definición acertada sobre la génesis del yacimiento Santa Lucía; no obstante nos inclinamos hacia las hipótesis que plantean que el yacimiento Lucía presente - una génesis sedimentaria y posteriormente por la influencia hidrotermal, recristalizó algunas partes del yacimiento. Por último, las alteraciones hipergénicas, dieron origen - a la formación de los sombreros de hierro.

CAPITULO IV

ANALISIS DE LOS TRABAJOS DE BUSQUEDA
Y EXPLORACION, REALIZADOS ANTERIORMENTE.

IV.- Análisis de los trabajos de búsqueda y exploración realizados anteriormente.-

En la región noroeste de Pinar del Río, antes de la Revolución se han hecho investigaciones geológicas que han abarcado en su mayoría el área del yacimiento Santa Lucía. ^{el} En campo mineral de Santa Lucía es conocido hace varios años por los investigadores como una zona de manifestaciones baríticas y limoníticas.

Alrededor de los años 1940-50 se realizaba la explotación artesanal de cuerpos de barita en una parte de la zona. Valiéndose de trabajos mineros y geofísicos se llevó a cabo la búsqueda de menas cupríferas y piríticas. Se evaluó el Fe en los cuerpos limoníticos. Según O. Yurpalov, estos trabajos realizados sin ningún sistema, no tuvieron resultados importantes.

Además no se conservó los materiales de las investigaciones; solamente algunas menciones en los informes.

En los años 1963-66 en la zona Santa Lucía-Castellanos se llevó a cabo un complejo de trabajos geólogo-geofísicos a escala 1: 10,000 por K. Cruzdiev, M. Cruzdiev, V. Kazantsev, G. Ogorodnikov, I. Balaguer, bajo la dirección de Y. Poplavsky.

El objeto era investigar y revisar los sombreros de hierro; además de evaluar las perspectivas de la zona en general para menas de cobre. Estos trabajos de búsqueda fueron realizados en un área de 19.5 Km². Se utilizó el método geofísico del campo eléctrico natu-

ral (21.3 Km²), que da buenos resultados para la localización de menas sulfurosas. El método geoquímico fue el metamétrico (5.48 Km²). Se perforaron 23 pozos de mapeo para un total de 363.62 metros. Para búsqueda y exploración fueron 16 pozos con un total de 2,553 metros.

Como resultados de los trabajos, se descubrieron los yacimientos de plomo-zinc de Santa Lucía y Castellanos; así como la confección geológico-esquemático de los cuerpos minerales y su evaluación perspectiva. En el yacimiento Santa Lucía las reservas se calcularon en categoría C₂ mediante la perforación de 3 pozos. En el área Castellanos se descubrió tres cuerpos minerales que fueron evaluados en categoría C₂, con la perforación de 13 pozos.

En estos trabajos los depósitos de minerales no fueron delimitados, ni en la profundidad, ni en los flancos por las perforaciones.

Los resultados de los trabajos sirvieron de gran ayuda para realizar la exploración preliminar del yacimiento Santa Lucía; ya que los datos geológicos y geofísicos presentaban buenas perspectivas para aumentar las reservas de plomo-zinc calculadas hasta ese momento.

En los años 1969-72- se llevó a cabo los trabajos de exploración geológica y cálculo de reserva de las menas de plomo-zinc del yacimiento Santa Lucía por O. Yurpelov, M. Zamaschikov, V. Sedov, S. Avtoneev, V. Shulzhenko, Y. Anismov.

Los autores realizaron el cálculo de reserva de las menas en categoría B, C₁, C₂; haciéndolo por separado, las menas sulfurosas y las menas oxidadas; separando además--

dentro de las mismas los depósitos enriquecidos por bari-
tas . Por el complejo de métodos geólogo-geofísicos apli-
cados en el área, se pudo determinar claramente, las ano-
malías que acompañan a los cuerpos minerales. Estos fuer-
ron detectados principalmente por los métodos geofísicos-
de campo natural, polarización inducida y exploración --
gravimétrica . Por metalometría se pudo determinar las -
aureolas de dispersión secundarias complejas, que acompa-
ñan al yacimiento.

En 1972 finalizó la exploración orientativa del yacimien-
to Santa Lucía. Actualmente se hace el estudio para la --
delimitación de las menas mediante la realización de los-
trabajos exploratorios de perforación, en los flancos del
yacimiento, así como por su buzamiento.

CAPITULO V

PROYECTO DE PERFORACION ORIENTATIVA

PROFUNDA

CAPITULO V.-

PROYECTO DE PERFORACION ORIENTATIVA PROFUNDA.

Los trabajos efectuados anteriormente en el yacimiento -- Santa Lucía, estaban encaminados a la exploración orientativa y cálculo de reservas, según la categoría C. Estas -- investigaciones han sido llevadas hasta el nivel -250 metros (Anexo IV).

