

\*\*\*\*\*  
\*  
INSTITUTO SUPERIOR MINERO METALURGICO  
FACULTAD DE GEOLOGIA Y GEOFISICA  
DEPARTAMENTO DE CIENCIAS GEOLOGICAS APLICADAS

TRABAJO DE GRADO

ANALISIS GEOLOGO ECONOMICO PARA LA PERFORACION  
DE POZOS DE EXPLOTACION EN EL BLOQUE CENTRAL  
DEL YACIMIENTO CRISTALES

GRADUANDO:

FELIX PEREZ BLANCO.

TUTOR:

TIRSO RODRIGUEZ ALMIRA.

Resumen.

Indice.

	Pag.
CAPITULO I	
Introducción.....	1
CAPITULO II .	
Condiciones Físico Geográficas de la zona.....	3
2.1. Situación Geográfica.....	3
2.2. Relieve.....	3
2.3. Red Hidrográfica.....	3
2.4. Clima .....	4
2.5. Economía .....	4
CAPITULO III	
GEOLOGIA DE LA ZONA.....	5
CAPITULO IV	
ESTRATIGRAFIA.....	8
4.1. Estratigrafía de la Cuenca Central.....	8
4.2. Estratigrafía del Yacimiento.....	17
CAPITULO V	
EVOLUCION GEOLOGICA.....	20
CAPITULO VI	
TECTONICA.....	25
6.1. Tectónica de la Cuenca Central.....	25
6.2. Tectónica del Yacimiento Cristales.....	30
CAPITULO VII	
MAGMATISMO.....	35
CAPITULO VIII	
PARTE ESPECIAL.	
HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICAS REALIZADAS EN LA ZONA.....	44
CAPITULO IX	
CARACTERISTICAS PETROFISICAS Y PETROGRAFICAS DE LAS ROCAS COLECTORAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.....	49
9.1. Propiedades Petrofísicas de los Colectores.	49
9.2. Propiedades Petrográficas de los Colectores.	51
CAPITULO X	
BREVES CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.....	57

	Pgg.
CAPITULO XI	
RESUMEN DE ENSAYOS Y EXPLOTACION PARA LAS CAPAS COLECTORAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.....	68
CAPITULO XII	
RECALCULO DE LAS RESERVAS DE HIDROCARBUROS PARA EL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.....	78
CAPITULO XIII	
ARGUMENTACION DE LOS POZOS DE EXPLOTACION PROPUESTOS.....	83
13.1 evaluación económica del Pozo C-X.....	85
CAPITULO XIV	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	86
BIBLIOGRAFIA.	
TABLAS ANEXAS.	

## I.- INTRODUCCION.

El presente trabajo tiene como objetivo, el análisis geológico-económico de los diferentes horizontes productivos que se encuentran dentro del Complejo Pre-Orogénico en el Bloque Central del Yacimiento Cristales, concentrando nuestra atención en el Horizonte "B", el cual posee la mayor productividad dentro del yacimiento.

Para el análisis, el autor recopiló y elaboró los datos y documentos necesarios que estaban a su alcance. El tiempo de duración del mismo fue de cuatro meses y medio, realizándose en la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo de Oriente (E.PeE.P.O), ubicada en el municipio de Majagua en la actual provincia de Ciego de Avila.

Nuestro trabajo consta de dos partes; una general, donde se dan todas las características geológicas de la zona y una especial donde se realiza un análisis de las características geológicas y productivas de los diferentes horizontes productores y en especial el horizonte "B".

Nuestra zona de estudio ocupa un área de 10-12 Km<sup>2</sup> aproximadamente, ubicada a poco más de 7 Kms. al Noreste del municipio de Majagua.

En el Bloque Central del yacimiento se han perforado un total de 86 pozos (anexo I), muchos de ellos por empresas americanas tales como la Trans-Cuban Oil y la Cuban American; conservándose en numerosos casos las documentaciones de los mismos.

En el área se han obtenido producciones industriales de petróleo numerosos pozos y para diferentes horizontes productivos, siendo los principales los horizontes "A" y "B".

Debemos destacar que para la confección de la primera parte de nuestro trabajo, hemos tomado directamente del "Trabajo de Grado" del Ingeniero Carlos Sosa M., realizado en el Yacimiento Cristales, numerosos datos, con los cuales estamos de acuerdo y creemos además que recogen de una forma resumida todos los trabajos realizados anteriormente en la zona. Se introduce además en la estratigrafía del yacimiento un nuevo esquema estratigráfico tanto para Zona Central de Cuba como para el Yacimiento Cristales en particular.

Para la realización del trabajo se confeccionaron 4 correlaciones litogeofísicas (anexos V, VI, VII, VIII), un mapa estructural para el Horizonte "B" (Anexo IX), un mapa de espesores netos (Anexo XIII), Tres mapas de producción de petróleo (anexos X, XI y XII) y otros.

En general se trata de dar una caracterización detallada de las características productivas del Bloque Central del Yacimiento Cristales.

No podemos concluir, sin antes hacer llegar nuestro más profundo reconocimiento a todos los compañeros que de una forma u otra han prestado su colaboración en el desarrollo exitoso de este trabajo. En especial damos gracias al Ingeniero Tirso Rodríguez Almira, Tutor de nuestro trabajo, que ha sabido hacernos llegar sus conocimientos y experiencias; así como a los Ingenieros Francisco García de la Torre y Lorenzo Morciego, oponentes, por sus críticas que de tanto nos han servido por nuestra falta de experiencias en este tipo de trabajo. Damos nuestro agradecimiento además al Ingeniero Marcial Varona y al compañero Enrique Aguilar y en general a todos los compañeros de la E.P.E.P.

También hacemos llegar nuestro agradecimiento a los compañeros Aurelio Mompie, Teresina de Dios, Manuel López y Ana Rosales alumnos de 5º año de geología por la ayuda prestada durante su práctica docente junto a nosotros,

A todos muchas gracias...

## II.-CONDICIONES FISICO-GEOGRAFICAS DE LA ZONA.

### 2.1-Situación Geográfica.

Nuestra área de estudio, se encuentra ubicada en el municipio Majagua, en la actual provincia de Ciego de Avila. Geográficamente se encuentra en la parte central-este de la isla de Cuba.

Las vias de comunicación al yacimiento en cuestión están representadas por:

La carretera Central que pasa a 5 Kms. del mismo; el Ferrocarril Central a 7 Kms., existiendo además terraplenes en muy malas condiciones que comunican al yacimiento con otras localidades.

El área del Bloque Central del Yacimiento Cristales es de 10-12 Km<sup>2</sup>. El petróleo que se extrae del mismo es transportado a través del Ferrocarril Central hacia la refinería "Sergio Soto" - de Cabaiguán, la cual se encuentra a unos 80 Kms. de Majagua donde es refinado. El gas que se obtiene de forma natural en los pozos es enviado por un gaseoducto a la termoeléctrica "Raul Martínez" en el poblado de Vicente en la provincia de Ciego de Avila, donde es utilizado como combustible.

### 2.2-Relieve.

El relieve en la zona, al igual que en toda la Cuenca Central está representado por extensas llanuras, pudiéndose encontrar algunas colinas aisladas principalmente hacia la zona de Marroquí con cotas de hasta 300 mts.

### 2.3-Red Hidrográfica.

La red hidrográfica del yacimiento es muy pobre, representada por dos ríos; el Río Majagua que corre de norte a sur, pasando a unos 900 mts. de la Bateria Central, abasteciendo de agua técnica a todo el yacimiento. Este río presenta varios afluentes intermitentes, los cuales durante los períodos de lluvias se hacen más corrientes; y el Río Guayacanes que atraviesa casi toda la parte sureste del yacimiento, haciéndose intermitente durante los períodos largos de secas.

#### 2.4-Clima.

El clima de la región, al igual que todo nuestro país, es un clima tropical, con temperaturas en invierno que oscilan entre 15 y 24º C, en verano es de 27 - 32º C.

Las precipitaciones varían durante el año tanto en intensidad como en frecuencia, siendo la temporada de lluvias de Mayo a Octubre. Durante el invierno las lluvias son muy escasas.

La temporada ciclónica en esta región, al igual que en todo el país, se observa desde la segunda mitad del mes de Agosto hasta la segunda mitad del mes de Octubre.

#### 2.5-Economía.

La economía de la Región Central en general, está determinada fundamentalmente por la industria azucarera. En la región se pueden localizar varios centrales azucareros tales como: Uruguay, Ciro Redondo, Enrique José Varona, Orlando Gonzales, etc., así como varios centros de acopio que sirven de caña a los mismos.

Con el avance del desarrollo del país se han ido incrementando otras industrias de mucha importancia para la economía del país como es el caso de la Fábrica de Cemento Siguaney, la Fábrica de Pienzo, la Fábrica de conservas, etc.; además se está desarrollando a gran escala el cultivo de cítricos, viandas, tabacos, plátanos, arroz y otros.

Hacia la zona de Cristales existe cierto desarrollo de la ganadería.

### III.-GEOLOGIA DE LA ZONA.

La Depresión Central de Cuba (Cuenca Central), corta a la isla con una dirección S-SW a N-NE, siendo sus dimensiones variables, su ancho fluctúa desde 28 Km. en el suroeste hasta 3 Km. en el noreste, con un ancho promedio en la parte central de 15 Km. Su largo es de unos 40 Km.

Coincidimos con el Ingeniero Carlos Sosa M., en su trabajo Análisis Geológico del Horizonte Calizas Cristales (1975), cuando plantea:

"El borde sur de la Cuenca Central está cubierto por rocas sedimentarias del Paleógeno, Neógeno y Cuaternario; solamente en la región de Ciego de Avila-Jicotéa (fuera de la Cuenca), afloran rocas del Complejo Inferior Eugeosinclinal (Mesozoico)".

El borde norte de la Depresión presenta una constitución muy compleja; al noreste se desarrollan sedimentos del Paleógeno y del Neógeno, desde la bahía de Jigüe hasta Chambas. Más al suroeste el borde norte contacta con rocas del Anticlinorio de Santa Clara y más al suroeste la Depresión se limita con el sistema de elevaciones Triana-Taguasco, cuyo flanco sur está dislocado por la falla Tuinicá.

En la zona de Zaza del Medio, en la intersección de las fallas Tuinicá y Zaza; el límite norte de la Depresión se desvía al sur, observándose al noroeste como afloran rocas vulcanógenas y granitoides de la Unidad Tectónica de Trinidad (según B. Muñoz y J. L. Iparraguirre). Anexo II.

El Yacimiento Cristales está relacionado con el flanco sureste de la Cuenca Central de Cuba, que posee una constitución geológica muy compleja.

En la zona donde se ubica el Yacimiento Cristales afloran rocas del Oligoceno ( $Pg_3$ ) y del Mioceno ( $N_1$ ); como se observa en el mapa Geológico de la parte central de Cuba.

Sin embargo, por los datos más recientes de las perforaciones, en la constitución geológica del Yacimiento Cristales participan tres complejos litológicos, que han sido atravesados por numerosos pozos en el yacimiento, siendo ellos de arriba hacia abajo los siguientes:

Primero: -Complejo Inferior ; constituido según plantea Roitman



por una secuencia de rocas vulcanógenas-sedimentarias de Cretácico Superior, apareciendo hacia la parte alta de este corte el horizonte productivo denominado Horizonte "B".

Segundo:-Complejo Medio;constituido por una secuencia terrígena -carbonatada de edad Cretácico Superior-Paleógeno, apareciendo hacia la parte superior del corte el horizonte denominado Calizas Cristales.

Tercero:-Complejo Superior;secuencia de rocas carbonatada-terrígena de edad Paleógeno-Neógeno.

Algunos autores consideran que en la Depresión Central se localizan dos Complejos estructurales principales ;el Orogénico Inferior de edad Cretácico Superior (Maestrichtiano)-Paleoceno y el Post-Orogénico, superior de edad Eoceno-Cuaternario. Otros autores consideran para estos mismos complejos otras divisiones, Ejemplo de ello lo tenemos en la que señala Lazarev y que plantea que el Complejo Orogénico abarca las rocas desde el Jurásico Superior hasta el Cretácico Superior Santoniano; y el Post-Orogénico desde el Campaniano hasta el Antropógeno.

Los Complejos mencionados yacen sobre las rocas de las formaciones geosinclinales, que tienen un rumbo transversal a la Depresión Central. Además se destaca un Complejo de rocas Pre-Orogénicas (Cretácico Inferior aptiano-Cretácico Superior campaniano), que tienen una constitución transitoria tanto por la composición como por el carácter de las dislocaciones.

Las estructuras del Complejo Orogénico y Post-Orogénico son distintas. La estructura del primero según V.S. Shein, J. Alvares y otros, representa un Graben extendido en dirección noroeste con flancos escalonados y bien pronunciados.

La profundidad de hundimiento del bloque desplazado por las fallas según los autores antes mencionados, en su zona axial centro es de 2,5-5,5 Kms., y dentro de sus flancos escalonados es de 0,5-2 Kms.

La zona axial se caracteriza por presentar un sistema de pliegues profundos y hundidos, que aumentan su hundimiento hacia la parte sureste desde 2,5 hasta 5,5 Kms.

En la zona de flancos es característica la presencia de dos sistemas de fallas; una de dirección longitudinal y otra transversal. Las manifestaciones de las últimas están dadas por las divi-

sión en bloques de la Depresión Central, en cuanto a su aspecto morfológico. Las fallas que aquí aparecen son normales y sus amplitudes son considerables, alcanzando los 1000 mts. y más.

La estructura del Complejo Post-Orogénico, en rasgos generales hereda la estructura de los depósitos Orogénicos. No obstante es bastante sencilla y determinan aquí dos pisos estructurales.

Las manifestaciones de las dislocaciones originadas por fallas, regularmente no se determinan, excepto en las zonas de flancos, donde se manifiestan intensamente los mismos movimientos tectónicos que dieron origen a las fallas.

La Depresión Central se considera como una estructura de primer orden y posee una tectónica bastante compleja, presentando varias estructuras, tanto plicativas como disyuntivas.

Con relación a la estructura de primer orden, el Yacimiento Cristales está en una zona de orden menor; hacia la zona Anticlinal Rubio-Cristales, mas exactamente en el Anticlinal Cristales-Guayacanes (anexo III). El mismo se encuentra afectado por varias fallas, de las cuales existen dos de ellas que lo dividen en tres bloques bien diferenciados; Bloque Norte, Bloque Central y Bloque Sur.

#### IV.-ESTRATIGRAFIA.

##### 4.1-Estratigrafía de la Cuenca Central.

La estratigrafía de la Depresión Central resulta difícil de estudiar si se tiene en cuenta la carencia de materiales geológicos que nos permitan realizar tal estudio con algún grado de detalle, como es la carencia de levantamiento geológico en la región, así como la poca cantidad de núcleos cortados durante la perforación de los pozos y la poca precisión en la determinación de los contactos entre los sistemas geológicos, etc.

Dificulta extraordinariamente el estudio estratigráfico la poca sistematización de los trabajos geológicos a través de la historia de las investigaciones en la Cuenca Central, tanto en la etapa pre-revolucionaria como en la actual.

La confección de este capítulo está basada fundamentalmente en el resumen de todos los trabajos de estratigrafía de la región realizado por el Ingeniero Carlos Sosa M. (1976), así como la adición de nuevos datos y nuevos esquemas surgidos recientemente para la Región Central de Cuba.

A continuación pasaremos a describir la estratigrafía de la región.

##### Sistema Jurásico

Este sistema está poco estudiado en la Depresión Central de Cuba y sus alrededores.

Han sido determinadas rocas del Jurásico Inferior y Medio en el macizo de Trinidad, donde aparecen esquistos arcillosos, cuarzo-firro-micáceos, grafitico-carbonatado, argiláceos, etc. (Según M. Judoley y G. Furrázola en la geología de Cuba); existen otros autores que plantean que es posible que sean rocas del Paleozoico (Pensilvánico-Pérmico), o posiblemente algo más antiguas (ejemplo Hatten y otros).

También del Jurásico Medio se consideran los depósitos yesíferos del norte de la antigua provincia de Camagüey (Punta Alegre). Según lo han confirmado los datos paleontológicos de las rocas del diapiro, que presentan esporas de plantas, encontradas duran

te la perforación del pozo Tina 1. <sup>no</sup> Cerca de los poblados de Esmeralda y Donato han aparecido buenos afloramientos de rocas que se atribuyen al Jurásico Superior, representadas fundamentalmente por calizas con gran cantidad de radiolarios.)

ii) Se datan también del Jurásico, las rocas del Anticlinorio Santa Clara; en la región sur de Santa Clara (Sierra Alta de Agabama), donde han aparecido rocas metamórficas (Geología de Cuba de M. Judoley y G. Furrázola.)

iii) Según los datos del Jurásico, en el área de la Cuenca Central y sus alrededores; fueron reportados por Rutten y Thiaden las Calizas Aptychus, en varias localidades, siendo determinada la edad de las mismas como del Tithoniano. +)

La perforación del pozo Jatibonico 78 (pozo paramétrico), determinó la posibilidad de la presencia de rocas Jurásicas en la Cuenca Central. Este pozo penetró una secuencia de rocas esquistosas, entre las que aparecen los esquistos micáceos gris verdoso y clorítico-actinolíticos y sericíticos, etc., que aparecen en el intervalo 4810-4336 mts.)

<sup>no</sup> Por analogía pueden estas rocas descubiertas por el pozo Jatibonico 78 ser datadas como Jurásicas; analizando su semejanza con las que aparecen en el macizo del Escambray.) <sup>no</sup>

Puede ser analizada la posibilidad de que estas rocas esquistosas sean bloques arrastrados por una masa de serpentinitas apoharsburgíticas, antigoríticas, cloríticas y carbonatadas. Seguidamente aparecieron las rocas esquistosas.

Esta posibilidad podría justificarse con la hipótesis de Semionov, que plantea que las serpentinitas ascienden por los planos de debilidad de las rocas de basamento (metamórficas) y las rocas suprayacentes, vulcanógenas y que en su actividad de ascenso arrastran consigo bloques a veces de gran tamaño de las rocas del basamento.

#### Sistema Cretácico .

Este sistema ha sido estudiado por varios geólogos en Cuba Central, los cuales han expuesto diferentes criterios a cerca de la presencia de las rocas Cretácicas.

Algunos autores como Jaworsky y Traunth, separaron la secuencia Jurásica y Cretácica en Cuba Central por la presencia de las Calizas Aptychus, contemplando estas como Cretácicas, pero Imlay (1942), demostro que estas calizas Aptychus eran del Jurásico Superior (tithoniano); criterio que aún en la actualidad se mantiene.