De todas las perforaciones realizadas, solamente en el -- Perfil No. 12, se perforó un pozo profundo (#90,512 metros de profundidad), el cual cortó mineral entre 470- -- 492 metros.

Como lo muestra los distintos perfiles, la Proyección Longitudinal y los datos de la perforación anterior; se puede asegurar que el cuerpo mineral continúa en la profundidad. Por los resultados de esta perforación, así como por estar situado en el centro del yacimiento y ser el más -- profundo, nos ha servido de guía para poder proyectar los pozos de 1er. orden P.P-1, - P.P-2, P.P-4, P.P-5 y el de -- 2do. orden P.P-3 con una red de 200 x 200; es decir 200 -- metros entre perfiles y 200 metros por el buzamiento del cuerpo mineral, con un ángulo de perforación inicial de -- 70° . Los pozos se proyectan para los perfiles 10, 12, 16 y 20, con el fin de seguir el cuerpo mineral por su buza- -- miento.

DESCRIPCION DE PERFILES

A continuación describiremos algunos cortes geológicos del yacimiento, en los cuales señalaremos entre otras cosas, - la profundidad de los pozos proyectados, la potencia interceptada del cuerpo mineral, así como otras cuestiones que se encuentran en el perfil . Al final de la descripción de cada perfil argumentaremos los distintos criterios en los que nos hemos basado al proyectar las distintas perforaciones.

PERFIL No. 20 (Anexo VI)

En este perfil se realizaron anteriormente tres pozos: P-46, P-58, y P-43. El primero con una profundidad de --- 57.65 metros, interceptó el cuerpo mineral en el intervalo 19.50 - 33.70. El pozo P.58, situado a 50 metros del pozo - P-46 y llevado hasta una profundidad de 101.70 metros, no - interceptó en ningún momento del cuerpo mineral, pero detectó mineralización diseminada a unos 80-70 metros. De ahí , - que se observa un acúmulo del cuerpo mineral entre -- estas dos perforaciones.

La última perforación llevada a cabo en este perfil, con -- una profundidad de ~~239.30~~ ^{localizó una potencia mineral (90 cm) a una profundidad de 117.15 metros,} además una diseminación mineral a los 270-230 metros.

Dada la característica que presenta este cuerpo mineral de estrecharse a incrementar su potencia alternativamente con la profundidad, como lo muestra los perfiles 10,16,18.

Así en el perfil No. 16 se puede observar que en el pozo --- 86 se encontró mineral a una profundidad de 75 metros, con una potencia de 2 metros. Esta disminución brusca de la po--

tencia, no constituyó un criterio determinante para la continuación de las perforaciones en este perfil. Así las perforaciones siguientes al pozo 86 comprobaron el incremento de la potencia del cuerpo mineral. Como ejemplo podemos señalar que en el pozo 52 fue localizada una potencia máxima de 56 metros de mineral a la profundidad de 158 metros.

De todo lo expuesto anteriormente podemos suponer por analogía con el Perfil No. 16, que en el Perfil No. 20 el cuerpo mineral incrementa su potencia con la profundidad, a partir de una potencia mínima localizada en el pozo 43. Todos estos hechos nos han llevado a la proyección de un pozo profundo en este perfil (P.P-1). Este pozo tendrá una profundidad de 390 metros y estará situado a 200 metros del pozo 43 (por la dirección del buzamiento del cuerpo mineral) y a 120 metros por la superficie. Esta perforación tendrá un ángulo inicial de 70° . Esperamos que el cuerpo mineral sea interceptado entre los 260-275 metros y con un ángulo de 55° entre la perforación y el cuerpo mineral. Esta perforación se llevará hasta los 390 metros, con el fin de seguir las investigaciones hasta niveles más profundos; ya que por las características del cuerpo, es posible encontrar otros a mayor profundidad.

PERFIL No. 16 (Anexo VIII)

Basándonos en la explicación dada de este perfil anteriormente y con el fin de cortar el cuerpo mineral en la profundidad, así como para investigar nuevos niveles y como resultado del análisis de la proyección longitudinal, donde el pozo 90 localizó mineralización a los 470-492 metros

y con el fin de mantener las características de la red proyectada, se plantea la realización de un pozo de 1er. orden (P.P-2) con una profundidad de 450 metros; el cual se localizará a 200 metros del pozo 65, por la dirección del buzamiento del cuerpo mineral y a 160 metros por la superficie. Nuestra opinión, es muy probable que el cuerpo mineral sea interceptado en un intervalo entre los 380-395 y con un ángulo de 60° entre el pozo y el cuerpo mineral. Si ésta última perforación (P.P-2) localizara el cuerpo mineral como es de esperar; entonces proponemos la realización de un pozo de 2do. orden (P.P-3) en este perfil, con una distancia de 200 metros por la dirección del buzamiento del cuerpo mineral.

PERFIL No. 12 (Anexo V)

Siguiendo los criterios asumidos para la proyección de los pozos y debido a los resultados obtenidos del pozo 90, así como para mantener la red de 200 x 200 y dado que se han hecho correlaciones, entre los pozos 90 y 76; consideramos necesaria la perforación del pozo P.P-4.