En la región de la Cuenca Central no se ha determinado con certeza el contacto entre ambos sistemas.

Según Pardo (Geología de Cuba), las rocas efusivas del sur descansan sobre las rocas metamórficas supuestas del Jurásico Inferior y medio, presentando el siguiente perfil:

- 1.-La posición inferior la ocupan Porfiritas Basálticas y sus tobas, con intercalaciones de areniscas y conglomerados.
- 2.-Más arriba yacen Porfiritas Basálticas amigdaloidales, con finas intercalaciones de rocas silíceas, areniscas poco calcárea y conglomerados.
- 3.-Porfiritas Basálticas Olivínicas y Augíticas (doleritas), diabasas que constituyen flujos de lavas de gran potencia, con estructura en almohadillas y en parte interestratificaciones de conglomerados, esquistos y tobas.

La secuencia descrita está cubierta por rocas del cenomaniano, por lo que se consideran del Cretácico Inferior.

Los criterios de Pardo, así como los de Hatten y Meyerhoff y otros no se reportan con absoluta evidencia y solamente puede suponerse que las rocas efusivas que se observan debajo de las calizas del cenomaniano, en el sur de Cuba Central, pertenezcan al Cretácico Inferior.

En el trabajo de Magmatismo de la Cuenca Central, de R. Segura, se plantea que la base de las rocas vulcanógenas en el perfil, parecen ocuparlas flujos de lavas predominantemente básicas, que se emplazaron en condiciones subacuáticas, pertenecientes a la Formación Espilito-Queratófídica del desarrollo geosinclinal.

La edad de esta secuencia fue determinada por Hatten como Pre-Albiana, ya que en las rocas suprayacentes se interestratifican calizas del Albiano. Esta secuencia Hatten la denominó Diabasa Zurrapandilla.

En el perfil la secuencia se continúa con las lavas basálticas y sus tobas, las que fueron denominadas por Bond como Formación Fomento.

Más arriba la composición se va haciendo media, ocurriendo la transición a porfiritas andesítico-basálticas, y a porfiritas andesíticas, haciéndose las tobas cada vez más abundantes, con interestratificaciones de rocas sedimentarias con efusivas, así como piroclásticas y mixtas (tufitas, rocas tufogénicas, etc), con fauna del cenomaniano-turoniano; se caracterizan además por cambios faciales abruptos, ya que en distancias cortas los perfiles reproducen secuencias diferentes, como consecuencia de la compli cada tectónica que afectó al área.

Este Complejo se puede referir a la Formación "Tobas" de Thiaë dens (1937), o a la serie de "Tobas" de Rutten.

Características similares presentan las rocas del pozo Jatibonico 78, desde el núcleo 1 al 24 (650-2384) mts., con un espesor de 1730 mts.; aparecieron tobas fundamentalmente litoclasticas y subordinadamente tobas cristaloclasticas, tufitas, areniscas y aleurolitas tobáceas, también con fauna, porfiritas andesíticas. Las determinaciones paleontológicas efectuadas a las muestras faunísticas evidenciaron una edad cenomaniano-turoniano.

Con la deposición de las rocas sedimentarias, tales como las carbonatadas, indican que al parecer terminó una época de actividad volcánica.

Se evidencia un segundo ciclo de actividad volcánica con la deposición de las Formaciones "La Rana" y "Dagamal" que según Veratnat corresponden a los Volcánicos del Norte, semejantes a los Volcánicos del Sur (Formaciones Fomentos Y Cabaiguán); pero estas formaciones no se han podido identificar en los pozos perforados en la Depresión Central de Cuba.

La edad de la Formación La Rana, se ha calculado como post-Tobas "Cabaiguán y post Calizás Serrucho; ya que descansan en aparente discordancia angular sobre ambas formaciones. Hatten plantea que

estas no son parte de la "Serie Tobas". También sus elementos se encuentran dentro del Aglomerado "Eloisa" de edad campaniano-maestrichtiano.

Hatten supone que esta Formación corresponde a las erupciones de basaltos que ocurren después de la elevación de la masa pl<sub>e</sub>gada, siguiendo el esquema de Turner.

La Formación "La Rana" debe representar una pulsación retardada de la actividad volcánica anterior (Según R. Segura).

La Formación Daganal, relacionada con la Rana, tiene una composición petrográfica semejante a la Formación "Tobas Cabaiguán"; teniendo ambas una gran variabilidad de flujos y productos piroclásticos. La edad se ha calculado como coniaciano-santoniano, por la presencia de determinados fósiles característicos para esta edad.

A partir de estos momentos se depositó el llamado Cretácico sedimentario, formado por las "Calizas Carlota" y sus homologas las "Calizas Catalina" y "Cristales", con frecuentes intercalaciones arcillosas, areniscas y conglomerados.

Este período está representado por sedimentos vulcanomícticos de matriz areno-arcillosa, con intercalaciones de sedimentos finos y gruesos, conglomerados, etc.

Los fósiles de los sedimentos finos, son típicos de mares algo profundo, como lo demuestran las especies de Globotruncana y varios Heterohelicidae; en las fracciones gruesas se observan formas bentónicas de mares someros, como Sulcoperculina.

Hacia la parte superior del cortejo y dentro del Yacimiento Cristales, se observa la presencia de calizas y calcarenitas.

La Cuenca se fue rellenando a fines del Cretácico Superior y en los fondos someros se formaban rocas arrecifales. Lateralmente se observan facies conglomeráticas que contienen clastos vulcanógenos diversos.

Otros investigadores, en informes sedimentológicos anteriores, han denominado las diferentes secuencia del Cretácico Sedimentario, como es el caso de G. Echavarría que elaboró el siguiente esquema:

- Calizas "Loma Iguará".....Maestrichtiano Superior
- Lutitas "Guayo" .....Maestrichtiano Superior e Inferior.
- Conglomerado "Eloisa".....Secuencia de calizas reportadas en los pozos Catalina y Carlota de edad Campaniano-Maestrichtiano Inferior.
- Aglomerado "La Rana".....Para el conglomerado inferior se le asigna la edad Campaniano.

### Sistema Paleógeno.

Los movimientos tectónicos que ocurrieron a fines del Cretácico Superior ( $Cr_2$ ) se extendieron a la base del Paleógeno(Pg) y afectaron fundamentalmente el período Paleoceno( $Pg_1$ ).

Tales fenómenos determinaron que el Paleoceno( $Pg_1$ ) sea facialmente muy diverso, apareciendo mezclados con sedimentos tanto del Eoceno Inferior como del Cretácico. Este último aparece abundantemente redepositado, en el Daniano, principalmente como consecuencia de los movimientos que elevaron las capas más antiguas y provocaron su erosión.

En los pozos donde se han reportados, constituyen esencialmente una secuencia de arcillas, limonitas y arenas que alternan rítmicamente, descritas por muchos autores como "Flysh Zaza".

Entre los fósiles de la facie nerítica se encuentran; Miliolidae, Rotalidae, Nummulites y otros; para las regiones con mayor subsidencias; Globigerinidae y Globorotalidae.

El Eoceno Inferior( $Pg_2^1$ ), en algunos casos está indiferenciado del Paleoceno( $Pg_1$ ), en otros casos está ausente como consecuencia de la prolongación de los movimientos de fines del Cretácico Superior, y en otras zonas aparecen indiferenciados de los sedimentos del Eoceno Medio( $Pg_2^2$ ).

De forma general se presenta como sedimentos terrígenos, que cada vez son más finos; en ocasiones aparecen lentes calcáreos con foraminíferos de mares someros como Asterociclina, Clavulina y Espiraspectamina. En los sedimentos terrígenos aparecen Globigerina, Globorotalia, Globigerapsis, Ankenina, Lepidociclina



## Dictioconus.

Al parecer la zona donde hoy se encuentra el Yacimiento Cristales, fue parte de la Cuenca que en ese período sufría movimientos de ascensos y descensos, acumulándose en sus bordes rocas productos de la erosión de regiones emergidas antiguamente, especialmente del Cretácico Superior.

El Eoceno Medio ( $Pg_2^2$ ), en diversos lugares de la Depresión Central aparecen indiferenciados de las rocas del período anterior por las características petrográficas tan semejantes en ambas, y la carencia de buenos fósiles guías, y por ello la imposibilidad de situar su límite con exactitud.

Se compone fundamentalmente por una secuencia terrígena en la que aparecen areniscas y conglomerados polimícticos, con clastos vulcanógenos, apareciendo a veces calizas con matriz arcillosa.

Durante este período ocurre la fase final de la "Orogénesis Cubana", que marca los límites del Complejo Estructural (Piso Estructural) Geosinclinal y el comienzo del nuevo Complejo Estructural Post-Geosinclinal o Post-Orogénico. Ocurre por tanto las últimas fases de la sedimentación terrígena del Geosinclinal.

Los movimientos precursores de la gran Orogenia Cubana de finales del Eoceno Medio ( $Pg_2^2$ ), determinaron que a comienzos de este período se produjeran fracturas y erosión de las rocas infrayacentes, que fueron erosionadas y mezcladas. Por ello en la base del Eoceno Medio se confunden y mezclan las rocas del Eoceno Inferior, siendo difícil la separación de ambas edades.

También se comprueba por la presencia de Brecha-Conglomerados que intercalan en la base del Eoceno Medio.

Entre los fósiles pelágicos, los más abundantes son: Globigerina, Globorotalia y Globigerapsis; entre los bentónicos aparecen los géneros siguientes: Amphystegina, Nummulites, Asterociclinas y otros.

El Eoceno Superior se depositó con mayor predominio los sedimentos finos, de regulares profundidades, como son las arcillas arenosas, areniscas calcáreas, etc. Ocasionalmente se producen paquetes de calizas que se originaron en las partes más elevadas del fondo o en los bordes litorales. Existió relativa tran-

quilidad tectónica, predominando el hundimiento lento de la región de forma general, aunque hay porciones que tienen diferencias substanciales.

Los fósiles planctónicos que caracterizan este período son: Globigerinidae, spp; Globorotalia, spp y entre los fósiles bentónicos: Asterocyclina, Nummulites, Lepidocyclina y Amphystegina. Aparecen también calizas arrecifales con macrofósiles como moluscos, corales y equinodermos.

En este período el Oligoceno ( $Pg_3$ ) no aparece en todas partes. Según G. Furrázola, existen algunos bloques donde no se han registrado fósiles de este período, lo que indica que durante el mismo la zona se mantenía elevada y no se depositaron o si se depositaron fueron erosionados posteriormente.

En lugares donde aparecen las rocas del Oligoceno, corresponden a rocas similares a las descritas en el Eoceno, pero algo más arcillosa, siendo más escasas las calizas y más abundantes las margas, limonitas y arcillas. Al parecer estas zonas no fueron afectadas por movimientos tectónicos, a no ser los movimientos Neo-tectónicos.

En los sedimentos de mares profundos existen fósiles pelágicos típicos; Globigerina, spp; Catapsydrax, Sp.

Las calizas tienen numerosos macrofósiles y foraminíferos bentónicos como Nummulites, Lepidocyclina, etc.

#### Neógeno-Cuaternario.

Al principio del Mioceno ( $N_1$ ) se produce una transgresión marina, que provoca una deposición de sedimentos alternos de calizas arrecifales, areniscas calcáreas, margas y arcillas.

En toda la Cuenca no se produce la misma sedimentación ni con la misma intensidad, ya que hay zonas donde se piensa que los sedimentos Miocénicos fueron erosionados y las capas que se presentan son más recientes, aunque no están diferenciadas las secuencias de este período con las del Cuaternario (Q), por lo que se describe como un solo complejo Neógeno-Cuaternario.

Esto ocurre precisamente en el área donde se encuentra el Yacimiento Cristales. Aquí aparecen caps de calizas, margas y arcillas con microfósiles diversos, correspondientes a ese intervalo.

En regiones cercanas a la costa se desarrolló una fauna típica de aguas someras; Moluscos (Strombus, Pecten, etc.), Equinodermos, Corales, Briozoos, Algas, Foraminíferos Bentónicos (Archaias, Pene-roplis, Miliólidos, etc.). En los sedimentos finos aparecen: Glo-bigerina, spp; Globorotalia, spp; etc.

CAPITULO IV  
ESTRATIGRAFIA.

#### 4.1.-ESTRATIGRAFIA DEL YACIMIENTO.

Si difícil ha sido para muchos autores la confección de la estratigrafía de la Cuenca Central, más difícil es para nosotros realizar un estudio estratigráfico de yacimiento Cristales y en especial del Bloque Central del mismo, ya que no contamos con datos suficientes para realizar con algún grado de detalle su estratigrafía.

Si hacemos un análisis de los núcleos enclavados en los pozos durante su perforación, podemos darnos cuenta que son numerosos, sin embargo, el objetivo fundamental de los mismos ha sido detectar las manifestaciones de hidrocarburos en los diferentes horizontes, no obteniéndose documentación estratigráfica de los mismos, cosa esta que nos impide realizar con éxito nuestro trabajo.

Es por todo esto que nos vemos obligados a asumir para este capítulo el esquema estratigráfico adoptado por el Departamento de Geología de la Empresa de Perforación y Extracción de Petróleo de Majagua en casi todos los informes y proyectos realizados a partir del año 1974.

El presente capítulo trata de dar una visión estratigráfica general del Yacimiento Cristales, toda vez que como expresáramos anteriormente, carecíamos de datos suficientes para poder establecer las diferentes discordancias que estamos seguros aparecen en el área del yacimiento.

No podemos continuar sin antes hacer saber, que las correlaciones realizadas por nosotros, de las cuales se hace referencia en capítulos posteriores, fueron realizadas en base a los resultados de los registros geofísicos; tales como los eléctricos, ayudados por los registros de hidrocarburos y los registros radiactivos.

Según el esquema mencionado anteriormente, los pozos perforados en el Yacimiento Cristales han atravesado tres de los cinco Complejos Litológico-Estructurales que componen el corte de la Cuenca Central. Estos complejos son de abajo hacia arriba; Complejo Pre-Orogénico, Complejo Orogénico y Complejo Post-Orogénico.

##### Complejo Pre-Orogénico.

Ha sido atravesado en su parte superior por numerosos pozos

en el Bloque Central del Yacimiento Cristales. Está constituido por una secuencia de rocas vulcanógenas, las cuales pueden separarse en dos partes; una inferior, constituida predominantemente por rocas efusivas básicas y sus tobas de edad Cretácico Inferior ( $Cr_1$ ) y otra superior, vulcanógena-sedimentaria representada por brechas y conglomerados tobáceos, tobas efusivas de composición básica, alternada con lentes de arcillas y calizas, etc. La edad de esta secuencia es coniacino-turoniano.

En la secuencia superior se han diferenciado varios horizontes productivos, que se encuentran separados entre sí por intercalaciones arcillosas.

Estos horizontes son de abajo hacia arriba; Horizonte "D", Horizonte "C", Horizonte "B" y Horizonte "A". Estos horizontes no se desarrollan de igual forma en todo el yacimiento.

#### Horizonte "D".

Es el más profundo y constituye un horizonte muy local, sólo se tienen datos de él en el área del pozo C-77.

#### Horizonte "C".

Se extiende en todo el Bloque Sur del Yacimiento Cristales y de él se han obtenido producciones industriales de petróleo en algunos pozos del Bloque Central.

#### Horizonte "B".

Es el más extendido y el de mejor características colectoras en el yacimiento, siendo además el objetivo fundamental de nuestro trabajo. De este horizonte se ha extraído el volumen fundamental de la producción dentro del yacimiento.

En el Bloque Sur ha sido comprobado, mediante inyacción de agua, que existe comunicación hidrodinámica entre los horizontes "B" y "C".

#### Horizonte "A".

Se encuentra bastante desarrollado en gran parte del yacimiento, constituye la parte superior del Complejo Pre-Orogénico, de él se han obtenido también producciones industriales de petróleo en el yacimiento.

Litologicamente el Horizonte D se caracteriza por el predomi-

nio de rocas vulcanógenas de alta resistividad y dureza como; basaltos, porfiritas y tobas muy duras.

Los horizontes "B" y "C", son muy similares según su composición; tobas litoclásticas y cristaloclásticas con intercalaciones de basaltos y material sedimentario, conglomerados tobáceos, etc.

#### Complejo Orogénico.

Abarca las rocas desde el Cretácico Superior hasta el Eoceno Inferior ( $Pg_2^1$ ) y está constituido por sedimentos terrígenos-detríticos, tales como arcillas y aleurolitas, areniscas, conglomerados calcáreos y polimícticos y calizas. De él parte el primer horizonte productor del yacimiento, denominado Horizonte "Calizas Cristales".

#### Complejo Post-Orogénico.

Sobre las rocas terrígeno-arcillosas del Complejo Orogénico yacen los depósitos carbonatados y en menor grado terrígeno del Complejo Post-Orogénico, Correspondientes al Eoceno Medio ( $Pg_2^2$ ) - Cuaternario (Q).

Litológicamente estas son las calizas arcillosas y pelitomórficas y en menor grado areniscas con cemento calcáreo. Estas rocas están bien caracterizadas por microfaunas, aunque no tenemos en nuestras manos las descripciones paleontológicas realizadas para los núcleos cortados dentro de este período, además existen muy pocos datos paleontológicos de los pozos.

CAPITULO V  
EVOLUCION GEOLOGICA



## V.- EVOLUCION GEOLOGICA.

Los complejos estructurales establecidos; de Basamento o Pre-Orogénico, Orogénico y Post-Orogénico, responden a determinadas etapas del desarrollo geológico del territorio en cuestión.

Según el Ingeniero Carlos Sosa M. (1975), plantea:

### "Complejo de Basamento o Pre-Orogénico"

"Aunque no existen datos suficientes para establecer la historia del desarrollo de este complejo, podemos plantear que existen algunos hechos que indican que en el período de formación del mismo, todo el territorio de Cuba Central constituía una cuenca única; tales hechos son; la presencia de rocas metamórficas (esquistos) en el Anticlinorio de Santa Clara, que se asemejan a las reportadas en la Sierra de Trinidad?"

El pozo Jatibonico 78, a los 4180 mts. de profundidad, hasta los 4336 mts. encontró esquistos con cierta semejanza a los reportados en la Sierra de Trinidad. Esto nos permite suponer que estos esquistos constituyen la parte superior del Basamento.