Del análisis de este perfil y fundamentalmente de los resultados de la correlación geofísica, estos han arrojado que no existe una continuidad del cuerpo. Es decir no hay correlación entre la potencia de mineral detectada en el pozo 76 con la potencia encontrada en el pozo 90.

Estos resultados nos conducen a pensar en la posibilidad de tres variantes:

- 1.- Que se trate de cuerpos independientes
- 2.- Que sea el mismo cuerpo, pero desplazado por una falla.
- 3.- Que el cuerpo sea continuo en la profundidad.

Nosotros apoyamos la tercera posibilidad, ya que suponemos que los resultados de la correlación geofísica no presentan un grado de confiabilidad, debido a que la correlación entre las perforaciones 90 y 76, se hicieron a una distancia mayor de 300 metros y además porque los pozos no presentaban buenas condiciones físicas para la correlación.

De las dos fallas observadas en este perfil, consideramos que van disminuyendo sus efectos con la profundidad y es probable que sus planes de fallas sigan la dirección del buzamiento de las rocas encajantes y por ende del cuerpo mineral. Esta suposición es mucho más confiable, ya que hemos detectado indicios de una zona de falla en el pozo 90, unos metros antes de haber cortado la zona mineral. Para aclarar esta situación se proyecta el pozo P.P-4 para una profundidad de 415 metros. Si el cuerpo mineral se encuentra como esperamos, éste será cortado a la profundidad de 265 metros, y con un ángulo de 55° entre el cuerpo mineral y el pozo.

PERFIL No. 10 (Anexo IX)

Debido a que el límite del Proyecto de Perforación Orientativa Profunda, es un límite natural; es decir, la falla transversal que pasa entre los perfiles 8 y 10 (Anexo IV) es por lo cual, se hace necesario situar un pozo (P.P-5) en el Perfil No. 10, el cual se proyecta para una profundidad de 465 metros y será situado a 100 metros del pozo 81 y a 200 metros por la dirección del buzamiento del cuerpo mineral. Se espera que el mismo, corte el cuerpo mineral a los 405-415 metros y con un ángulo de 60° entre el pozo y el cuerpo mineral.

Debe señalarse que este pozo no cumple con la red de perforación de 200 x 200 metros.

CAPITULO VI

PARTE METEOROLOGICA Y TECNICA

CAPITULO VI.- PARTE METODOLOGICA

Las distintas consideraciones sobre la Metodología de los trabajos a realizar, la Parte Técnica, así como la Organización de los trabajos, estarán encaminados para la realización del Proyecto de Perforación Orientativa Profunda, tratado en el Capítulo V.

METODOLOGIA DE LOS TRABAJOS

Como se había tratado en el Capítulo V, para evaluar los niveles profundos es necesario la realización de 5 pozos, basados en la red de 200x 200 metros. Estas perforaciones serán llevadas a cabo en los perfiles 10, 12, 16 y 20.

Las perforaciones en los perfiles, estarán distribuidos de la siguiente forma:

Perfil	1er. Orden	2do. Orden
10	P.P-5	
12	P.P-4	
16	P.P-2	P.P-3
20	P.P-1	

El equipo que se propone para la realización de las perforaciones profundas es la CBA-500. Todos los pozos comenzarán a perforarse con un ángulo inicial de 70°, con el fin de mantener la dirección deseada y lograr cortar el cuerpo mineral lo más normalmente posible a su potencia. Estas perforaciones sufrirán desviaciones de

5° cada 100 metros para lograr los objetivos propuestos.

El diámetro que se utilizará en las coronas no está limitado; para mayor productividad de las perforaciones, se propone coronas de diamantes.

La condición de mayor importancia que se plantea en el desarrollo de estas perforaciones, es la recuperación del testigo; así para las rocas encajantes se propone un 70 % de recuperación y para las zonas de mineral se propone no menos del 80 %.

Todos los pozos deberán atravesar el paquete de esquistos argilíticos y salir a las areniscas que forman el piso. La perforación en las areniscas debe ser hasta unos 10-15 metros.

Para verificar el ángulo de desviación del pozo, se propone realizar inclinometría cada 100 metros perforados. Además para la exactitud de la cantidad de metros perforados debe hacerse control de varillas cada 50 metros.

En la siguiente Tabla se resumen las características principales de los pozos proyectados.

ler.Orden	Perfil	Azimut	Perforación	Prof, de la Perforac.	Angulo de inclinación inic.	Intervalo del cuerpo mineral espe- redol
1	10		P.P-5	465 m.	70	405-415 m.
2	12		P.P-4	415 m.	70	265
3	16		P.P-3 P.P-2	P.P-3 P.P-2 450 m.		P.P-3 P.P-2 380-395 m.
4	20		P.P-1	390 m.	70	260-275 m.