### Complejo Orogénico.

El desarrollo de este complejo corresponde con la formación de dos cuencas que dieron origen a diferentes zonas geotectónicas tales como; Eugeosinclinal, Miogeosinclinal y la zona de transición entre ellas o Elevación Media.

En la parte interior de la cuenca Eugeosinclinal, ocurrió la acumulación de rocas vulcanógenas y sedimentarias, correspondientes al Cretácico Inferior y Superior (C<sub>1</sub> - C<sub>2</sub>).

En la cuenca exterior, Miogeosinclinal, se acumularon rocas carbonatadas y evaporitas.

En la zona de transición o Elevación Media, durante el período comprendido entre el Jurásico Superior y el Cretácico Inferior (neocomiano), se caracteriza por tener condiciones Miogeosinclinales. Después del neocomiano las condiciones Eugeosinclinales abarcan esta región.

Durante la etapa final de la "Orogénesis Subhersiniana" comenzó el levantamiento de grandes zonas anticlinales, acompañadas de

numerosas intrusiones ácidas.

numerosas intrusiones ácidas.

Hasta este período la historia del desarrollo del geosinclinal fue común para toda la región, inclusive para la Cuenca Central, que hasta estos momentos es componente del Sistema Geosinclinal.

A partir de la Orogénesis Subhersiniana comienza a cambiar el desarrollo geosinclinal, disminuyendo gradualmente la actividad volcánica.

En diferentes lugares de la cuenca se detecta que las rocas Sedimentarias del Cretácico Superior ( $Cr_2$ ) o del Terciario yacen discordantemente sobre diferentes horizontes de tobas, esto refleja la discordancia Turoniano-Campaniano Inferior; y como resultado de la Orogénesis Subhersiniana se forman distintas zonas tectónicas positivas y negativas, complicadas con numerosas dislocaciones.

Es precisamente en esta etapa que surge la Depresión Central de Cuba, como una zona o como un Graben en una zona de elevación general. Dentro del Graben, las fallas sublatitudinales son las responsables de las elevaciones y depresiones. Se tienen además otros sistemas de fallas más jóvenes de dirección meridional que complican aún más el esquema estructural, fundamentalmente del complejo vulcanógeno.

En el transcurso de esta etapa se acumularon sedimentos del Cretácico Superior y más jóvenes a lo largo de la Depresión. Durante el Campaniano-Maestrichtiano predomina la subsidencia, pero localmente la zona sufrió movimientos tectónicos de ajustes que fallaron y plegaron determinadas áreas, produciéndose levantamientos locales.

La profundización de la cuenca se mantiene en la zona norte-noroeste, acunándose gradualmente hacia las fallas Tuinicú y Zaza. En esta zona cerca de la costa se desarrollan algunas calizas arrecifales.

En el área de Jatibonico ocurre una emersión, produciéndose la erosión de los sedimentos Cretácicos, así como partes de las rocas volcánicas. Esta área permanece más elevada, aportando sedimentos a las zonas hundidas, como el sureste de la cuenca, en que la subsidencia es mayor, acumulándose la mayor potencia

de sedimentos del Cretácico.

Esta zona se va elevando gradualmente hacia la falla Zaza, donde se depositan calizas de mares poco profundos.

La parte suresste es la de mayor espesor de rocas sedimentarias Cretácicas de mares profundos, aunque localmente, en la zona de mayor elevación como en el área de Catalina, se desarrollan Biohermos.

A fines del Cretácico Superior, se produce una transgresión marina que cubrió toda el área de la cuenca, facilitando de esta forma la acumulación de sedimentos arcillosos. Posteriormente en algunas regines se producen nuevos levantamientos.

Durante el Paleógeno ( $Pg_1$ ), la parte sureste de la cuenca, cerca de la falla La Trocha, sufre movimientos de ascensos y descensos, en la que predominan los primeros, que impiden la deposición de grandes espesores de sedimentos de esta edad. Lo mismo ocurre en el área de Rubio-Jatibonico.

En la parte central y suroeste continúa la subsidencia y los depósitos Paleocénicos no se pueden separar de los del Eoceno Inferior por su carencia o por su secuencia uniforme de lutitas y arenas.

La sub-cuenca de Taguasco-Norita, continúa el proceso de subsidencia bien marcada.

La parte sureste continúa elevándose durante el Eoceno Inferior ( $Pg_2$ ) por lo que se puede apreciar poca deposición de sedimentos de esta edad. En algunas áreas no ha sido diferenciado el Eoceno Inferior del Eoceno Medio, por su semejanza litológica y la carencia de buenos fósiles índices.

En el área de Rubio-Jatibonico, en la zona de Rubio hay grandes acumulaciones de sedimentos de mares profundos y abiertos. La falla que separa ambos bloques debe haberse reactivado durante el Paleoceno.

En la zona noreste, cerca de la Falla Tuinicú, la deposición es característica de mares poco profundos, depositándose conglomerados de zonas litorales.

En la parte noroeste y suroeste, y central, continúa la subsidencia rellenándose la cuenca hasta llegar a capas de calizas de mares poco profundos. La cuenca sigue siendo más profunda hacia el sur-suroeste.

Durante el Eoceno Medio ( $Pg_2^2$ ) continúa la subsidencia en varias regiones, pero los movimientos preliminares de la Orogénesis Cubana, producen localmente fracturas y plegamientos, así como la reactivación de algunas fallas que por un lado producen elevaciones y por otro subsidencias, donde se aportan secuencias conglomeráticas.

Hay zonas donde ocurren subsidencias depositándose rocas detríticas, en otras zonas donde la subsidencia es menor se depositan calizas y conglomerados.

En este período regionalmente se registra una discordancia que corresponde a la Orogenia Cubana, que se observa con más claridad en las zonas elevadas. A causa del levantamiento y erosión se observan que los sedimentos más jóvenes yacen directamente sobre rocas Cretácicas.

En el Eoceno Superior ( $Pg_2^3$ ) se mantienen las condiciones de subsidencia. Hacia finales de este período la cuenca se había rellenado parcialmente y los mares eran someros, por lo que se fueron acumulando rocas carbonatadas en algunas áreas.

Las rocas Oligocénicas sólo existen en la región más occidental de la cuenca, donde transicionan en su base con las capas más altas del Eoceno Superior, estando la mayor parte de la cuenca a fines del Oligoceno en constante erosión.

Después de los movimientos ocurridos durante la transición del Oligoceno-Mioceno, ocurre una transgresión marina, donde ocurre la deposición de grandes espesores de rocas de mares neríticos, que incluyen conglomerados, areniscas y calizas, así como también rocas detríticas. Generalmente estas rocas cubren discordantemente las secuencias anteriores.

En la región central y suroeste continúa la subsidencia con la deposición de una secuencia de rocas carbonatadas y arcillas arenosas en la base, mientras que hacia arriba son más calcáreas, hasta llegar a la formación de calizas arrecifales.

A fines del Mioceno ( $N_1$ ) se produce una elevación general que barre con los sedimentos superiores depositados durante ese período.

Las capas Pliocénicas y Cuaternarias son muy difíciles de reconocer por su litología y fauna, ya que ambos caracteres son muy parecidos en las rocas miocénicas que cubren parte de la cuenca con sedimentos calcáreos de poca profundidad.

## VI.- TECTONICA.

### 6.1- Tectónica de la Cuenca Central.

En el corte geológico de Cuba Central, al igual que el de la isla en general, se distinguen claramente tres complejos estructurales, como señala V.S. Lazarev en su trabajo "Condiciones Tectónicas de Cuba Central".

El Complejo Inferior (Complejo de Basamento), está constituido por metamorfitas (rocas metamórficas del Anticlinorio de Santa Clara y la Unidad Tectónica de Trinidad). Considerando los datos de estudios anteriores, se le asigna condicionalmente a estas rocas la edad Paleozoico-Jurásico Inferior y Medio (Pz-J<sub>1-2</sub>)?.

El Complejo Medio (Facies Geosinclinales), abarca la secuencia de rocas desde el Jurásico Superior Hasta el Santoniano.

En la parte norte de la isla el complejo está constituido por rocas o Facies Miogeosinclinales, representadas por rocas vulcanógenas-sedimentarias.

V.S. Shein y otros autores denominan a este complejo como Complejo Orogénico, planteando que el mismo abarca la secuencia de rocas desde el Cretácico Superior (maastrichtiano)-Paleoceno (Cr<sup>m</sup><sub>2</sub>-Pg<sub>1</sub>).

El Complejo Superior abarca los depósitos desde el campaniano hasta el Antropógeno y está constituido en todas partes por depósitos terrígeno-carbonatados. V.S. Shein y otros autores sitúan este complejo desde el Eoceno hasta el Cuaternario (Pg<sub>2</sub>-Q).

Todos los complejos distinguidos tienen su estructura interior propia y están separados entre sí por discordancias que señalan o reflejan etapas importantes en el desarrollo Geosinclinal. Dentro de cada complejo existen varias discordancias que señalan los momentos menos importantes en la formación de la estructura de Cuba Central.

La Depresión de la Cuenca Central atravieza la parte central de la isla en dirección NE. Esta Depresión se depositó durante la etapa final de la Orogénesis Subhersiniana y está rellena por rocas vulcanógenas-sedimentarias y sedimentos del Cretácico y rocas del Paleoceno-Cuaternario.

La Depresión Central de la Cuenca, no suficientemente estudiada (Según Izarev), se distinguen varias zonas anticlinales y depresionales, a su vez complicadas por braquiestructuras menores. Están desarrolladas dislocaciones de rumbos;

1- Noreste, concordantes con la extensión de la Depresión.

2- Noroeste, discordante respecto a la extensión de la Depresión, pero concordante con el rumbo de las dislocaciones del Complejo Geosinclinal.

En el informe geológico de B. Muñoz y J.L. Iparraguirre, se hace una descripción detallada de las estructuras adyacentes a la Depresión y las estructuras propias, las cuales aparecen señaladas en el anexo III.

En el trabajo al cual se hace referencias, aparecen las descripciones de las estructuras de la Cuenca Central, de las cuales describimos a continuación con mayor grado de detalle las que guarden relación con nuestra área de estudio y sus alrededores.

Entre estas estructuras tenemos:

#### Zona Anticlinal Bijabo.

La estructura fundamentalmente dentro de esta zona es la Nariz Estructural Bijabo, que está limitada al noroeste por la falla Zaza. Esta se hunde hacia el sur-sureste y sus dimensiones son de 6,5 x 15 Kms.

#### Zona Sinclinal Sancti Spíritus.

Esta zona se encuentra en el borde sureste de la Depresión y sus dimensiones son 6,5 x 33 Kms. En su interior se halla el Sinclinal Sancti Spíritus y la pequeña estructura positiva Angelina. También en el borde sureste aparece otra pequeña estructura denominada Majagua.

#### Zona Anticlinal Vega Grande-Catalina.

Esta zona separa las zonas Sancti Spíritus-Noritas (Zonas Sinclinales).

Hacia la parte noroeste se halla la Nariz Estructural Vega Grande y en el este, el Grupo Anticlinal Catalina-Cometa. Hacia su parte oeste se encuentra la estructura positiva Cometa

&-debe decir fundamental en vez de sundamentalmente

y más al este la estructura Catalina.

#### Zona Sinclinal Norita.

Se encuentra al norte de la Zona Anticlinal Vega Grande-Catalina y su parte fundamental tiene dirección NE-75°. Sus dimensiones son de 4-11 x 30 Kms. En su parte más profunda se encuentra el Sinclinal Norita de igual dirección.

#### Zona Anticlinal Rubio-Cristales.

Esta zona anticlinal se encuentra en la parte central de la Depresión y conserva la misma dirección. Esta estructura es de gran contraste y tiene una amplitud aproximada de 1000 mts.

Las dimensiones de la zona es de 5 x 31 Kms. El flanco de la misma está complicado por la Falla Cristales. Es posible que se tenga una falla que constituya el límite norte de la zona, pero para el trazado en el esquema no se cuenta con suficientes datos. Las fallas trazadas se caracterizan por no atravesar completamente el Complejo Sedimentario Cretácico-Terciario. En las rocas Terciarias los ángulos de buzamientos de la estructura son muy suaves y varían entre 17-8°.

La zona señalada se complica con el Grupo Anticlinal Jatibonico-Reforma en su parte occidental y en su parte oriental con la Elevación Cristales-Guayacanes.

#### Grupo Anticlinal Jatibonico-Reforma.

Posee dirección semejante a la Zona Anticlinal general y sus dimensiones son 3 x 16 Kms. Dentro de sus límites tenemos dos estructuras locales ; Jatibonico y Reforma-Guayos, ambas separadas por una Silla Estructural. Estas estructuras igualmente conservan la dirección general de la zona y sus dimensiones son; para Jatibonico 2,5 x 5,5 Kms. y para Reforma-Guayos de 2,5 x 6,5 Kms.

La estructura Jatibonico es la zona donde las rocas vulcánicas se encuentran a poca profundidad, constituyendo de esta forma la estructura más elevada de la zona anticlinal.

Hacia el este se desarrolla la estructura Cristales-Guayacanes de dirección NW-280°, es decir que tiene una dirección un poco distinta a la dirección de la Depresión.



El Yacimiento Cristales, asociado a la estructura Cristales-Guayacanes, está complicado por dos fallas que lo dividen en tres bloques escalonados; Norte, Central y Sur (Según Proyecto # 401 del Ingeniero Francisco Garcia de la Torre).

De esta manera el bloque Central queda limitado hacia el norte y el sur por dos dislocaciones disyuntivas (fallas normales), pero al noreste no están determinadas y se hace necesario su comprobación con nuevas perforaciones y nuevas correlaciones. Hacia el suroeste las dos fallas convergen, sin precisarse en la actualidad la zona donde ocurre tal fenómeno, por desconocerse por donde pasan dichas fallas.

#### Silla Estructural Maira.

Esta complicada estructura divide la zona hundida de Marroquí de la Zona Sinclinal Norita y por otro lado separa el Anticlinorio de Santa Clara de la Zona Anticlinal Rubio-Cristales.

Dentro de esta Unidad Tectónica se desarrollan algunas estructuras de tercer orden, tales como: la Nariz Estructural Adelaida de dirección parecida a la dirección de la Depresión Central, que su eje se hunde hacia el sureste con ángulo de 20-30°; y el Anticlinal Maira de dirección semejante al Anticlinorio Santa Clara.

#### Zona Sinclinal Marroquí.

Se encuentra al este de la Silla Estructural Maira y al norte de la Zona Anticlinal Rubio-Cristales. En esta zona la Depresión Central es más estrecha y ocupa casi todo el ancho de la cuenca en esa región.

Al norte limita con la Zona Anticlinal Gabrieles-Morón. Su borde sur se convierte paulatinamente en monoclinal.

Dentro de la Zona Sinclinal se distinguen esas estructuras de tercer orden; como Grupo Sinclinal Marroquí y Grupo Sinclinal La Corona y las estructuras de Cuarto orden, Anticlinal Pina y Sinclinal Guano Alto.

#### Grupo Anticlinal Agustín-Ceballo (Norte).

Está desarrollado en el monoclinal del borde sur de la Depresión Central. Las estructuras están limitadas al sur por la

falla la Trocha, que posiblemente las corte.

Silla Estructural Cunagua.

Está en la parte más estrecha de la Depresión Central y separa la Zona Sinclinal Marroquí de la Zona Sinclinal La Palma.

Zona Sinclinal La Palma.

Esta zona es la última de las depresiones que se encuentran en la parte extrema oriental, determinada en base de datos gravimétricos. El extremo oriental de esta estructura se interrumpe por un gradiente gravimétrico de dirección NW-325º, que pudiera representar una falla.

## 6.2- Tectónica del Yacimiento Cristales.

El Yacimiento Cristales desde el punto de vista tectónico se encuentra ubicado en la Zona Anticlinal Rubio-Cristales Señalada con la letra "F" en el anexo III. Esta zona forma parte del Anticlinal Cristales-Guayacanes, señalado en el mismo anexo con el número "9".

La estructura del Yacimiento Cristales está afectada por varias fallas que complican aún más su estructura, afectando fundamentalmente al Complejo Inferior Vulcanógeno-Sedimentario y también la parte inferior del Complejo Medio, como se puede observar en la correlación IV-IV' en el anexo VIII (falla  $f_2$ ), que aparece en nuestro mapa de ubicación de los pozos, anexo I.

Haciendo un análisis de las perforaciones realizadas en el yacimiento y sus argumentaciones, se detectaron dos fallas de tipo normal e incidentes que cruzan la estructura de Cristales en dirección SW-NE y que dividen la secuencia vulcanógena-sedimentaria de Cristales en tres bloques bien diferenciados, provocando el hundimiento de la estructura hacia el norte, hundándose el Bloque Norte bruscamente en las tobas hasta 2000mts. y a veces más según señala Roitman en uno de sus trabajos.

Como resultado de nuestras correlaciones litogeofísicas, en caso particular la realizada según la línea IV-IV' se descubre la falla transversal " $f_2$ ", transversal a las fallas normales " $F_1$ " y " $F_2$ ", localizándose entre los pozos C-238 y C-159, observándose que en el pozo C-238 la secuencia tobácea se encuentra más hundida hacia el NE que en la zona de los pozos C-43 y C-117, pero además en el pozo C-159 se puede observar una repetición de estratos (horizontes), como se observa en el anexo VIII, y en el cual se repite el horizonte "B", en tanto que en el bloque hundido el acuñaamiento del horizonte "A"; en este caso tenemos como criterio de falla, los aumentos bruscos de los espesores de arcillas y otros horizontes. Esta falla descubierta por nuestras correlaciones es de tipo inversa en la cual el bloque levantado es el bloque este. Su buzamiento es de dirección SW.

Esta falla que debía ser detectada por la correlación según la línea II-II' anexo VI, no se detecta su traza pero se observan los aumentos bruscos de los espesores de los diferentes horizontes, cosa esta que constituyó para nosotros un criterio de falla anteriormente. No obstante trataremos dicha falla como posible; en ninguno de los casos como una falla segura por carecer de datos suficientes.

Por otra parte la falla que divide al Bloque Central del Bloque Sur no ha sido detectada por nuestras correlaciones, por lo que hasta estos momentos la Falla "F<sub>2</sub>" sigue siendo una supuesta falla, independientemente que se observe la división en bloques bien diferenciados del yacimiento.

Como consecuencia de la disposición escalonada de los diferentes bloques del Yacimiento Cristales y como producto del sistema de fallas existentes en la zona, la tectónica de cada bloque asume sus particularidades propias y que a continuación pasaremos a describir.

#### Bloque Norte.

Es difícil tener una idea muy precisa sobre la constitución tectónica dentro de este bloque de la secuencia tobácea, méxime si se tiene en cuenta que no es objetivo directo de nuestro trabajo este bloque, lo mismo sucede con el Bloque Sur, además de los pocos datos de las perforaciones.

Sin embargo en base a los datos de los pozos C-N<sub>1</sub>, C-1, C-12, C-31, C-35 y otros que cortaron las tobas a distintos niveles hipsométricos, se ha podido establecer que la parte más hundida de las mismas se halla en la parte central del bloque (pozos C-1, C-N<sub>1</sub>, C-31). Hacia el noroeste (pozo C-12) y suroeste (pozo C-35) las tobas se elevan.

Según señala Roitman, por estos datos la Depresión Sinclinal representada en el mapa estructural de las tobas parece este bloque, tiene un rumbo NW-SE.

Esta orientación de la estructura según Roitman, no concuerda con la estructura de las rocas tobáceas de los Bloques Central y Sur. Es posible que la orientación de las tobas tenga la misma dirección de las estructuras de un surgimiento más antiguo.

#### Bloque Central.

este bloque está hundido respecto al Bloque Sur por la falla que corta al pliegue a distintos niveles hipsométricos.

La estructura tiene un rumbo latitudinal y representa en sí un bloque braquianticlinal tumbado (sin el periclinal occidental); limitado por dos fallas, una normal " $f_1$ " y otra inversa " $f_2$ ".

Esta parte del yacimiento según los datos de los pozos C-205, C-156, C-202, C-238, C-178, C-256, C-117, C-206, C-158, C-255, y C-196, que cortaron las tobas a diferentes niveles, nos permiten establecer que las tobas aparecen más hundidas hacia el NE.

Según la correlación litogeofísica según la línea III-III; hacia los pozos C-178 y C-255, las tobas aparecen más hundidas. De la misma forma, según la correlación II-II; anexo VI, las tobas aparecen más hundidas también hacia la parte NE del Bloque, hacia la zona de los pozos C-158, C-256, y C-196.

Hacia la parte noroccidental del bloque y según la documentación de numerosos pozos (C-181, C-184, C-187, C-42, etc.), las tobas se encuentran más hundidas que la parte central del bloque, lo que nos permite establecer que la estructura del Bloque Central es una estructura anticlinal, como planteábamos al inicio de la descripción de este bloque.

Como podemos observar en la tabla anexa #1, donde se brindan las descripciones de los núcleos cortados en los pozos del Bloque Central, las tobas y los conglomerados tobáceos aparecen registrados en la mayoría de los pozos, con la característica de presentarse muy fracturados y alterados a material arcilloso, lo que nos da una idea de como el Complejo Pre-Orogénico ha sido afectado por los movimientos tectónicos tanto durante el Cretácico y posterior al mismo. Siendo esta afectación la que precisamente le da a las tobas y conglomerados tobáceos las condiciones dentro del yacimiento de buenos colectores, como lo demuestran los Horizontes "A" y fundamentalmente el "B". Es sabido por todos nosotros que hasta estos momentos no se ha demostrado que las rocas volcánicas sea productoras de petróleo (roca madre), pero tampoco ha sido demostrado lo contrario.

El factor básico para la acumulación de petróleo en las tobas y conglomerados tobáceos y su conservación en las condiciones

del yacimiento es su grado de agrietamiento y la buena cobertura arcillosa que le sirve de sello. De tanta importancia es este último factor que en numerosos pozos del área donde no aparece una buena cubierta arcillosa, no se han obtenido producciones industriales de petróleo.

Es criterio del autor, que posiblemente las dislocaciones tectónicas que aparecen en el área del yacimiento, constituyan las vías de migración vertical del petróleo desde las rocas madres que deben encontrarse por debajo de las tobas y que se relacionan estrechamente con las fallas profundas que se encuentran en la zona.

#### Bloque Sur.

Este bloque representa en sí un escalón estructural complicado por pequeñas elevaciones locales y con un aspecto morfológico complicado, con buzamiento monoclinal.

Toda la estructura está dividida en el monoclinal sur por una depresión que controla los depósitos de este bloque.

Hacia el Este, la parte monoclinal de la estructura contornea la elevación y continúa más allá, en dirección oriental, donde se halla el llamado Bloque Productor del pozo C-79.

El Complejo Inferior en este bloque se encuentra afectado por los mismos fenómenos tectónicos que afectaron al Complejo Medio en el Bloque Central; cosa esta, que en la secuencia correspondiente al Complejo Medio que es fundamentalmente arcilloso no se observa con claridad ya que el mismo sencillamente en respuesta a los diferentes fenómenos tectónicos experimentados se plegó, en tanto que en el Complejo Inferior estos mismos fenómenos tectónicos se manifiestan con la fracturación de las rocas debido a su constitución y dureza.

Entendemos que los movimientos tectónicos que actuaron sobre el Complejo Inferior fueron los mismos que actuaron sobre el Complejo Medio, y además pensamos que correspondan a los movimientos de la Orogenia Cubana, desarrollada desde finales del Cretácico Superior hasta el Eoceno Medio en su parte alta, produciéndose de esta forma un elevación anticlinal en esta zona como estructura positiva y algunas estructuras disyuntivas.

En general y resumiendo, el Horizonte "BB, objetivo principal de nuestro trabajo, forma parte del Complejo inferior que está afectado en su totalidad por los fenómenos tectónicos que afectaron dicho complejo.

El Horizonte "B" posee una estructura plicativa que en general es una estructura Sinclinal, con irregularidades en su morfología como se puede observar en el mapa estructural para el tope de este horizonte (anexo IX) y en el cual aparecen numerosas partes elevadas y otras hundidas dentro de una estructura general. Como puede apreciarse también en el mismo anexo, este horizonte presenta una gran depresión hacia el área de los pozos C-174 y C-200, elevándose nuevamente hacia el área de los pozos C-210 y C-201, para continuar hundirse hacia el Norte.

Puede observarse además que este horizonte tiene su parte más elevada en la parte central del bloque, hacia el área de los pozos C-176, C-203, C-161, C-158, etc., en tanto que en el resto del área, en el flanco noreste su hundimiento se va haciendo mucho más suave.

## VII.- MAGMATISMO.

Según el esquema tectónico de Cuba, en la Región Central encontramos el Arco Geosinclinal que divide al Geosinclinal Cubano en dos grandes cuencas; Miogeosinclinal al norte y Eugeosinclinal al sur.

En el Eugeosinclinal predominan las rocas vulcanógenas, mientras que en el Miogeosinclinal se hallan rocas carbonatadas y evaporitas.

El Eugeosinclinal se puede dividir en dos zonas; una septentrional en la que se localizan intrusiones de rocas ultrabásicas y básicas abundantes (Zona Zaza) y una meridional en la que faltan estas rocas (Zona Cauto). Según Magmatismo de Cuba Central de R. Segura (1970).

### Actividad Magmática.

Según el trabajo antes señalado, el Eugeosinclinal cubano fue desarticulado durante la Orogenia Subhersiniana acaecida durante el Turoniano. Consecuentemente se pueden reconocer las etapas magmáticas de las regiones orogénicas. El cuadro más simplificado del ciclo magmático es una faja orogénica según De Sitter que consta de tres fases distintas:

Primera Fase: Intrusiones básicas (ofiolitas) y desarrollo de lavas espilíticas en la etapa geosinclinal.

Segunda Fase: Migmatización sintectónica acompañada de magmas granítico, pegmatíticos y batolítico-granodioríticos postumos.

Tercera Fase: Vulcanismo post-tectónico.

Respecto a las fases representadas en la Cuenca Central siempre se pueden establecer de una forma tentativa las siguientes comparaciones:

Primera Fase: Está bien representada el desarrollo de las lavas espilíticas, pero las intrusiones ofiolíticas, cualitativamente se han registrado poco y a grandes profundidades.

Segunda Fase: Los productos originados por magmas granitoides se hallan pobremente representados en el área estudiada.



Tercera fase: El área de la Cuenca Central y mejor aún en otras muy cercanas existen productos volcánicos que por su yacencia estratigráfica resultan post-tectónicas, pero por su composición y otras particularidades son muy similares a las del vulcanismo geosinclinal. Se podría interpretar mejor como pulsaciones tardías, respecto a la orogenia. Además según De Sitter la fase final se caracteriza por basaltos en forma de diques, que no encontramos tampoco en la Cuenca Central.

#### Rocas Vulcanógenas.

Según los modernos estudios de Koptev-Dvornikov, las rocas vulcanógenas se pueden agrupar en tres facies:

- 1.- Efusiva propiamente dicha.
- 2.- Subvolcánicas.
- 3.-Garganta o Cuello Volcánico.

En el caso del Eugeosinclinal nos encontramos con la primera facie que comprende las lavas, brechas de lavas, tobas de diferentes tipos y lavas tobáceas.

Las rocas de las facies efusivas salen a la superficie de tres modos diferentes, las cuales se corresponden con tres subfacies:

- a- Flujos de lavas que fluyen derramándose ampliamente sobre el terreno.
- b- Extrusivas, cuando el magma es más viscoso y no fluye libremente, sino que se enfría en forma de cúpula.
- c- Explosiva, produciéndose acumulaciones de material piroclástico.

En la Cuenca Central y en el Eugeosinclinal en general, están bien representadas las subfacies de flujo de lavas y las Explosivas, pero no las Extrusivas.

Analizando las rocas en función de las subfacies señaladas, el Ingeniero Carlos Sosa M. en su trabajo sobre el Horizonte "Calizas Cristales", llegó a las siguientes consideraciones:

Subfacies de Flujos de Lavas: Para esta subfacies encontramos rocas de composición básica, media y raramente ácidas. Estudiándose los grupos siguientes:

I.-Porfiritas basálticas y andesítico-basálticas.

II.-Porfiritas andesíticas y andesítico-basálticas

I.-Flujo de porfiritas basálticas y andesítico-basálticas.

Se ilustran bién en las rocas estudiadas en el área de Guayacanes; en realidad sólo mediante el análisis químico es posible caracterizar bién las dos rocas, pero mineralógicamente denominamos porfiritas basálticas a aquellas rocas con alto contenido de minerales ferromagnesianos, cristales de plagioclasas Labrador o más básicas y de piroxenos. Las andesítico-basálticas tienen sus cristales de plagioclasas más ácidas (Oligoclasa o Andesina) y menor cantidad de las mismas.

Los flujos presentan una sección característica desde su techo hasta su piso, la sección tipo se caracteriza por:

a) Parte Superior: escasos fenocristales y a veces con mucha cantidad de vidrio y microlitos más escasos, siendo una característica casi constante la presencia de poros de diámetros que varían de 0,01 mm. hasta 5-10mm., con formas variadas, rellenos por zeolitas, calcita y clorita, en menor grado por cuarzo. Esos poros rellenos constituyen las amígdalas que a veces comprenden hasta el 40-50 % del volumen total de la parte superior de los flujos.

Frecuentemente se observan brechas de lavas. Dichas brechas a menudo están fuertemente tectonizadas, pasando a brechas tectónicas, que se cementan también por carbonatos, zeolitas, etc.

b) Parte Media: donde se desarrollan mejor las porfiritas basálticas y andesítico-basálticas, con estructuras porfídicas, matriz hialopilitica, algunas vesículas amigdaloidales, etc. En general dentro de un mismo flujo se puede decir que la densidad crece hacia abajo, a medida que la lava se va haciendo más compacta.

c) Parte Inferior: caracterizada al igual que la parte superior por la presencia de amígdalas, pero a menudo orientadas fluidalmente, paralelas al relieve sinuoso, y en cantidades inferiores, que no pasan de 10-15 % del volumen de las rocas.

En realidad, en numerosas muestras separadas es difícil distinguir cuando una roca amigdaloidal corresponde al techo o al piso de un flujo, pero se puede conseguir cierta ayuda eficaz en

muchos casos a través de los registros eléctricos.

Los flujos de composición básicas, emplazados en condiciones subacuáticas, forman las lavas en almohadillas (pillows lavas), que desde luego no se revelan por los testigos del subsuelo, pero si han sido detectadas en la superficie tanto por Hatten como por Vuognot, con las características clásicas de estructuras ofíticas, Albita primaria de las plagioclasas, amigdalas compicuas, etc.

En algunos pozos productas aparentemente espilíticos aunque para mayor seguridad, el diagnostico debe realizarse en afloramientos.

## II.- Flujos de porfiritas andesíticas y andesítico-dacíticas.

De acuerdo a las rocas reportadas, las rocas porfiríticas andesíticas parecen constituir el grupo mayor y más extendido, principalmente en la zona de Cristales, al norte de la falla principal. Las porfiritas andesíticas, contienen cuarzo en forma de fenocristales aislados y en la matriz.

Las porfiritas de dacitas son más raras y contienen mayor cantidad de cuarzo.

En cuanto al espesor de estos flujos, suelen ser menores que los de composición básica y deben calcularse siempre con ayuda de los registros eléctricos, al igual que las anteriores. Su composición es zonal, pero disponemos de muy pocos datos para su estudio.

En general se puede plantear que la parte superior de este flujo de porfiritas presenta poca abundancia de material vítreo y son más escasas las amigdalas, en tanto que en los flujos de pocos espesores son más comunes las lavas ofíticas en la parte media, constituidas por microlitos de plagioclasas, con orientación pilotáctica, con escasos fenocristales.

En cambio los flujos de mayor potencia presentan en su parte media las porfiritas andesíticas típicas, con abundante desarrollo de fenocristales de plagioclasas, en muchos casos zonales y subordinadamente de clinopiroxenos y anfíboles. La parte inferior de los flujos no se han obtenido en ningún tramo nuclear.

Las porfiritas andesíticas y andesítico-dacíticas, al igual que las porfiritas básicas han sido afectadas por muchos procesos de alteración, relacionadas con la fuerte fracturación tectónica como cloritización, cuarcificación, etc.

Por otra parte, las facies tobáceas se presentan con rocas de composición media a ácida como en el área de Algodones.

Subfacies Explosivas: se corresponden con las rocas piroclásticas, esencialmente de yacencia típica, alrededor de los focos volcánicos, caso este muy difícil de comprobar por datos de las perforaciones, toda vez que las mismas no afloran en la zona de estudio.

Además el material piroclástico más fino puede trasladarse miles de kilómetros; por lo que los efectos de superposición complican en gran medida el establecimiento de la secuencia.

A juzgar por los registros geofísicos (eléctricos) la potencia de las capas varía extraordinariamente y además con estos registros eléctricos es muy difícil diferenciar a aquellas rocas con mayor o menor proporción de componentes sedimentarios.

Con los resultados de los análisis de las muestras aisladas tomadas de los diferentes pozos del área, se hace muy difícil establecer con exactitud el techo y el piso de un ciclo de productos piroclásticos, aunque de modo general puede decirse que los fragmentos van disminuyendo granulométricamente hacia la parte superior, en tanto que en el piso se presentan brechas volcánicas y tobas gruesas, hacia el techo tenemos tobas de granos finos.

Los diferentes tipos de rocas de esta subfacie en nuestra área de estudio se han sintetizado en los siguientes tipos:

1. Tobas y brechas volcánicas.
2. Lavas tobáceas.
3. Rocas piroclásticas con componentes sedimentarios.

Tobas y brechas volcánicas.

La diferencia existente entre ambas rocas se refiere fundamentalmente a la granulometría.

Cuando los fragmentos pasan de 30 mm. y constituyen más del 25 %

del volumen total de la roca, la denominaremos brecha volcánica

Las tobas se dividen en :

De granos gruesos.....	30-5 mm
De granos medios .....	5-1 mm
De granos finos .....	1-0,1 mm
De granos muy finos .....	menores de 0,1 mm

Estas últimas también denominadas tobas ceneríticas, conocidas en nuestra área como "Tobas Cristales".

En cuanto a su composición diremos que las más abundantes son las tobas de composición andesítica, después las andesítico-basáltica y por último las dacíticas.

En base a su estructura, las más abundantes parecen ser las tobas litoclásticas, luego las cristaloclásticas y muy raramente las viteoclásticas. También aparecen en muchos casos las tobas litocristaloclásticas.

Las litoclásticas generalmente corresponden a fragmentos de matriz microlítica o hialopilitica. Las cristaloclásticas están representadas por cristales de plagioclasas zonales y también por cristales de clinopiroxenos.

El cemento presente tanto en las brechas volcánicas como en las tobas es un cemento tobáceo muy fino y a menudo alterado a productos pelitomórficos, también productos secundarios como zeolitas, sílice, carbonatos, etc., se comportan como cementantes. Dichos productos aparecen en forma de venillas que surgieron después de la fracturación de las rocas. A veces la fracturación es tan fuerte que trae como consecuencia la formación de brechas tectónicas y cataclasitas.

En otros casos los fragmentos se aglutinan directamente entre sí sin cemento o muy escaso cemento intersticial en los contactos.

Algo muy generalizado en nuestra área de estudio es que se consideran en muchos casos como tobas a rocas que han sufrido un largo transporte, con el consiguiente redondeamiento de los fragmentos y una cementación posterior en condiciones de deposición sedimentaria normal.

Las tobas y brechas poseen espesores muy variables en el área, inclusive localmente varían de potencia en espacios muy cortos

(Ver anexo V, VI, VII, VIII), apareciendo los mayores espesores en los pozos donde los mismos aparecen más profundos y sin mezclas con sedimentos. Hacia arriba los espesores parecen aumentar, pero eso se debe al incremento de rocas sedimentarias en el perfil.

También se ha podido apreciar que donde se encuentran capas de tobas y brechas puras, son relativamente abundantes los flujos.

#### Lavas tobáceas.

Estas lavas se forman en rocas ácidas, pero en el área se encuentran de composición media. Una particularidad esencial es la de presentar textura fluidal con relictos de vitreoclastos.

Su origen no está bien establecido, pero parece formar una transición entre los flujos de lavas y las rocas piroclásticas, especialmente las tobas cristaloclásticas, compuestas estructuralmente por cristales de plagioclasas (Andesina zonal a menudo), orientados fluidalmente y unidos por material apovítreo, en el cual, a veces se forman o se observan esferolitos por desvitrificación. Aparecen tales lavas tobáceas en la zona del pozo C-101.

#### Rocas piroclásticas con componentes sedimentarios.

Constituyen el grupo de las rocas más abundantes en el área y se dividen de acuerdo a la cantidad de componentes sedimentarios presentes en la misma en:

- A- Tufits; si el componente sedimentario no sobrepasa el 50 %, es decir, existe un predominio del componente piroclástico.
- B- Rocas sedimentarias tobáceas: cuando el componente sedimentario sobrepasa el 50 % del volumen de la roca. Se puede decir de modo general que las rocas sedimentarias tobáceas son mucho más abundantes que las tufitas.