MUESTREO

Las principales informaciones geológicas de las partes profundas del yacimiento, están dadas por los resultados de las investigaciones en los análisis de las distintas muestras de los testigos. De ahí que se hace indispensable la toma de diferentes muestras con el fin de hacer un pronóstico de las características de los cuerpos mineralizados, según los distintos perfiles geológicos. Teniendo en cuenta este punto de vista, se plantea los siguientes tipos de muestras:

- a) Toma de muestra para secciones delgadas y pulidas. Estas se hacen con el fin de estudiar la composición petrográfica y mineralógica, además de las peculiaridades estructurales y texturales de las rocas.
- b) Toma de muestra para análisis espectrales. Para la toma de estas muestras se seleccionan intervalos de 5 metros tomándose fragmentos cada 20 centímetros y agrupándose en una sola muestra. Se aclara que a cada variedad litológica de rocas se le hace el muestreo por separado. Con los resultados de los análisis espectrales se confecciona las curvas de contenido anómalo para estos elementos-trazas, con el fin de detectar las posibles anomalías.

MUESTREO QUÍMICO

Se basa en la toma de muestras ordinarias que se efectúan en toda la mena, teniendo cada muestra 2 metros de longitud. Debe contemplarse además las partes cercanas de la roca encajante. Con esta muestra se realiza el análisis para Pb, Zn, S y Ba.

Con los duplicados de las muestras ordinarias se hacen las muestras compósitas. Partiendo de la experiencia del Yacimiento, cada muestra compósito se confeccionará a partir de 5 muestras ordinarias. La longitud de la muestra debe ser más de 10 metros. Las muestras se toman agrupadas, pero independientemente para cada mineral. Con estas muestras compósito se llevan a cabo los análisis espectrales para Cd, Ga, In, Tl, Ge, As, Ta, Bi, Se, Te y Co. Para Au y Ag se plantea el análisis dosimático.

Desde el punto de vista práctico, la documentación de los testigos debe hacerse por el técnico geólogo, inmediatamente después que lleguen las muestras del campo. El ingeniero geólogo llevará a cabo una segunda documentación, aquí se tomarán las muestras ^{para} secciones delgadas, secciones pulidas, muestras paleontológicas y otras.

TRABAJOS GEOFÍSICOS

La realización de las investigaciones geofísicas de pozos, tendrán como objetivo fundamental resolver las siguientes tareas:

- 1.- Precisión de la profundidad de yacencia de los intervalos mineralizados y determinar su potencia.
- 2.- Detectar la potencia de minerales que no han sido descubiertos durante la perforación en los intervalos donde la recuperación de testigo ha sido baja.
- 3.- La diferenciación de las rocas.
- 4.- Búsqueda de cuerpos minerales en zonas entre los pozos y cerca de las mismas.

VI. 2.- PARTE TECNICA

A continuación se relacionan los distintos equipos especiales que constituyen la parte técnica fundamental que se usará en la realización de las perforaciones profundas planeadas.

No. Orden	Nombre
1	Máquina de Perforación CBA-500
2	Buldozar S-100
3	Camiones especiales para la transportación de agua y lodo.
4	Estación de carotaje AEKS-900
5	Inclinómetro UMI-25 ó IK-2

Consideramos señalar brevemente algunas propiedades técnicas y uso de estos equipos, sobre todo, el equipo de perforación CBA-500, la estación de carotaje AEKS-900 así como el inclinómetro UMI-25 ó IK-2.

MAQUINA DE PERFORACION CBA-500

Esta máquina de perforación pertenece a los equipos que utilizan el sistema hidráulico para el avance del instrumento de perforación, lo cual facilita entre otras cosas, la regulación de la presión sobre el fondo del pozo; a la vez, que posibilita el registro de los contactos de las rocas atravesadas por la perforación, alivia considerablemente el trabajo de los obreros. Esta máquina se caracteriza por su gran potencia y por su alto número de revoluciones del instrumento de perforación.

CAPITULO VII
ORGANIZACION DE LOS
TRABAJS.-

CAPITULO VII.- ORGANIZACION DE LOS TRABAJOS.

Los trabajos proyectados serán llevados a cabo por el Personal de la Brigada Polimetálicos de Santa Lucía. Las máquinas de perforación serán operadas en dos turnos, cada uno de estos estará compuesto por tres obreros (un técnico de perforación y dos auxiliares).

El lodo que se utilizará en las perforaciones será elaborado por la planta de lodo de la Brigada, y el mismo se servirá a las distintas perforaciones ^{en camiones} especiales.

La preparación de las vías de comunicación hacia los pozos, el traslado de la máquina de perforación y la preparación de las plataformas para esta máquina será llevado a cabo por medio de bulldozer- S-100.

Los testigos deben guardarse en cajas de muestreo y bajo techo. La documentación primaria del testigo y las marcas de las cajas se hará inmediatamente en el campo por el técnico-geólogo, el muestreo y la marca definitiva de las cajas llevará a cabo en la casa de muestreo de la Brigada. Esta documentación se realizará por el ingeniero geólogo donde tomaban las muestras necesarias para las investigaciones. Las muestras seleccionadas estarán compuestas por 1/4 o la mitad del testigo de acuerdo con el diámetro de perforación, si éste es menor de 59 mm, como muestra se tomará todo el testigo--salvo para las muestras de cada tipo de menas.

Es deber y preocupación del ingeniero geólogo la puesta en marcha de estos trabajos así como velar por su cumplimiento y calidad de los mismos.

CAPITULO VIII
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.- Correlación eléctrica entre los intervalos minerales.

6.- Determinación de los puntos de acuñamientos de los cuerpos mineralizados en la zona cercana a los pozos.

7.- Determinación de la posición espacial de los pozos.

8.- Investigación gamma-carrotage de los pozos.

Las tres tareas primeras serán resueltas mediante los métodos de carrotage eléctrico (R.A) se va a realizar por medio de una sonda de gradiente MO.95 A.O.18.

El carrotage de campo natural (P.S.) se va a llevar a cabo utilizando uno de los electrodos de la sonda gradiente.

El método de los potenciales de electrodo (M.P.E.) se va a efectuar por medio de una sonda especial de escobilla (den da de cepillo).

Las tareas 4, 5 y 6 mencionadas anteriormente se van a resolver por el método de correlación eléctrica entre los pozos.

La determinación de la posición espacial de los pozos se efectuará con la ayuda de los inclinómetros I.K.-2 ó UM.I-25

Con el fin de buscar elementos radiactivos dispersos en las rocas, se realizará investigaciones de gamma carrotage. Las mismas se llevaran a cabo por medio del equipo ESK-M, de acuerdo con la metodología adoptada para el mismo.

Todos los trabajos de geofísica en los pozos serán realizados por la estación de carrotage móvil AMS-900.

A continuación se relacionan algunos datos técnicos de este equipo :

Profundidad máxima 500 metros
Diámetro de la perforación ..(inicial.. 132 mm 'final) 59 mm.
Angulo de inclinación (en grados) 80-90
Diámetros de las varillas (en mm) 33.5-42-50
Diámetro inferior de vástago - 52 mm.
Recorrido del vástago - 400 mm.
Velocidad de rotación del vástago-- 104-190
(en revoluciones por minuto) 280-380
700-1015
Motor ---- Diesel D-38 M

Estación de Carrotage AHS - 200

Esta estación es un equipo automotriz preparado para realizar los distintos carrotages en pozos hasta una profundidad de 900 metros, éstos se relacionan a continuación:

- 1: Carrotage eléctricos
 - a) Carrotage de resistividad aparente (sondas gradiente)
 - b) Carrotage de potencial espontáneo
 - c) Carrotage de inducción
- 2: Carrotage radiactivos
 - a) Carrotage gamma
 - b) Carrotage neutrón- gamma

El inclinómetro UMI-25 ó IK₊ se conecta a esta estación con el objetivo de medir el acimut y el ángulo de inclinación del pozo durante su perforación.

CAPITULO VIII.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.-

En este capítulo recogemos las principales conclusiones y recomendaciones a que hemos llegado en el presente --- trabajo de grado; éstos expresan en sí la conjugación del análisis de la literatura consultada y los datos aportados de las investigaciones geológicas, hechas directamente en el yacimiento.

CONCLUSIONES:-

- 1.- La geología de la región es sumamente compleja y la misma se refleja en dislocaciones tectónicas que han plegado las distintas litologías, principalmente las rocas terrígenas parcialmente metamorfozadas de la Formación San Cayetano.
- 2.- El desarrollo geológico de la región del noroeste de Pinar del Río, recoge los principales rasgos evolutivos de una porción del geosinclinal cubano, en la zona eu geosinclinal. Muchos aspectos de este desarrollo geológico no se presentan claros, fundamentalmente los criterios que se exponen en la manifestación o no de la fase Nevadiana de tectogénesis en esta área .
- 3.- La localización de los cuerpos mineralizados, en el yacimiento Santa Lucía, están directamente relacionados con las secuencias terrígenas de la Formación San Cayetano, estos cuerpos polimetálicos están asociados genética y especialmente a los estratos de esquistos argilíticos carbonatados .

4.- La influencia de la tectónica en el control de la mineralización de este yacimiento no es de mucha importancia, ya que sólo ha producido dislocaciones en el cuerpo mineral.

5.- La génesis de este yacimiento polimetálico, presenta aspectos aún no esclarecidos, lo cual ha conducido a distintas hipótesis sobre su formación. Es opinión del autor (con los datos a su alcance) que este yacimiento se incluye en los de fase sedimentaria; -- una primera fase de génesis sedimentaria y una segunda fase, expresada en una débil influencia de soluciones hidrotermales.