El componente sedimentario se halla tanto en forma de clastos como de cemento, apareciendo algunos casos en que las tobas formadas en el mayor rigor de la actividad volcánica presentan comparaciones fósiles aislados que indican el aporte de material sedimentario

Las rocas sedimentarias tobáceas son muy difícil de distinguir

de las rocas sedimentarias vulcanomícticas o formadas por productos de la destrucción y redeposición del material volcánico preexistente.

Sin embargo un carácter interesante de las rocas sedimentarias y vulcanomícticas es su asociación con las facies carbonatadas, a veces con interestratificaciones finas, así muchos horizontes arcillosos que suprayacen las tobas en esta área tienen origen tobáceo o vulcanomíctico, aunque muy enmascarados por los fenómenos de la sedimentación.

Como resumen de la subfacie Explosiva podemos expresar que:

1º Está estrechamente relacionada a diversos factores endógenos tales como; la intensidad de las explosiones, y factores exógenos tales como las corrientes marinas, relieve submarino, etc

2º La constitución de los paquetes es cíclica; brechas volcánicas y tobas de granos gruesos en la base, hasta toba de granos finos en el techo que transicionan a tufitas, rocas tobáceas, rocas arcillosas, etc.

3º Es necesario tener presente que la granulometría disminuye según el rumbo, radialmente desde el foco de actividad volcánica, por lo cual ocurren numerosos efectos de superposición indecifrables por la carencia total de afloramientos.

#### Rocas Intrusivas.

En la Cuenca Central y sus alrededores se conocen las rocas intrusivas representativas de la actividad magnética, de la primera y segunda fase de la Región Orogénica.

Según algunos investigadores, las llamadas Serpentinitas Jarahuca, constituyen la secuencia base, habiendo instruido al mismo tiempo o en épocas muy cercanas a las rocas espilitico-diabásicas, o sea su intrusión ocurrió en el Cretácico Superior o quizás en el Jurásico. Pero ello contradice los datos obtenidos en el resto de Cuba, donde Y. Semionov generalizó que las ultrabásitas penetraron en el Cretácico Superior Pre-Maestrichtiano, y de aquí que los guijarros de Serpentinitas alcancen una potencia de hasta de 2000 mts., pero hacia la parte sur de la Cuenca Central tienden a desaparecer, habiéndose registrado solamente en el pozo Adelaida-1 y más al sur en el pozo Jatibonico-78, que atravesó tal secuencia.

La yacencia profunda de las serpentinitas según Y.Semionov, se debe al hecho de haberse intuido por el plano de debilidad que presentan las uniones de las secuencias vulcanógenas y las rocas metamórficas.

Las serpentinitas reportadas en el pozo Jatibonico-78, representan ultrabasitas muy serpentinizadas, serpentinitas apoharsburgíticas, como son la mayoría del resto de Cuba.

Genéticamente relacionadas con las rocas ultrabásicas, se desarrollan los granitoides. En el pozo Jatibonico-78, se reportaron 2600 mts., donde aparecen gabros hidrotermales muy alterados que parecen pertenecer a la serie de diques que atravesaron las rocas ultrabásicas.

En el pozo Algodones-1, en el intervalo de 1030-1380 mts., aparecen rocas intrusivas, que por su composición substancial es diorítica, pero por su estructura residual es un cuerpo intrusivo de los descritos para el Santoniano en Cuba, según la sistematización que hizo I.Tijomirov.

En el pozo Marroquí-1, a los 2146 mts. se descubrieron granodioritos granodioríticos, pero no hay seguridad de que se trate de un cuerpo "in situs".

Como se puede observar, las rocas representativas de la actividad magnética en la Cuenca Eugeosinclinal aparecen muy pobremente representadas.



SEGUNDA PARTE

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

CAPITULO VIII  
HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONE GEOLOGICAS REALIZADAS  
EN LA ZONA.

VIII.- HISTORIA DE LAS INVESTIGACIONES GEOLOGICAS  
REALIZADAS EN LA ZONA.

Las investigaciones realizadas en la zona pueden dividirse en dos etapas fundamentales; la primera comprendida hasta el 1º de Enero de 1959, fecha que marca el triunfo de nuestra Revolución, y la segunda etapa, desde el 1º de Enero de 1959 hasta la fecha.

Durante la primera etapa, los trabajos de exploración en la zona fueron realizados por empresas capitalistas, fundamentalmente norteamericanas y técnicos de otras nacionalidades.

En la segunda etapa, fueron desarrollados los trabajos por técnicos cubanos asesorados por técnicos extranjeros, fundamentalmente soviéticos.

Los trabajos geológicos desarrollados en la región, conocidos a través de los diferentes informes son los siguientes;

Informes Geológicos Generales.-

1933.- A.Thiaden publica los resultados del Levantamiento Geológico al sur de la antigua provincia de Las Villas, realizado por él y un grupo de estudiantes holandeses.

1958.- Hatten y Meyerhoff realizaron un Levantamiento Geológico en la zona de la Cuenca Central (Este de Las Villas y Oeste de Camaguey).

1964.- Patiño y G.Echeverría realizaron trabajos geológicos en el área de la Depresión Central de Cuba, elaborándose un mapa Geológico a escala 1:100 000.

1970.- B.Muñoz y J.L.Iparraguirre y otros, confeccionaron un informe Geológico de la Cuenca Central de Cuba, contenido de Mapas Geológicos rectificadas del área, a partir de los datos de pozos y otros mapas elaborados con anterioridad. En este informe por primera vez se trata de generalizar todos los trabajos geológicos y geofísicos realizados en la Cuenca Central.

1972.- A.S.Hersey realizó trabajos geológicos de generalización en la zona de Jatibonico-Reforma, utilizando trabajo

jos geofísicos como los perfilajes sísmicos y los corrajes de pozos y otros datos geológicos de los pozos.

1974.- E.Gonzales y V.Reyes realizaron un estudio geológico del Bloque Central del Yacimiento Cristales, a partir de los trabajos geológicos y geofísicos de los pozos del área.

1975.- C.Sosa realiza un estudio geológico del Horizonte "Calizas Cristales", a partir de los trabajos geológicos y geofísicos realizados con anterioridad en el Yacimiento Cristales.

Existen otros trabajos geológicos generales que no aparecen consignados aquí por desconocimientos de los mismos.

#### Informes de los Trabajos Geofísicos.-

1933-1935.- Los primeros trabajos Gravimétricos fueron realizados por la Comisión Geodésica de la Marina de Guerra de los Estados Unidos, que determinó los valores Absolutos de la fuerza de la gravedad en 17 puntos de la Cuenca Central de Cuba.

1952.- La comisión norteamericana Exploration Survey International Inc., realizó el Levantamiento General Terrestre de Magnetometría en escala 1:250 000 para la Compañía Cuban-Venezuela Oil Co Voting Trust, no existiendo actualmente informes de estos trabajos.

1954.- La Compañía Subsurface Studies Inc, realizó trabajos de reconocimiento en escala 1:100 000 para la Trans-Cuba Oil Co, confeccionando el mapa correspondiente con la sección de 2 mgl, con el fin de buscar estructuras locales con perspectivas para petróleo.

1955-1956.- Las primeras investigaciones sísmicas fueron realizadas por la compañía norteamericana Rayflex Explorations, para las compañías Trans-Cuba Oil Co. y Cuban-American. El volumen de los trabajos fue de 600 Kms. de perfiles, de los cuales se disponen actualmente de 73,5 Kms.

1957.- La compañía norteamericana Aero Service Corporation, rea

- lizó el Levantamiento General Regional Aeromagnético en escala 1:192 000, con el fin de obtener los datos complementarios de la composición geológica profunda de la Cuenca Central.
- 1960-1961.- El Instituto Cubano de Geodesia y Cartografía realizó observaciones gravimétricas de apoyo, con una precisión de 1 mgl en los puntos de apoyos situados en los caminos y lugares visibles (puentes, casa, etc.) a una distancia de 3-5 Kms. entre los mismos.
- 1961.- La expedición aeromagnética de un grupo de geólogos soviéticos realizaron algunas rutas regionales en la Cuenca Central.
- 1962-1963.- El Instituto Cubano de Recursos Minerales realizó un Levantamiento de Magnetometría en escala 1:1000 000 para comprobar los datos del Levantamiento Aeromagnético.
- 1962-1963.- El Instituto Cubano de Recursos Minerales realizó en la Cuenca Central un Levantamiento Gravimétrico detallado en escala 1:50 000 y según estos datos fue confeccionado un mapa de la Fuerza de la Gravedad en escala 1:100 000 con la sección de 1 mgl., por el Ingeniero I. Kirer. Posteriormente en 1966 este mapa fue confeccionado por K. Shapoznikov.
- 1962-1967.- En la parte sureste de la Cuenca Central fueron realizados 79 796,84 Kms. de perfiles sísmicos, por el método correlativo de refracción, por el Instituto Cubano del Petróleo y el Instituto Cubano de Recursos Minerales, el trabajo de investigación fue realizado por Y. Seletky.
- 1966.- El Instituto Cubano de Recursos Minerales realizó en la región de Jatibonico-Catalina los trabajos gravimétricos con el fin de trazar las dislocaciones Tectónicas.
- 1967.- Se inició la realización de los trabajos sísmicos en el noreste de la Cuenca Central, de los cuales se han presentado dos informes, uno por N. Kutusova (Reflexión) y otro por Y. Kolishov (Refracción).
- 1969.- S. Ipatenko realizó un informe sobre las investigaciones

variométricas llevadas a cabo en la antigua provincia de Camaguey en 1962-1963 y 1963-1968, en la que detallaron estructuras y zonas falladas en la Cuenca Central.

1970.- La Brigada F-100 realizó trabajos sísmicos de refracción en la Cuenca Central con un perfil que va del pozo Morón Norte, Jatibonico-78 y la desembocadura del Río Zaza.

1970-1971.- A.Semenov, V.Estanina y V.Cluj realizaron trabajos por MOV-Método de Reflexión y MNRP-Método de Detección Regulada y Dirigida, especialmente en las elevaciones centrales de la Cuenca.

#### Trabajos de Producción.

Los trabajos de producción son realmente numerosos y por ello hemos tratado de destacar aquellos que tienen mayor importancia de los que aparecen en los archivos de la E.P.E.P.O.

Los trabajos de producción comenzaron en la etapa Pre-Revolucionaria, con la perforación de numerosos pozos, realizados en su mayoría por compañías americanas, entre las que podemos citar; American Leduc, Cuban-Canadian, Cuban-Colombian, Trans-Cuba, Inversiones Petroleras Versailles, Corporación General de Petróleo y otras.

1954.- Se perforó el primer pozo, comenzando en Febrero de ese año con el pozo Echevarría Nº 1, realizado por la Corporación General de Petróleo, terminándose el 2 de Mayo, con una profundidad de 2252 mts., encontrándose buena producción de petróleo en el intervalo de 332-326 mts.

1955.- Se perforó el pozo Cristales-1, comenzándose dicha perforación el 1º de Noviembre, realizado por la Cuban American Drilling and Exploration, hasta una profundidad de 2550 mts., donde se obtuvo entrada de gas en las Calizas Cristales; en el intervalo de 834-825 mts.

1956.- El 30 de Mayo la Compañía Cuban-Canadian, comenzó el pozo Catalina Nº 1, el cual llegó a la profundidad de 2181 mts., que tuvo una producción de 12,7 a 16 m<sup>3</sup>/día.

1957.- Estudios Geológicos del Yacimiento Cristales realizado por A.Vazulov y C.Taldi.

- 1963.- Cálculos preliminares de las reservas del Yacimiento Cristales por A.A.Planas.
- 1968.- Cálculo de Reservas de Petróleo y Gas del Yacimiento Cristales por M.Razulov.
- 1968.- Cálculo de Reservas de los pozos de la Falla, por B.Muñoz y J.L.Iparraguirre.
- 1969.- Informe Preliminar de las áreas Guayacanes y zonas cercanas, por B.Muñoz y J.L.Iparraguirre.
- 1970.- Informe sobre el Bloque Sur del Yacimiento Cristales, Bloque Cristales Profundo, Bloque C-79, Nuevo Farfán y Guayacanes, por J.Alvares y G.Echevarría.
- 1971.- Cálculo de Reservas del Yacimiento Cristales por J.Alvares y G.Echevarría.
- 1974.- Informe sobre Inyección de agua en los Horizontes "B" y "C" del Bloque C-77, por L.Diaz, W.Rivas y L.Morciego.
- 1974.- Notas explicativas sobre la especificación de las reservas geológicas industriales y perspectivas de petróleo de los depósitos de la Cuenca Central, por E.V.Zajarov, J.Alvares etc.

Aparecen en los archivos de la E/P.E.P.O numerosos "Proyectos Técnicos", donde se prevee la construcción de los pozos de explotación de los diferentes yacimientos de la zona de la Cuenca Central, de los cuales citamos los dos que consideramos tienen mayor importancia, por contener estudios geológicos, estructurales etc. realizados en la zona, ellos son:

Proyecto Nº 348 (Pozos C-156, C-157, C-180, C-181, C-182, y C-183) por J.Roitman.

Proyecto Nº 401 (Pozos C-200 y C-201 al 211) por F.García de la T.

De 1974 hasta la fecha no se tienen datos de nuevos trabajos realizados en la zona, a no ser los proyectos de los nuevos pozos a perforar y los ya perforados.

CAPITULO IX  
CARACTERISTICAS PETROFISICAS Y PETROGRAFICAS DE LAS  
ROCAS COLECTORAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO  
CRISTALES.



IX.- PROPIEDADES PETROFISICAS Y PETROGRAFICAS DE LAS ROCAS  
COLECTORAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.

9.1- Propiedades Petrofísicas de los Colectores.

Hasta la fecha no se han determinado con exactitud las características petrofísicas de los horizontes productores del Yacimiento Cristales, debido fundamentalmente a la poca densidad de núcleos cortados en el área, lo que impide establecer con exactitud las variaciones de la permeabilidad, porosidad y saturación de fluidos en las rocas productoras del yacimiento.

En nuestro trabajo trataremos de dar una caracterización de las propiedades petrofísicas de los colectores del Bloque Central del Yacimiento Cristales. Para ello contamos con los siguientes datos:

A.- Coeficiente de porosidad abierta.

Este coeficiente fue determinado en 17 núcleos cortados en igual número de pozos en el área; los cuales corresponden al horizonte más productivo, y en 36 pozos para los restantes horizontes.

No obstante comparando estos datos con la cantidad de pozos perforados en el área, nos daremos cuenta que no son suficientes estos datos para realizar un análisis detallado con el objetivo de establecer este coeficiente para el área.

Debemos tener en cuenta además que los horizontes productivos en el yacimiento son fundamentalmente de rocas vulcanógenas-sedimentarias y que su porosidad es exclusivamente fracturada y provocada por los movimientos tectónicos que afectaron la zona a partir del Cretácico Superior.

B.- Coeficiente de saturación de Fluido.

Para la determinación de este coeficiente el autor recopiló numerosos materiales realizados por técnicos extranjeros y programas de computación, así como la recopilación de 15 análisis realizados en 15 pozos del Bloque Central del yacimiento y cuyos resultados aparecen en las tablas anexas 2 y 3. Puede observarse en estas tablas que no existe una dirección determinada para la variación de este parámetro.

### C.- Permeabilidad.

Es un parámetro de mucha importancia para la determinación de las propiedades colectoras de los diferentes horizontes productivos, sin embargo al observar la tabla anexa Nº 3 nos daremos cuenta de que los datos acerca de este parámetro son muy pobres.

En base a estos datos se puede señalar que en general para los colectores vulcanógenos-sedimentarios del Bloque Central la permeabilidad es baja. No podríamos esperar otra cosa al respecto si tenemos en consideración la composición de estos colectores que más adelante se expresan, ya que lo que le permite a estos horizontes almacenar el petróleo es su fracturación y la cubierta arcillosa que lo rodea y le sirve de sello.

La permeabilidad <sup>no</sup> depende directamente de la porosidad abierta de la roca y ~~si~~ de los fluidos presentes en la misma, porque por ejemplo, un determinado horizonte es permeable para un líquido e impermeable para otro.

### D.- Peso específico del petróleo.

Fue determinado por el laboratorio de la E.P.E.P.O y el Centro de Investigación del Petróleo (CIDP). Este parámetro se caracteriza más adelante en el capítulo de las propiedades físicas de los fluidos.

### E.- Espesor neto de la capa.

Este parámetro fue obtenido de los registros geofísicos realizados en los pozos del área y con los mismos se confeccionó el mapa de espesores netos para el horizonte "B" (Mapa de Isopacas). Ver anexo XIII.

El Yacimiento Cristales presenta un gran espesor de rocas vulcanógena-sedimentarias, de las cuales sólo se han obtenido producciones industriales de los horizontes superiores de esta secuencia ("A" y "B"), en algunos pozos del "C".

El horizonte "D" es muy local dentro del yacimiento y se encuentra muy profundo, hasta el punto que opinamos que este horizonte no existe.

En el Yacimiento Cristales, como se plantea en capítulos anterior

res, se han comprobados la existencia de 4 horizontes productivos dentro de la suencia Pre-Orogénica (el autor sólo considera 3), del tipo fracturado poroso, de los cuales hasta estos momentos los de mayores producciones industriales son los horizontes A y B, existiendo posibilidades de obtener producciones industriales en los restantes, si se tiene en cuenta que las rocas madres del yacimiento deben encontrarse por debajo de las tobas.

La porosidad promedio para los horizontes productivos en el área son las siguientes:

Para los horizontes A, B y C según los datos obtenidos en el Proyecto de Inyección de agua de los horizontes productivos en el Yacimiento Cristales, realizado por los Ingenieros Francisco García de la Torre y Lorenzo Morciego; presentan una porosidad promedio de 13,55 % y una saturación promedio de 38,79 %. En cuanto a la permeabilidad promedio, fue tomada convencionalmente para el yacimiento de 3,26 milidarcy (por normas soviéticas)

En general hemos podido apreciar al analizar las correlaciones y los intervalos productivos en los diferentes pozos, así como el mapa de isopacas, que las mayores producciones se han obtenido donde el horizonte productor presenta mayores espesores, pero hacia las partes superiores de los mismos.

#### 9.2- Propiedades petrográficas de los colectores.

La constitución petrográfica de los diferentes colectores del Bloque Central del Yacimiento Cristales se darán a continuación para cada horizonte por separado y teniendo en cuenta las descripciones petrográficas de los núcleos cortados en los pozos, como puede apreciarse en la tabla anexa Nº 1.

##### HORIZONTE "A".

La edad de este horizonte al igual que los restantes se estima sea Cretácico Superior (Cr<sub>2</sub>), su espesor es muy variable, desde unos pocos metros hasta cientos de metros.

Este horizonte ha estado presente en casi todos los pozos del área, excepto hacia la parte nor-oriental del Bloque Central donde al parecer se acuña.

Las descripciones megascópicas de los núcleos correspondientes a este horizonte nos permiten plantear que está constituido por

conglomerados tobáceos de matriz areno-arcillosa, con fragmentos de rocas efusivas, basaltos, etc.

Su color es variado, desde verde muy oscuro hasta verde grisáceo, en muchos casos de color gris con huellas de óxido de hierro. Este horizonte se encuentra muy alterado y muy fracturado, milonitizado, etc.

#### HORIZONTE "B".

Este colector es el de mayor importancia en el área y está presente en casi todos los pozos del yacimiento.

Este horizonte fue caracterizado por dos secciones delgadas en el pozo C-159, en el intervalo de 1360-1365 mbmr (metros bajo mesa rotaria). La primera define a este horizonte como toba litoclástica fragmentada como producto de la meteorización, alterada, con zeolitas, carbonatos y productos arcillosos secundarios.

La sección Nº 2 lo define como brecha de lavas a tobas litoclásticas de composición probablemente porfirítico-basáltica; cuarificadas, carbonitizada, zeolitizada y pelitizada. Ver núcleos 4 y 5 del pozo C-159 de la Tabla anexa Nº 1.

En el pozo C-196 el mismo horizonte es caracterizado por tres secciones delgadas en el intervalo 1498-1500 mbmr, obteniéndose en las tres el mismo resultado; porfirita dacítica de matriz muy recristalizada, en general muy fracturada y carbonitizada.

En sentido general y en base a las descripciones megascópicas de los núcleos cortados este horizonte se define como toba litoclástica de color verde oscuro muy compacta que transiciona tanto vertical como lateralmente a toba cristaloclástica muy compacta, fracturada y muchas veces a conglomerados tobáceos de matriz arenosa y muy fracturado con fenocristales de feldspatos, observándose la estructura fluidal.

El autor considera que el horizonte "B" debe llamarsele Toba Litoclástica muy fracturada y alterada, con fragmentos diversos de rocas efusivas, con estructuras variadas.

Este horizonte presenta una dureza elevada y su fracturación está ligada muy estrechamente a los movimientos tectónicos ocu

fridos en la zona.

Este horizonte está presente en todos los pozos del Bloque Central y del mismo se han extraído las mayores producciones industriales del yacimiento.

#### HORIZONTE "C".

Este horizonte infrayace al Horizonte "B" y está caracterizado de la siguiente forma:

En el pozo C-196 se realizaron 6 secciones delgadas, tres de ellas en el intervalo de 1535-1536 mbmr, y tres en el intervalo de 1580-1582 mbmr, obteniéndose siempre los mismos resultados, porfiritas plagioclásicas cercanas a andesítico-dacítica, con matriz microolítica, con estructura poiquilítica y orientación fluidal relíctica.

En general este horizonte está constituido por tobas muy puras de color verde, parcialmente fracturada y alterada a productos arcillosos, encontrándose además en otros pozos porfiritas, argiritas, etc.

#### HORIZONTE "D".

Este horizonte por ser el más profundo ha sido reportado muy pobremente en el yacimiento, es un horizonte muy local, por lo que no debe constituir un horizonte generalizado para el yacimiento, por lo que proponemos sea eliminado hasta tanto no se realicen estudios profundos que permitan establecer el mismo.

Presiones de capas actuales en el Bloque Central.

A continuación daremos a conocer el comportamiento actual de las presiones de capas para los horizontes productivos, dados por intervalos y para un total de 10 pozos en la parte nor-oriental del Bloque Central, lo cual nos permite analizar el estado de agotamiento de los pozos producto de la disminución de la presión de capa.

Pozos Nº.	Intervalos mbmr.	Presiones de capa actuales atm.
C-159	1382-1354	134,3
C-201	1301,8-1256,8	129,9

C-202	1225,8-1213,8 1206,8-1196,8	74,88
C-207	1273,8-1271,8	17,60
C-231	1488-1476 1468-1452 1444-1434	135,00
C-232	1530-1520	107,00
C-238	1484,8-1472,8 1467,8-1460,8	113,00
C-240	1458,8-1438,8 1432,8-1422,8	100,00
C-243	1410,8-1384,8	50,00
C-243	1273,8-1271,8	81,00

Como se puede observar en la tabla expuesta anteriormente las presiones existentes en el bloque se pueden considerar como favorables para la conservación del depósito como productivo, por lo que existen perspectivas para aumentar la productividad del yacimiento por métodos secundarios como la inyección de agua.

### 6.3- Propiedades Físico-Químicas del Petróleo y el Gas.

Las características físico-químicas del petróleo y el gas se confeccionaron en base a los análisis químicos realizados a las muestras tomadas en la boca de los pozos durante su ensayo.

Realizaremos este capítulo para cada horizonte por separado.

#### HORIZONTE "A".

El petróleo en este horizonte ha sido caracterizado por dos análisis de petróleo en el Bloque y sus resultados fueron los siguientes:

Peso específico .....	0,86	g/cm <sup>3</sup>
Viscosidad .....	9,2	cps
Contenido de asfalteno.....	1,3	%
Contenido de azufre .....	0,45	%

Por consiguiente el petróleo que satura este horizonte es ligero y poco sulfurado.

El gas presente en este horizonte es seco, con:

Contenido de metano .....	94,1 %
Contenido de H <sub>2</sub> S .....	0,66 %
Densidad relativa .....	0,63 %
Relación gas-petróleo.....	276 m <sup>3</sup> /m <sup>3</sup>

#### Horizonte "B".

El petróleo en este horizonte ha sido caracterizado por 9 análisis de petróleo, tomadas en 4 pozos. Sus resultados fueron los siguientes:

Peso específico .....0,8623-0,9076 g/cm<sup>3</sup>

La viscosidad, Contenido de asfalteno, Contenido de azufre, Contenido de resina, etc. no ha sido representado en los resultados de los análisis de petróleo. (Ver tabla anexa N° 4).

Sin embargo para el yacimiento en general el petróleo que satura este horizonte es un petróleo ligero, poco viscoso, poco sulfuroso, poco asfáltico y resinoso.

El gas presente en este horizonte en el Bloque Central, presenta un alto contenido de metano, poco sulfuroso. La proporción de metano varía de 88,9-91,4 % (para el yacimiento), para el bloque es de 69-86,57 %. El contenido de H<sub>2</sub>S es bajo. La densidad relativa media es algo superior a 0,63 %.

Como promedio la relación Gas-Petróleo es equivalente a 30 m<sup>3</sup>/m<sup>3</sup>.

#### Horizonte "C".

Según los resultados de dos análisis de petróleo realizados en el Bloque Central (Ver tabla Anexa N° 4), el petróleo que satura este horizonte es muy parecido al petróleo que satura al horizonte "B", es un petróleo ligero, poco viscoso y poco sulfuroso.

El peso específico varía de 0,8708-0,8899 g/cm<sup>3</sup>. El contenido de azufre es bajo, la viscosidad a 20° C varía de 0,2-14,2 cps. El contenido de asfalteno y de resinas no aparecen en los análisis.

Algo a lo cual queremos hacer referencia en este capítulo es al régimen de trabajo de las capas en este bloque.

Es opinión del autor, que el régimen de trabajo de las capas en este bloque es un régimen de Gas disuelto combinado con gas liq

bre, o sea no debe existir un régimen aislado del otro, porque para que exista un gorro de gas debe existir buena cantidad de gas disuelto o un petróleo sobresaturado de gas.



CAPITULO X

BREVES CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL  
BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.

X.- BREVES CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL  
BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.

En el presente capítulo trataremos de analizar muy brevemente las características hidrogeológicas del Bloque Central del Yacimiento Cristales, teniendo en cuenta que prácticamente no se han realizado estos estudios en los yacimientos de petróleo en la República de Cuba.

Para el análisis hidrogeológico del Bloque Central, independientemente que hemos tomados algunos análisis de agua de los realizados en el yacimiento, entendemos que nuestro trabajo no posee el grado de detalle necesario para llegar a conclusiones satisfactorias acerca de las condiciones hidrogeológicas del área.

Según se podrá observar a continuación, sólo contamos con 6 análisis de agua (Completos) y sus resultados son los siguientes:

Pozo C-43, muestra N° 057, fecha 23-1-74, intervalo 1213-1205 mbmr, PH-?, peso específico 1,067 g/cm<sup>3</sup>.

Resultados:

	Meq/l	mg/l
Na - K	998,30	22960,90
Ca	511,00	10901,76
Mg	34,00	413,48
Fe (total)	0,12	6,822
Cl	1500,7	53199,82
CO <sub>3</sub> H	0,720	43,927
SO <sub>4</sub>	25,00	1200,75
CO <sub>3</sub>	--	--

Meq/l :- Se conoce como valor de reacción de un ion y no es más que la cantidad equivalente de un ion de Hidrógeno con la que reacciona o la que sustituye. Se determina multiplicando la concentración del ion en miligramos por el apropiado coeficiente de reacción, el cual es recíproco del peso equivalente.

Pozo C-43, muestra N° 052, fecha 27-10-73, intervalo 1201,9-1209,9 mbmr, PH-5,1, peso específico 1,073.

Resultados:

	Meq/l	mg/l
Na- K	1293,57	29752,11
Ca	340,00	6813,60
Fe (total)	0,1480	27,29
Mg	136,00	1653,76
Cl	1753,05	62145,62
CO <sub>3</sub> H	2,00	122,08
SO <sub>4</sub>	15,00	720,85
CO <sub>3</sub>	-	-

Pozo C-117, muestra N° 028, fecha 5-7-74, intervalo 1244-1228 mbmr, PH-6,3, peso específico 1,088 g/cm<sup>3</sup>

Resultados:

	Meq/l	mg/l
Na - K	1208,30	19,09
Ca	-	-
Mg	-	-
Fe (total)	0,72	40,932
Cl	1955,05	69306,52
CO <sub>3</sub> H	0,88	53,69
SO <sub>4</sub>	6,25	300,187
CO <sub>3</sub>	157,25	-

Pozo C-156, muestra N° 038, fecha 7-6-73, intervalo 1446-1428 mbmr, PH-6,4, peso específico 1,0577.

Resultados:

	Meq/l	mg/l
Na - K	993,43	22800,00
Ca	470,00	941,8
Mg	25,00	30,4
Fe (total)	4,38	249,003
Cl	1490,5	52838,3
CO <sub>3</sub> H	2,24	136,66
SO <sub>4</sub>	0,075	36,023

CO<sub>3</sub>

495,00

-

Pozo C-158, muestra N° 029, fecha 17-6-72, intervalo 1560-1544 mbmr, PH-5,7, peso específico 1,076 g/cm<sup>3</sup>.

## Resultados:

	Meg/l	mg/l
Na - K	607,614	13975,12
Ca	1133,64	22718,20
Mg	8,04	97,76
Fe (total)	0,6	33,51
Cl	1748,4	61980,8
CO <sub>3</sub> H	0,1794	48,44
SO <sub>4</sub>	1,1	52,83
CO <sub>3</sub>	-	-

Pozo C-174, muestra N° 061, fecha 19-12-73, intervalo 1422-1460 mbmr, PH-6,2, peso específico 1,078 g/cm<sup>3</sup>.

## Resultados:

	Meg/l	mg/l
Na - K	1318,94	-
Ca	476,00	9539,64
Mg	34,00	413,44
Fe (total)	20,40	1159,75
Cl	1794,38	63610,59
CO <sub>3</sub> H	4,960	302,610
SO <sub>4</sub>	50,00	2401,50
CO <sub>3</sub>	-	-

Como resultado de estos análisis, hemos construido los diagramas de Stiff, representados en los anexos al capítulo en las páginas 60, 61, 62, 63, 64, y 65. En base a estos diagramas clasificamos las aguas de la siguiente forma:

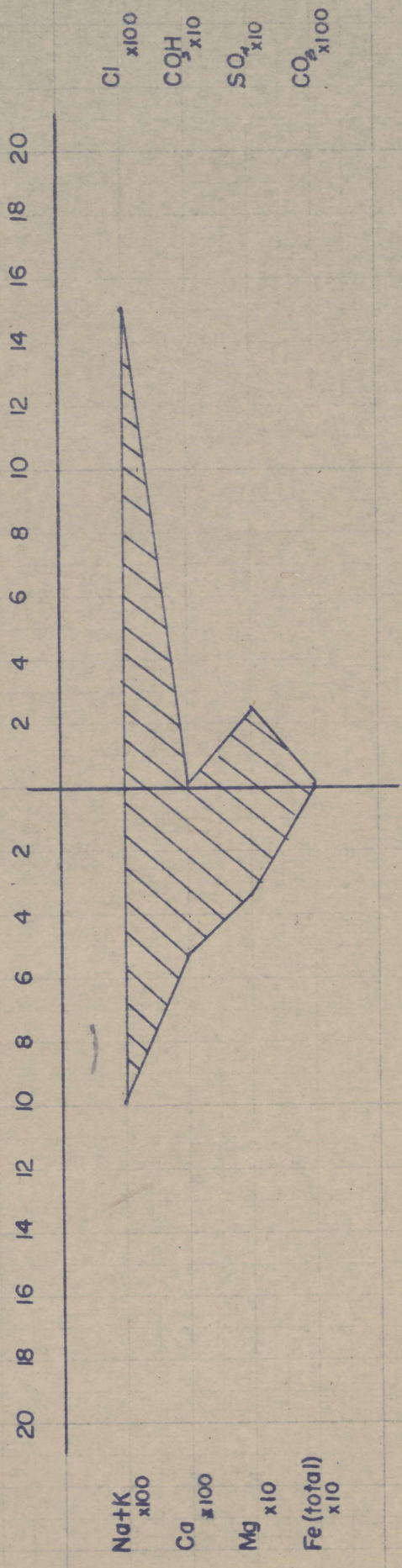
- Muestra N° 057 ..... Clorurada Sódica Potásica.  
 Muestra N° 052 ..... Clorurada Magnésiana Sódica Potásica.  
 Muestra N° 028 ..... Clorurada Sódica Potásica.  
 Muestra N° 038 ..... Clorurada Sódica Potásica.  
 Muestra N° 029 ..... Clorurada Cálcica Sódica Potásica.