6.- Los trabajos propuestos, en el capítulo de Perforación Orientativa Profunda, pueden posibilitar la evaluación de las reservas de esta parte del yacimiento, desde el nivel 250 hasta -350, según la categoría C₂ y pronóstico. Con la realización de estas perforaciones profundas, no se excluye la posibilidad de localizar nuevos cuerpos mineralizados.

RECOMENDACIONES:-

1.- Las perforaciones propuestas en el proyecto recomendamos que se realicen en el siguiente orden:

P.P-1; P.P-2; P.P-4; P.P-5 y P.P-3

2.- Si se localiza mineral en los pozos de perforación profunda propuestos, consideramos necesario recomendar la exploración orientativa hasta el nivel - 350; de presentarse lo expuesto se hace indispensable densificar la red de exploración en 100 x 100-metros.

BIBLIOGRAFIA



REPUBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SANTIAGO DE CUBA

FACULTAD DE TECNOLOGIA

ESCUELA ING. GEOLOGICA

ACTA

Reunido el Tribunal designado por Resolución de 8 de Julio de 1974 del Sr. Director de la Escuela de Ing. Geológica y constituido por los profesores:

Lic. Gabriel García

Presidente

Ing. Dayana Mo Pherson

Secretario

Dr. Royal Pérez Bando

Vocal

compareció ante dicho Tribunal Francisco F. Fernández Peña para realizar la defensa de su Trabajo de Grado:

Estructura Geológica del Yacimiento Santa Lucía

como aspirante al título de Ingeniero Geólogo

Efectuadas las pruebas pertinentes, el Tribunal acordó APROBAR este Trabajo de Grado con la calificación de BIEN e informar al Sr. Decano de esta Facultad, a los efectos procedentes.

Y para constancia se expide la presente ACTA, que firman los miembros del Tribunal, en Santiago de Cuba, a los veinte días del Julio de 1974

[Signature]
Secretario

[Signature]
Vocal

[Signature]
Presidente



REPUBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SANTIAGO DE CUBA

OPINION SOBRE EL TRABAJO DE GRADO TITULADO ESTRUCTURA GEOLOGICA
DEL YACIMIENTO SANTA LUCIA DEL GRADUANDO FRANCISCO FERNANDO FER
NANDEZ PEÑA.

El presente trabajo titulado "ESTRUCTURA GEOLOGICA DEL YACIMIENTO SANTA LUCIA", fué cumplimentado por el graduando Fernández Peña en tres etapas diferentes.

La primera etapa consistió en la recopilación de un gran volumen de materiales en el Fondo Geológico Nacional.

La segunda etapa fué realizada en el campo en la Brigada de exploración geológica de Santa Lucía del DGGG, en la provincia de Pinar del Río. Durante este lapso de tiempo el graduando realizó diferentes trabajos de campo, con el fin de familiarizarse y conocer el yacimiento desde el punto de vista geológico.

La tercera etapa se convirtió en la etapa de elaboración y confección de todos los materiales, los que por su volumen le ocuparon un tiempo bastante grande.

Vale significar, que aunque el trabajo mantiene su título original, por dificultades existentes en la Brigada y a solicitud de los Geólogos soviéticos que trabajan en la misma se le añadió un capítulo titulado "PROYECTO DE PERFORACION ORIENTATIVA PROFUNDA", el cual complementa y enriquece en gran medida el presente trabajo. En este capítulo el graduando expone un proyecto de exploración en la profundidad, así como la ubicación de las perforaciones con sus proyecciones longitudinales. Además con criterios muy seguros, señala el orden de realizar cada perforación así como el ángulo bajo el cual deben perforarse, profundidad a la cual debe ser interceptado el cuerpo mineral y por último la profundidad a la cual debe detenerse la perforación. Todo este reviste una gran importancia para la producción, ya que este proyecto debe comenzarse en un futuro inmediato y este trabajo puede servir como base para el referido proyecto.

El material gráfico presentado por el autor es abundante y con una calidad excelente, lo cual denota la laboriosidad y esmero del graduando.

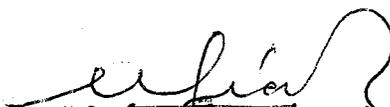


REPUBLICA DE CUBA
UNIVERSIDAD DE ORIENTE
SANTIAGO DE CUBA

Por ultimo quisieramos señalar que la actitud del estudiante Fernandez Peña, durante el desempeño de su trabajo ha sido -- magnifica, tanto en la disciplina como en el trabajo.

Por todo lo expuesto anteriormente consideramos al graduando Fernandez Peña ha demostrado tener los conocimientos necesarios para optar por el título de INGENIERO GEOLOGO.

Respetuosamente.


Lic. Eirén Díaz Rodríguez
Profesor Guía.