Pozo C-43

INTERVALO 1213-1205 mts  
FECHA 16-1-74

ANALISIS DE AGUA  
PH ?  
PE 1,067

Diagrama de Stiff

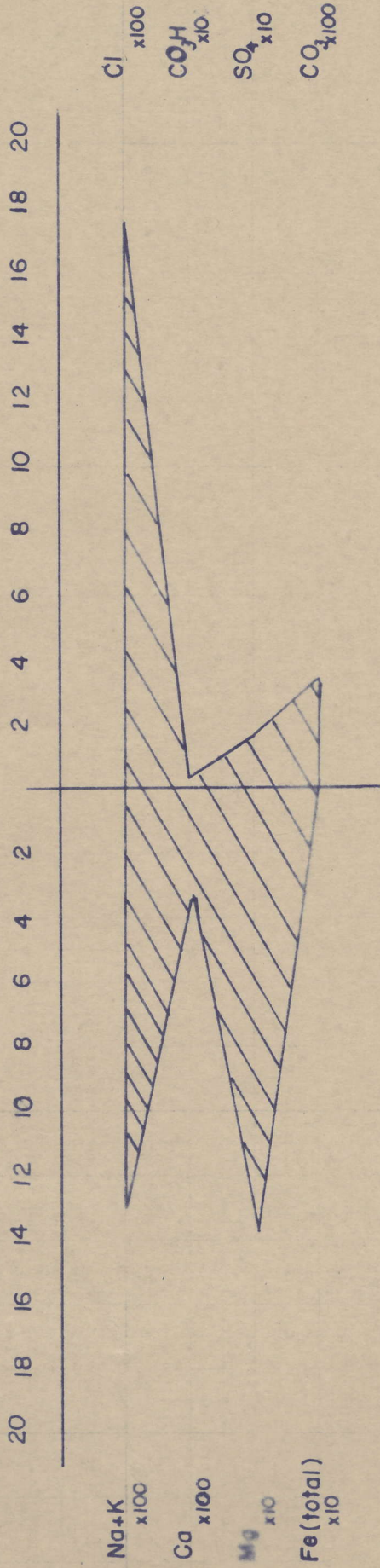


ANALISIS DE AGUA  
PH 5,1  
PE 1,073

Pozo C-43

INTERVALO 1201,9 - 1209,9 mts.  
FECHA 27-10-73

Diagrama de Stiff



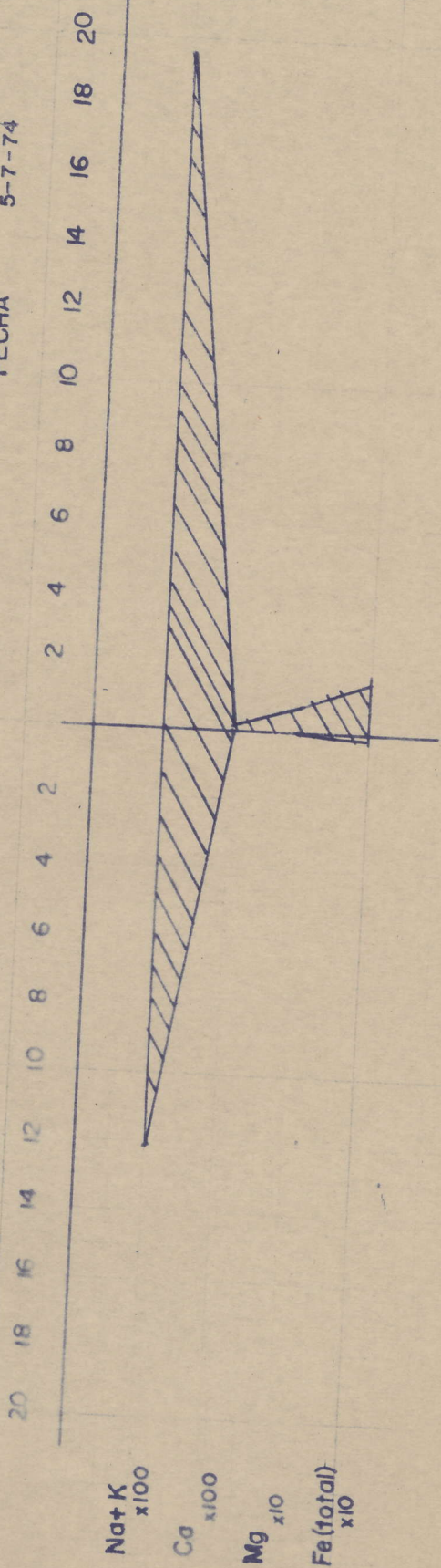
ANALISIS DE AGUA

PH 6,3  
PE 1,088

Pozo C-117

Diagrama de Stiff

INTERVALO 1244-1228 mts  
FECHA 5-7-74



038

Pozo - C-156

ANALISIS DE AGUA

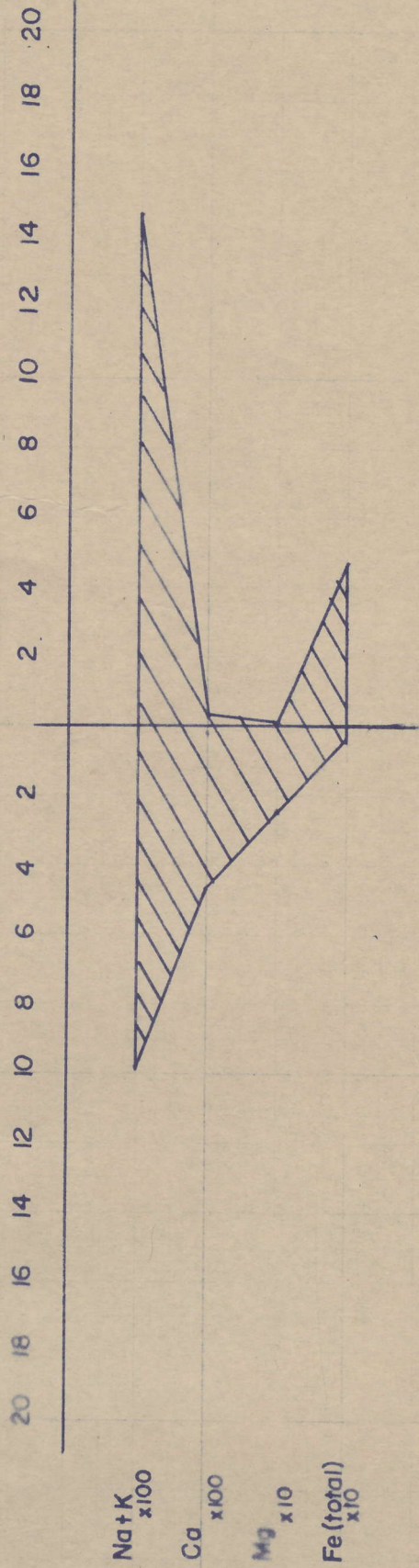
PH 6,4

PE 1,057

INTERVALO 146-1428 mts

FECHA 7-6-73

Diagrama de Stiff





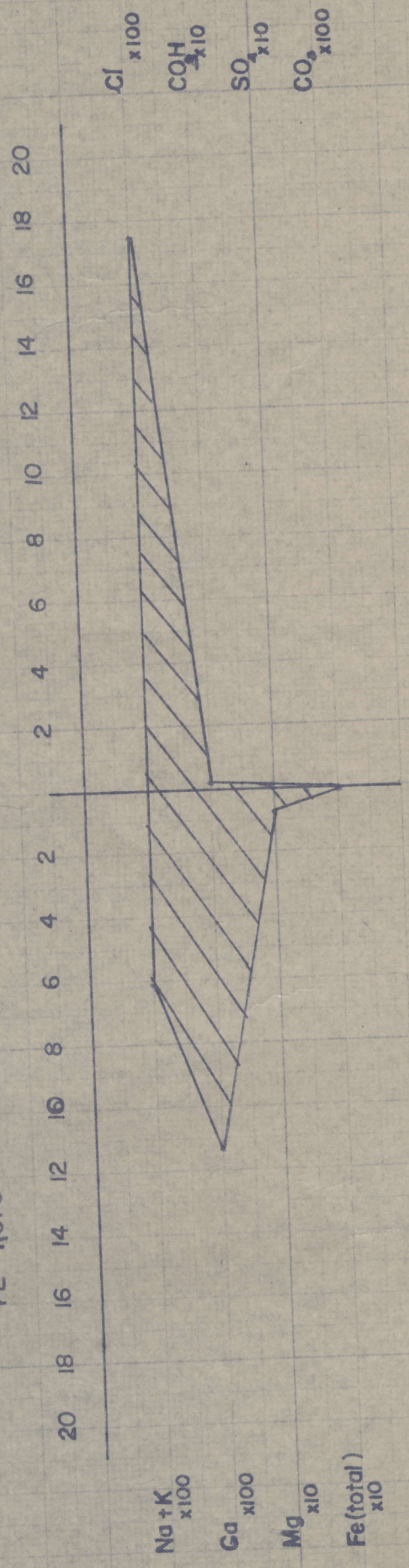
0,29

Pozo C-158

INTERVALO 1560-1544  
FECHA 17-6-72

ANALISIS DE AGUA  
PH 5,7  
PE 1,076

Diagrama de Stiff



Na+K x100  
Ca x100  
Mg x10  
Fe(total) x10

Cl x100  
COH x10  
SO4 x10  
CO3 x100



Independientemente de que el número de muestras analizadas no son suficientes para generalizar la composición de las aguas que se encuentran presentes en los diferentes horizontes productivos del Bloque Central y según los resultados de los diagramas de Stiff, el autor plantea las aguas que saturan a los diferentes horizontes son las siguientes:

Horizonte "A".- Clorurada Sódica Potásica.

Horizonte "B".- Clorurada Sódica Potásica.

Horizonte "C".- Clorurada Cálcica Sódica Potásica.

En la parte productora del Yacimiento Cristales, por datos del Centro de Investigación del Petróleo (CIDP), se destacan dos Complejos Acuíferos:

- 1.- Complejo Acuífero Vulcanógeno-Sedimentario del Cretácico Superior, formado por los horizontes productivos A, B, C y D.
- 2.- Complejo Acuífero del Cretácico Superior-Paleógeno, formado por los horizontes de calizas y conglomerados calcáreos.

El CIDP plantea que el Complejo Acuífero Vulcanógeno-Sedimentario es el más estudiado y que sus aguas son del tipo Clorurada Cálcicas y se caracterizan por una mineralización de 86 g/l hasta 11 g/l.

En base a estos datos deben considerarse que las aguas de este complejo constituyen verdaderas salmueras y en otros casos agua dulce (11 g/l).

Consideramos que si existe agua dulce en este complejo, la misma debe estar conectada a una cuenca de alimentación o un área de descarga.

Según Landes (Geología del Petróleo), esta agua dulce sugiere e condiciones hidrodinámicas que a veces pueden arrastrar consigo el petróleo y el gas hasta otras zonas e inclusive destruir el yacimiento.

Las aguas de los yacimientos petrolíferos generalmente son salinas, excepto a profundidades someras y en general pueden variar ampliamente en sus constituyentes químicos, en su concentración de iones o en ambos casos. Estas variaciones pueden darse lateralmente.

Una de las aplicaciones mas importante de las aguas dentro del yacimiento es su movimiento en el subsuelo. Se ha demostrado que las acumulaciones de petróleo tienen el contacto agua-petróleo inclinado cuando las aguas estan en movimiento.

En nuestro caso al considerar que las aguas de este complejo constituyen en sí verdaderas salmueras podemos suponer que las mismas no poseen movimiento, por lo que el contacto-agua-petróleo en el yacimiento es horizontal.

Resumiendo y teniendo en cuenta que la suma de los iones de las muestras representadas anteriormente sobrepasan en valores a la salinidad del agua de mar, llegamos a la conclusión de que las aguas que saturan a los horizontes del Complejo Acuífero Volcánico-Sedimentario es característica de los yacimientos de petróleo. Además constituyen verdaderas salmueras.

XI.- RESUMEN DE ENSAYOS Y EXPLOTACION PARA LAS CAPAS  
COLECTORAS DEL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.

El presente capítulo recoge de forma general y detallada los resultados obtenidos durante los diferentes ensayos realizados a los pozos del Bloque Central del Yacimiento Cristales.

Para la confección del mismo recopilamos una gran cantidad de datos extraídos de los archivos de producción de los pozos de la E.P.E.P, y que más adelante hacemos referencias de los mismos.

PUNZADOS.

Pozo Cristales Nº 43

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1796,9-1786,9	25-10-71	Entrada de agua salada y gas.
1760,9-1740,9	13-12-71	Sin entrada.
1687,9-1675,9	7-12-72	Sin entrada.
1670,9-1568,9 1563,9-1549,9 1543,9-1537,9	24 y 25- 1-72	Entrada de petróleo y agua.
1506,9-1501,9 1494,9-1489,9	12-4-72	Gran entrada de agua salada.
1476,9-1469,9	20-5-72	Entrada de gas.
1474,9-1442,9	27-5-72	Repunzado sin entrada.
1341,9-1321,9	29-6-72	Sin Entrada.
1283,9-1268,9	27-8-72	Sin entrada.
1213,9-1189,9	?	Gran entrada de petróleo.

Producción de petróleo:

1213,9-1189,9 .....8628,2 ton. de petróleo.

Pozo Cristales Nº 39

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1616,8-1576,8	18-3-72	Sin entrada.
1551,8-1533,8	14-6-72	Sin entrada.
1513,8-1505,8	7-5-72	Sin entrada.
1492,8-1486,8 1420,8-1412,8 1406,8-1396,8	24-5-72	Entrada de agua salada y poco petróleo.
1315,8-1305,8 1297,8-1283,8	16-7-72	Entrada de poco petróleo.

1253-1243		
1238-1228		
1225-1213	18-4-73	Entrada de petróleo y gas.
1211-1207		
1204-1196		
1161,8-1135,8	10-3-74	Sin entrada.
1147,8-1135,8	22-3-74	Entrada de poco petróleo surgent
1168,8-1161,8	31-10-75	Entrada de petróleo y gas.

## Producción de petróleo:

1616,8-1576,8; 1551,8-1533,8; 1513,8-1486,8; 1420,8-1396,8 y  
1315,8-1283,8 .....98,2 ton. de petróleo y 31,1 m<sup>3</sup> d  
agua.

1253-1196 .....34 ton. de petróleo.

1147,8-1135,8 .....98,2 ton. de petróleo y 3,4 m<sup>3</sup> de  
agua.

## Pozo Cristales Nº 56

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1173,8-1167,8	9-5-64	Entrada de petróleo y gas.
1168,8-1166,8	31-5-64	Sin entrada.
698,8-691,8	9-6-64	Entrada de agua salada.
696,8-692,8	20-6-64	Entrada de agua salada.
1172,8-1166,8	21-5-74	Sin entrada.

## Producción de Petróleo:

No tiene Producción.

## Pozo Cristales Nº 117

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1244,3-1218,3	9-4-71	Entrada de petróleo y agua sala se hizo fracturación con arena obtuvo surgencia de gas con pet
1172,3-1152,3	28-11-76	Entrada de agua salada.
1127,3-1113,3	30-12-76	Sin entrada.

## Producción de Petróleo:

1144,3-1218,3 .....671,1 ton. de petróleo y 700 m<sup>3</sup>  
agua.

## Pozo Cristales Nº 156

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1443-1425	6-4-73	Débil entrada de petróleo.

1370,8-1328,8	15-6-73	Entrada de agua salada.y petr
1312,8-1308,8	22-7-73	Se obtuvo surgencia de petról
1308,8-1276,8	25-7-73	(14 ton/dia).

Producción de Petróleo:

1370,8-1328,8	.....	6359,2 ton. de petróleo y 24,1
		de agua.
1312,8-1308,8	.....	6519 ton. de petróleo.

Pozo Cristales Nº 158

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1556,8-1536,8	2-6-72	Entrada de agua salada.
1474,8-1444,8	23-6-72	Entrada de agua salada.
1444,8-1430,8	5-8-72	Entrada de agua salada.
1309,8-1285,8	14-8-72	Entrada de agua salada.
1309,8-1285,8	4-11-73	Repunzado sin entrada.

No se obtuvo producción.

Pozo Cristales Nº 159

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1566,8-1348,8	19-6-73	Sin entrada.
1522,8-1504,8	21-7-73	Sin entrada.
1381,8-1371,8	18-8-73	Surgente al punzar con presi se circuló sin resultados po vos.
1371,8-1363,8	14-2-74	Sin entrada.
1381,8-1371,8	15-10-74	Repunzado con poco aumento e producción de petróleo.
1362-1354	4-3-75	Semisurgencia con incremento petróleo, a 12 ton/dia.

Producción de Petróleo.

1362,1354	.....	6359,2 ton. de petróleo y 24,
		de agua.

Pozo Cristales Nº 172

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1406,8-1386,8	27-6-74	Sin entrada.
1358,8-1350,8	30-8-74	Comprsión y Swabeo, surgente dificación sin éxitos.
1318,8-1293,8	4-4-75	Aisló con Packer sin entrada
1252,8-1238,8	17-4-75	Entrada de petróleo.

Producción de Petróleo:

1358,8-1328,8 .....56,2 ton. de petróleo  
 1252,8-1238,8 .....2272 ton. de petróleo y 65,1 m<sup>3</sup>  
 de agua.

Pozo Cristales Nº174

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1456,8-1418,8	1 al 10-12-73	Sin entrada.
1189,8-1151,8	15-12-73	Surgente.

Producción de Petróleo:

1189,8-1151,8 .....3256 ton. de petróleo y 263 m<sup>3</sup>  
 de agua.

Pozo Cristales Nº 176

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1451,8-1428,8	19-2-74	Sin entrada.
1408,8-1356,8	8-3-74	Entrada débil de petróleo. se fracturó y resultó surgente.
1328,8-1348,8	22-10-74	Sin entrada. Se aisló con Pack y hubo entrada de petróleo semisurgente.
1290,8-1278,8	31-1-75	Entrada de petróleo semisurgente.
1264,8-1226,8	8-8-75	Por compresión se obtuvo gran entrada de petróleo.

Producción de Petróleo:

1408,8-1356,8; 1328,8-1348,8; 1290,8-1278,8 .....2064,2 ton.  
 de petróleo y 27,2 m<sup>3</sup> de agua.  
 1264,8-1226,8 .....206,2 ton. de petróleo y 171  
 de agua.

Pozo Cristales Nº 177

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1264,8-1218,8	7-4-74	Gran surgencia de petróleo.
1264,8-1251,8	12-4-74	
1248,8-1239,8	8-2-76	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

1264,8-1251,8 .....3262,4 ton. de petróleo y 1  
 m<sup>3</sup> de agua.  
 1248,8-1239,8 .....1916,7 ton. de petróleo y 2  
 m<sup>3</sup> de agua.



Pozo Cristales Nº 178

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1406,8-1392,8	13-5-74	Surgente, mucho gas.
Producción de Petróleo:		
1406,8-1392,8	.....	110,2 ton. de petróleo.

Pozo Cristales Nº 196

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1560,8-1522,8	5-7-75	Entrada de agua salada.
1504,8-1488,8	24-8-75	Sin entrada.
1322,8-1278,8	9-9-75	Sin entrada.
1268,8-1232,8	30-9-75	Sin entrada.
1206,8-1186,8	18-10-75	Sin entrada.
918,8-890,8	11-11-75	Entrada de agua salada.
816,8-796,8	30-11-75	Entrada de agua salada.
682,8-661,8	11-12-75	Entrada de agua salada.

Producción de Petróleo:

No se obtuvo.

Pozo Cristales Nº 197

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1605,8-1567,8	30-6-75	Sin entrada.
1528,8-1501,8	13-8-75	Entrada de petróleo.

Producción de Petróleo:

1528,8-1501,8 ..... 2755,3 ton. de petróleo y 143,3 m<sup>3</sup> de agua.

Pozo Cristales Nº 201

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1298-1252	10-12-74	Entrada de petróleo y agua.

Producción de Petróleo:

1298-1252 ..... 24,4 ton. de petróleo y 110 m<sup>3</sup> de agua.

Pozo Cristales Nº 202

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1342,8-1318,8	26-9-75	Sin entrada.

1308,8-1286,8	13-10-75	Sin entrada.
1225,8-1213,8	26-11-75	Sin entrada de petróleo semisurgente.
1206,8-1186,8		

## Producción de Petróleo:

1225,8-1186,8 .....719 ton. de petróleo.

## Pozo Cristales Nº 203

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1371,8-1353,8	30-4-75	Entrada de petróleo y gas.
1344,8-1316,8	1-6-75	Entrada de petróleo semisurgente
1273,8-1271,8		
1260,8-1255,8	19-8-78	Sin entrada.
1251,8-1242,8		

## Producción de Petróleo:

1371,8-1353,8 .....142 ton. de petróleo y 14,9 m<sup>3</sup> de gas.

1344,8-1316,8 ..... 251,6 ton. de petróleo.

## Pozo Cristales Nº 205

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1296,8-1276,8	13-4-75	Entrada de agua salada.
1261,8-1218,8	28-4-75	Sin entrada.
1131,8-1121,8	12-5-75	Sin entrada.
1031,8-1021,8	23-5-75	Sin entrada.

## Producción de Petróleo:

No se obtuvo.

## Pozo Cristales Nº 204

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1295-1257	15-10-74	Poca entrada de petróleo.
1174,8-1156,8	17-3-76	Entrada de agua salada.
1130,8-1108,8	12-4-76	Entrada de gas.
1070,8-1036,8	27-8-76	Fracturación con arena resultan
	13-9-76	do surgente.

## Producción de Petróleo:

1295-1257 .....790,6 ton. de petróleo.

1174,8-1156,8.....1381,8 ton. de petróleo.

Pozo Cristales Nº 206

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1296,8-1270,8	29-10-73	Entrada de petróleo y agua salada.
1284-1271	20-10-75	Entrada de petróleo, agua y gas.
1256,8-1236,8	16-12-75	Entrada de agua salada.
814,8-803,8	4-1-76	Entrada de agua salada.
1213,8-1198,8	6-4-76	Sin entrada.
782,8-768,8	5-7-77	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

1284-1271 .....24,7 ton. de petróleo y 14 m<sup>3</sup> de agua.