Stgo de Cuba, 5 de Julio de 1974
"AÑO DEL XV ANIVERSARIO"

- 1.- Benes, Karel.
Elementos Estructurales de la parte central de la
Formación San Cayetano.
Revista Tecnológica. Mayo-Junio, 1968, No. 3
- 2.- Betejtin, A.
Curso de Mineralogía
Editorial Mir
Moscú, 1970.
- 3.- Cherepanov, V.M. Cuellar, A. y Glebov, C.N.
Informe de los Trabajos de Búsqueda y Levantamiento, a es-
cala 1:50,000 realizado en la parte noroeste de la provin-
cia de Pinar del Río.
Fondo Geológico, La Habana.
- 4.- Furrázola-Bermúdez, G., Judoley, C.M. y otros.
Estratigrafía y Fauna del Jurásico en Cuba.
I.C.R.M. La Habana, 1968.
- 5.- Furrázola-Bermúdez, G., Judoley, C.M. y Otros.
Geología de Cuba.
I.C.R.M., La Habana.
- 6.- Rumiantsev, G.
Acerca de la Mineralogía de las menas cupríferas-píriticas
del Occidente de Pinar del Río
- 7.- Sorokin, B.
Proyecto para la realización de los trabajos de Búsqueda-
Levantamiento y de amarre-revisión, a escala 1:50,000 en
los contornos oriental y meridional de los campos minera-
les Santa Lucía-Castellanos y Matahambre-Mono
Fondo Geológico, La Habana, 1971.
- 8.- Vologdin, N. y Dorofeeva, G., Frumkina, G.
Geo PR - 78
Fondo Geológico, La Habana.
- 9.- Yurpalov, C. y otros
Informe con el cálculo de las reservas de las menas de Plom-
bo-zinc, del yacimiento Santa Lucía, según los trabajos de
exploración geológica, realizados en 1969-1972.
Fondo Geológico, La Habana.

Antes de comenzar el análisis del trabajo por capítulos, quisiéramos recomendar que se cambiara el título del presente Trabajo de Grado, ya que el trabajo realizado por el graduando corresponde específicamente al siguiente tema: Proyecto de Exploración Orientativa con Perforaciones Profundas. Además entendemos que igualmente debería ser cambiado el título del capítulo V "Proyecto de Perforación Orientativa Profunda", por "Proyecto de Exploración Orientativa con Perforaciones Profundas".

A continuación relacionamos los señalamientos por capítulos:

Capítulo I Parte General

El capítulo está bien elaborado, conteniendo una recopilación bastante completa de los trabajos antes realizados, haciéndose aquí un análisis de los aspectos que han sido contradictorios, así como de los problemas no resueltos en las investigaciones anteriores.

Además, en la parte inicial se trata de una forma concreta y sustancial la situación económico-administrativa y geográfica de la región, así como la zona del yacimiento.

Capítulo II Geología de la Región

Sistema Cretácico Serie Superior (Cr²)

Esta incompleta la descripción de la litología, ya que plantea la que está presente en la parte Sureste, y dice que difiere de la presente en la zona costera, pero no hace mención de esta.

II.2.- Magnetismo

Debe aclararse en que fallas están localizados los cuerpos de rocas ultrabásicas serpentinizadas y de gabroides.

II.4.- Tectónica

Cuando habla del Piso estructural inferior, lo hace en una forma tan general, que no se entiende nada. No hay ningún criterio para fundamentar la existencia de este Piso Estructural.

Capítulo III.- Génesis

Se plantea que la alternancia de rocas encajantes y menas es un índice del carácter sedimentario del Yacimiento. Pero nosotros entendemos que este no es un índice absoluto para explicar la génesis del mismo.

Los argumentos que se dan pueden explicar la génesis sedimentaria de las menas piríticas, mientras que las menas de Pb-Zn pudieran estar relacionadas con los procesos hidrotermales (teletermiales) en las zonas de dislocaciones tectónicas.

Capítulo V Proyecto de Perforación Profunda

Entendemos que no está claro el criterio empleado para decir que las fallas entre los pozos 90 y 76, tomen dirección paralela a la estratificación en la profundidad, si su dirección general es transversal a la misma.

Capítulo VI. 1.- Trabajos Geofísicos

Entendemos que podría proponerse la utilización del carotage Gamma - Gamma, para la determinación del contenido de Cu y otros elementos metálicos en los cuerpos minerales (hablamos del Gamma-Gamma selectivo), por medio de la misma estación con la utilización de una sonda GC-3 con una fuente de baja energía.

VI.2.- Parte Técnica

Entendemos que debía incluirse en el Proyecto de Perforación, una columna técnico-geológica representativa de los pozos proyectados, con todos los datos litológicos, así como las características del régimen de perforación en las diferentes partes (intervalos) de los pozos.

Profundidad máxima 500 metros
Diámetro de la perforación ..(inicial.. 132 mm 'final) 59 mm.
Angulo de inclinación (en grados) 80-90
Diámetros de las varillas (en mm) 33.5-42-50
Diámetro inferior de vástago - 52 mm.
Recorrido del vástago - 400 mm.
Velocidad de rotación del vástago-- 104-190
(en revoluciones por minuto) 280-380
700-1015

Motor ---- Diesel D-38 M

Estación de Carrotage AHS - 900

Esta estación es un equipo automotriz preparado para reali--
zar los distintos carrotages en pozos hasta una profundidad-
de 900 metros, éstos se relacionan a continuación:

- 1: Carrotage eléctricos
 - a) Carrotage de resistividad aparente
(sondas gradiente)
 - b) Carrotage de potencial espontáneo
 - c) Carrotage de inducción
- 2: Carrotage radiactivos
 - a) Carrotage gamma
 - b) Carrotage neutrón- gamma

El inclinómetro UMI-25 ó IK₊ se conecta a esta estación con-
el objetivo de medir el acimut y el ángulo de inclinación del
pozo durante su perforación.

A continuación se relacionan algunos datos técnicos de este equipo :

Profundidad máxima 500 metros
Diámetro de la perforación ..(inicial.. 132 mm 'final) 59 mm.
Angulo de inclinación (en grados) 80-90
Diámetros de las varillas (en mm) 33.5-42-50
Diámetro inferior de vástago - 52 mm.
Recorrido del vástago - 400 mm.
Velocidad de rotación del vástago-- 104-190
(en revoluciones por minuto) 280-380
700-1015
Motor ---- Diesel D-38 M

Estación de Carrotage AHS - 200

Esta estación es un equipo automotriz preparado para realizar los distintos carrotages en pozos hasta una profundidad de 900 metros, éstos se relacionan a continuación:

- 1: Carrotage eléctricos
 - a) Carrotage de resistividad aparente (sondas gradiente)
 - b) Carrotage de potencial espontáneo
 - c) Carrotage de inducción
- 2: Carrotage radiactivos
 - a) Carrotage gamma
 - b) Carrotage neutrón- gamma

El inclinómetro UMI-25 ó IK₊ se conecta a esta estación con el objetivo de medir el acimut y el ángulo de inclinación del pozo durante su perforación.

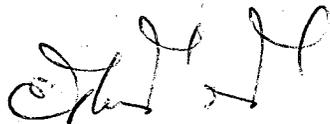
Capítulo VIII Conclusiones

Entendemos que la mayor parte de las conclusiones o la casi totalidad de las mismas, no son propias del autor, por lo que el trabajo en su mayor parte consiste en una recopilación bibliográfica,

Entendemos además, que el contenido de trabajo del mismo ha sido poco, por lo que el graduando se ha limitado a extender en la profundidad los cortes geológicos antes confeccionados por los especialistas soviéticos que trabajaron allí, lo mismo puede decirse de los mapas y proyecciones del Yacimiento.

Nosotros tenemos la opinión de que el Trabajo de Grado en cuestión, adolece de una falta de trabajos y resultados en general, donde se pueda observar la aplicación de los conocimientos adquiridos durante la Carrera y su entrenamiento para enfrentar los trabajos Práctico-productivos que le esperan en el futuro.

Por todo lo antes expuesto, y teniendo en cuenta que el mismo ha cumplido con el programa de trabajo para él establecido por su Profesor-Guía, pedimos para el presente Trabajo de Grado la calificación de APROBADO.



Ing. Elmer Ruz Peña
Profesor Oponente

Santiago de Cuba, Julio 8 de 1974
"Año del XV Aniversario"

Conclusiones del trabajo no que sólo
al graduando sino también de él,
específicamente sobre la genesi-
sistemática del yacimiento. Se da
por concluida la defensa a las 11:10 a.m.

Después de distribuir el
recurso y acordar otros de la categoría
de buena (B) - por una vez más
al trabajo de grado del diplomante
Fernando Fernández, se informa
que ~~de este~~ ^{acceda} de este al interesado
y público presente.

Dado en la Escuela de Ingeniería
Geológica de la Universidad de Santiago de
Cuba, a los nueve días del mes
de Julio de mil novecientos treinta
y cuatro.

MA

Acta

Defensa del trabajo de grado "Estructura geológica del macizo de Santa Lucía" del diplomante Fernando F. Fernández.

Comienza la exposición ^{del trabajo} a las 10:10 a. m. La misma se efectúa en una clase amplia, notándose que el expositor no tenía dominio del tema. Se presentaron seis perfiles geológicos, un mapa geológico de la zona y un mapa geográfico. Termina la exposición a las 10:32 a. m.

Continúa el profesor guía Lic. Efraín Díaz ~~haciendo~~ lectura a ^{propósito} ~~propósito~~ sobre el trabajo de grado. Posteriormente el oponente, Ing. Elmer Díaz leyó su crítica acerca del trabajo.

El graduando contestó a las ~~preguntas~~ ^{críticas} con bastante habilidad, es decir, de modo un poco deficiente a las del público, en líneas generales responde bastante bien, aunque con deficiencias.

Entre el profesor guía y el oponente se produce un severo acérrimo al título y contenido del trabajo de grado. El guía además añade a las críticas que se le hacen a las