Pozo Cristales Nº 208

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1196,1-1182,1	15-5-75	Surgente sin incremento de petróleo.
1196,1-1182,1	17-8-75	Fracturación con arena, incremento de petróleo por acidificación.
1182,1-1162,1	11-8-76	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

1196,1-1182,1 .....14373,7 ton. de petróleo y 115,6 m<sup>3</sup> de agua.

Pozo Cristales Nº 209

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1346,8-1321,8	19-6-75	Débil entrada de petróleo.
1316,8-1288,8	5-7-75	Débil entrada de petróleo y agua.
1263,8-1248,8	21-7-75	Débil entrada de petróleo y agua.
1230,8-1206,8	16-8-75	Sin entrada.
1172,8-1156,8	5-10-75	Averías.
1172,8-1156,8	24-3-77	Incremento de petróleo a 4 ton/

Producción de Petróleo:

No se obtuvo por resultar una entrada débil.

Pozo Cristales Nº 210

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1301,8-1285,8	11-4-78	Entrada de agua salada.
1136,8-1191,8	3-5-78	Entrada de petróleo semisurgente.

Producción de Petróleo:

1136,8-1191,8.....524,4 ton. de petróleo y 10,5 m<sup>3</sup> de agua.

Pozo Cristales Nº 217

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1646,8-1638,6	26-2-76	Entrada de petróleo y agua.
1626,8-1614,8	19-9-76	Pequeña entrada de petróleo.
1614,8-1587,8	27-11-76	Pequeña entrada de petróleo y
1572,8-1558,8	25-12-76	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

1646,8-1638,8	.....	21,5 m <sup>3</sup> de petróleo y 9 m <sup>3</sup> de
1626,8-1614,8	.....	15,9 ton. de petróleo y 3,7 m <sup>3</sup> de agua.
1614,8-1587,8	.....	474,9 ton. de petróleo y 171,4 de agua.

Pozo Cristales Nº 221

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1783,8-1763,8	24-5-78	Sin entrada.
1686,8-1671,8	15-5-78	Sin entrada.
1643,8-1616,8	1-6-78	Sin entrada.
1441,8-1426,8	22-6-78	Sin entrada.
966,8-944,8	11-8-78	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

No se obtuvo.

Pozo Cristales Nº 231

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1484,5-1473,5		
1464,5-1448,5	12-2-77	Surgente al punzar, con entrada de petróleo y gas.
1440,5-1430,5		

Producción de petróleo:

Para las tres zonas.....128 ton.de petróleo.

Pozo Cristales Nº 232

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1730,8-1712,8	9-4-77	Sin entrada.
1686,8-1666,8	19-5-77	Entrada de agua salada.
1644,8-1624,8	2-5-77	Sin entrada.
1604,8-1586,8	12-5-77	Sin entrada.
1526,8-1516,8	1-6-77	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

Sin horizontes productivos se realizó un Swabeo produciéndose durante 9 días un total de 28,5 ton. de petróleo y 6 m<sup>3</sup> de agua

Pozo Cristales Nº 238

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1542,8-1520,8	24-4-77	Sin entrada.
1484,8-1472,8		
1467,8-1460,8	24-5-77	Entrada de petróleo y gas.

Producción de Petróleo:

1484,8-1460,8 .....563,3 ton. de petróleo y 18,0 m<sup>3</sup>  
de agua.

Pozo Cristales Nº 240

Zona Punzada	Fecha	Resultados
1480,8-1453,8	8-11-76	Pequeña entrada de petróleo y agua salada.
1400,8-1389,8	22-11-77	Entrada de petróleo.
1389,8-1372,8	14-12-77	Ampliación de la zona.
1331,8-1321,8		
1316,8-1306,8	23-12-78	Sin entrada.

Producción de Petróleo:

1480,8-1453,8 .....592,4 ton. de petróleo y 135 m<sup>3</sup>  
de agua.

1400,8-1389,8 .....42,8 ton. de petróleo y 472,3  
de agua.

Como se puede observar las zonas de mejores resultados son las correspondientes a los horizontes "A" y "B", este último el mejor dentro del yacimiento, aunque los resultados de los punzados no han determinado los pozos mejores productores.

PRUEBAS DE FORMACION.

Pozos Nº.	Intervalo	Resultados
C-43	1461-1521	Débil entrada de petróleo.
	1595-1621	Sin resultados.
C C-159	1332-1294	Surgencia de gas.
	1507-1551	Entrada de petróleo y gas.
C-172	1246-1300	Lodo emulsionado con gas.
C-176	1231-1269	Entrada de petróleo, lodo y gas.
C-177	1187-1220	Entrada de lodo emulsionado con petróleo y gas.
	1254-1323	Entrada de petróleo y gas.
	1445-1494	Entrada de lodo emulsionado con gas
C-174	1423-1470	Sin entrada.
C-196	600-850	Sin resultados.
C-197	683-739	Sin entrada.
	1474-1523	Entrada de petróleo y gas.
C-217	1574-1621	Sin entrada.
C-255	1446-1450	Entrada de petróleo.

De la misma forma que los resultados de los intervalos punzados los de las pruebas de formación no son muy satisfactorios; sin embargo, se han logrado obtener producciones industriales en varios de estos pozos.

## XII.- RECALCULO DE LAS RESERVAS DE HIDROCARBUROS PARA EL BLOQUE CENTRAL DEL YACIMIENTO CRISTALES.

Como se ha planteado por numeroso autores, la evaluación de las reservas de petróleo en las capas productoras del Yacimiento Cristales ha sido realizado muchas veces.

Así, en el año 1963 los compañeros A.Planas y J.A.Castro, realizaron el primer intento para la evaluación de las reservas para este yacimiento, pero por los escasos conocimientos del mismo su autenticidad fue muy baja.

Un año más tarde, según los datos de los nuevos pozos de explotación y exploración perforados, se realizó un nuevo cálculo de reservas de petróleo en la parte Norte del yacimiento hasta el 1º de Agosto de 1968, cuyos autores o autor fue M.Basulov; y en la parte Sur se realizó hasta el 1º de Enero de 1971, por los autores B.Muñoz, G.Yasenka, Y.Roitman, S.Valladares y otros.

En 1973, con relación a la evaluación de las reservas pronósticos de petróleo y gas en el subsuelo de las regiones perspectivas de la República de Cuba (incluso la Cuenca Central), se ha hecho una tentativa más para precisar las reservas del Yacimiento Cristales.

Los autores de este cálculo de reservas fueron: E.Zajarov, B.Muñoz, y S.Valladares, teniendo en cuenta el grado de conocimiento del yacimiento hasta estos momentos y lo realizaron hasta el 1º de Enero del 1974.

A causa de la ausencia de núcleos cortados, los parámetros principales que entran en la fórmula para el cálculo por el método volumétrico, fueron tomados en dicho cálculo por datos de investigaciones geofísicas de campo.

Según este cálculo de reservas, el yacimiento tectónicamente representó tres partes o bloques aislados (Norte, Central y Sur), que se hundieron escalonadamente de Sur a Norte.

Nuestro trabajo se concentró única y exclusivamente al Bloque Central.

Las reservas geológicas generales iniciales de petróleo dadas por los autores antes mencionados para el Bloque Central fueron dadas solamente según las categorías B - C<sub>1</sub>.

Los autores de dicho cálculo de reservas destacan en el yacimiento en el Complejo Pre-Orogénico los mismos horizontes productivos mencionados en capítulos anteriores (A, B, C, D-), que como se ha planteado también están desarrollados en su mayor parte en los Bloques Sur y Central.

Más arriba dentro del potente espesor arcilloso del Maestrichtiano Superior (Complejo Orogénico), están destacados los horizontes inferiores de calizas y el superior de conglomerados, la yacencia del petróleo para estos horizontes se localizan en los límites del Bloque Central, mejor dicho, Bloque Norte.

En el Bloque Central para el horizonte "C", las reservas están estimadas en categoría  $C_1$ .

Para el horizonte "B", las reservas de petróleo fueron precisadas en los bloques Central y Sur según la categoría B -  $C_1$  y  $C_1$ .

Para el horizonte "A", las reservas fueron evaluadas sólo para el Bloque Sur.

Un año después de 1974, más exactamente en el año 1975, se trató una vez más de evaluar las reservas reales de petróleo en el yacimiento. Esto se hizo necesario porque el análisis de la dinámica de extracción del petróleo en el yacimiento durante ocho años (1967-1974), indicó que las reservas de petróleo eran mucho menores que las estimadas según el cálculo indicado al 1º de Enero de 1974.

Los autores de la Evaluación Operativa de las Reservas Activas de petróleo del Yacimiento Cristales, según su estado de conocimiento geológico y los resultados de la explotación industrial hasta el 1º de Enero de 1975, fueron los especialistas soviéticos Gacriediants, F. Jasifov, E. Zajarov, S. Bankoski y otros.

Como base de estos cálculos fueron tomados los materiales compuestos por el Grupo de Especialización Científica de la U.R.S.S.

Según los autores antes mencionados, bajo la noción de petróleo "Activo" se entendía el petróleo que se encontraba principalmente en las fracturas y en algunos lugares, en los bloques muy porosos y permeables.

Según los resultados de los análisis de explotación de los pozos y del yacimiento, se plantea que fueron destacados tres tipos de áreas que se diferencian o se caracterizan por sus diferentes pro



ductividades.

Al primer grupo o tipo pertenecen las áreas donde los pozos bajan durante mucho tiempo con una producción estable de más 3 ton/día; al segundo grupo pertenecen las áreas donde los pozos con una producción de 1-3 ton/día y al tercer grupo pertenecen las áreas donde la producción de los pozos presentan una caída abrupta de la producción en el tiempo. Las reservas de estas áreas fueron atribuidas a la categoría fuera de balance.

En el corte productivo del yacimiento se destacaron tres tipos de capacidades; fracturada, porosa con petróleo activo y porosa con petróleo poco móvil.

Durante la evaluación de las reservas en las fracturas, fueron tomados los siguientes criterios:

- a.- La potencia de los colectores fue tomada como igual para toda la potencia del horizonte.
- b.- La porosidad es igual al 1 % para toda la potencia del horizonte (Según experiencia de la URSS).
- c.- La saturación de fluidos fue tomada como igual al 70 %, también según la experiencia de la URSS.
- d.- El coeficiente de recuperación para la capacidad fracturada es de 60 %.

Otro parámetro calculado fue el área, además, densidad del petróleo, coeficiente de recálculo, etc., que fueron tomados concretamente para cada horizonte y según las investigaciones geológicas físicas e industriales.

Durante el cálculo de reservas para la capacidad porosa se tomaron en cuenta los siguientes datos:

- a.- La potencia efectiva saturada de los horizontes productivos fue determinada según los resultados de las investigaciones geofísicas de campo, teniendo en cuenta el límite inferior de porosidad de 6%.
- b.- La porosidad fue determinada por la geofísica de campo (método de la resistividad y el carottage Gamma-Neutron), pero, puesto que con los datos de la geofísica de campo se determina la porosidad sumaria (fracturada y de bloque), entonces para su magnitud en los cálculos de reservas ha sido realizada la corrección a un 1 %, en la dirección de disminución a cuenta de la capacidad de las fracturas.

c.- El coeficiente de recuperación para la capacidad porosa es igual al 20 %.

Como en los cálculos de reservas anteriores al 19 de Enero de 1975, en el corte productivo del Complejo Pre-Orogénico fueron destacados aquí los mismos horizontes productivos, dando además las siguientes características de los mismos:

El horizonte "B" , es el más homogéneo en el yacimiento; el horizonte "C" está caracterizado por colectores heterogéneos. En cuanto al horizonte "D" diremos que es muy local.

El Horizonte "A" es bastante homogéneo dentro del Bloque Central presentando variaciones en su producción como lo presentan los otros horizontes.

Debemos destacar que el recálculo de las reservas que más adelante realizaremos estará dirigido fundamentalmente al Horizonte "B" por presentar sus reservas en categoría C<sub>1</sub>, en tanto que para el Horizonte "C" las reservas estan evaluadas en categoría C<sub>2</sub>, por lo que no seran tomadas en cuenta para nuestro cálculo.

A principios de 1977, los geólogos soviéticos que trabajan en la DGGG, compusieron el balance informativo de las reservas de petróleo en la República de Cuba de 1976. Este balance ha sido en concordancia con el Orden y la forma que usa la URSS.

De este balance se sacó que es precisamente del Horizonte "B" donde se encuentran las mayores reservas dentro del yacimiento y del Bloque Central.

RECALCULO DE LAS RESERVAS EN EL BLOQUE CENTRAL.

Datos:

Reservas geológicas para cad horizonte.

- Horizonte A - No se han calculado.
- Horizonte B - 140,6 miles de ton. en categoría C<sub>1</sub>
- Horizonte C - 57,4 miles de ton. en categoría C<sub>2</sub>

Para la evaluación de las reservas del Bloque Central no se tomaran en cuenta las reservas dl horizonte C por encontrarse en Categoría C<sub>2</sub>

HORIZONTE "B".

Reservas Geológicas - 140,6 miles de ton.

Coeficiente de Recuperación - 0,18

Estas reservas estan dadas para el área representadas por los pozos C-176, C-203, C-172, C-204, C-39, C-206, C-210, C-209, C-15 C-202, C-238, C-43, C-117 y C-242.

Las reservas geológicas extraibles estaran dadas por el producto de las reservas geológicas totales por el coeficiente de recuperación, o sea:

$$140\ 600 \times 0,18 = 25\ 308 \text{ ton.}$$

La cantidad de petróleo extraida del área dada es de 9 088,36 ton. Luego la cantidad de petróleo que queda por extraer en el área es dada por la diferencia entre la cantidad de reservas extraibles y la cantidad de reservas extraidas, o sea:

$$25\ 308 - 9\ 088 = 16\ 219,64 \text{ ton.} - Q_p \text{ extraer.}$$

En el Capítulo siguiente haremos un análisis acerca de si es o no económica la perforación de algún pozo de explotación dentro del área dada anteriormente. De ser así, daremos todas las características que el mismo debe cumplir.

### XIII.- ARGUMENTACION DE LOS POZOS DE EXPLOTACION PROPUESTOS.

Una vez realizado el análisis Geólogo-Económico del Yacimiento Cristales (Bloque Central), hemos podido detectar una zona de interés para la perforación de pozos de explotación. La misma se ubica entre los pozos C-209, C-210, C-174 y C-177.

Esta zona se encuentra rodeada de varios pozos productores, como son: C-156, C-43, C-177, C-174, C-208 y otros, de los cuales se han extraído producciones industriales de petróleo.

Como resultado de nuestro trabajo proponemos la perforación de un pozo de explotación, ubicado en una zona donde el Horizonte "1" se eleva, formando una pequeña estructura anticlinal.

Debemos destacar que según nuestro mapa de espesores netos, esta es la zona donde dicho horizonte presenta menor espesor neto, esto no quiere decir que el espesor efectivo o productivo del horizonte no sea suficiente para obtener en nuestro pozo una determinada cantidad de petróleo que permita que su perforación sea económica.

Debemos tener en cuenta que las trampas presentes en el yacimiento, son trampas litológicas, por consiguiente pueden existir dentro del mismo horizonte otras litologías o rocas que almacenen petróleo.

Por las características que presentan los mapas de producción de petróleo, representados en los anexos X, XI, XII, se puede observar que esta zona que nosotros consideramos de mayor perspectiva para la ubicación de nuestro pozo, es la que presenta un mayor drenaje, cosa esta que debe facilitar la extracción del petróleo presente, además debemos tener en cuenta que nuestro pozo se ubica próximo a la zona donde consideramos que se encuentre el contacto agua-petróleo, lo que debemos tener presente a la hora de perforar el pozo.

#### UBICACION DEL POZO C-X

Para la ubicación del pozo hemos tratado de mantener el espaciamiento entre los pozos que se sigue dentro del yacimiento, pero por estar en un área donde podríamos ubicar dos pozos y sólo tenemos uno por la cantidad de reservas a extraer que no tiene sentido ubicar más de uno, hemos tomado la distancia entre nuestro pozo y los que los rodean de unos 300 mts.

Este pozo se ubica en un flanco del pequeño anticlinal que forma el horizonte "B", hacia esa parte del yacimiento, a unos 300 mts. al sureste del pozo C-209 y a unos 300 mts. del pozo C-177, hacia el oeste del mismo.

#### OBJETIVO A EXPLOTAR POR EL POZO C-X.

El objetivo fundamental a explotar en nuestro pozo es el Horizonte "B", dadas sus características de ser el mejor colector del yacimiento, así como ser el horizonte de mayores reservas en el Bloque Central. Independientemente de esto no podemos descartar la posibilidad de que durante la perforación de este pozo se localizen manifestaciones de hidrocarburos correspondientes al horizonte "A", ya que el mismo ha tenido algunas producciones dentro del yacimiento, lo que nos da una posibilidad de obtener de forma indirecta mayor cantidad de petróleo en nuestro pozo.

En el anexo XIV, se puede observar la carta Geologotécnica confeccionada para el pozo; en la misma se hace referencia a las secuencias litológicas que se esperan atravesar durante la perforación, su edad, zona de posible pérdida de circulación, dureza de las rocas, etc.

El autor recomienda que independientemente que este pozo sea de explotación, se realice un registro geofísico parcial a la profundidad señalada en la carta geologotécnica, hasta la camisa de tranque de agua, que en general se encuentra hasta una profundidad de 200 mts., con el objetivo de detectar la presencia de petróleo en el horizonte "A" y al finalizar la perforación a la profundidad deseada, el registro final.

#### RESERVAS A EXTRAER POR EL POZO C-X

Haciendo un análisis de las curvas de declinación de los pozos: C-156, C-177 y C-209 que aparecen anexas a este capítulo, asumiremos que nuestro pozo debe extraer aproximadamente de 8000-9000 ton. de petróleo. Este cálculo lo hacemos por comparación con las producciones que han tenido los pozos que se encuentran alrededor del C-X, y que aún se encuentran produciendo.

Como se puede observar además en estas curvas, los pozos señalados presentan una caída rápida de la producción, que se puede hacer extensiva para todo el yacimiento.

Señalamos además que en estos momentos se están realizando estu-

dios acerca de la inyección de agua en algunas áreas del yacimiento y fundamentalmente en el Bloque Central, que beneficiarán en gran medida la recuperación de petróleo en nuestro pozo, pues esto contribuye al aumento de la presión de capa, que es la que determina directamente un buen trabajo de la capa. Además se están realizando estudios sobre una posible recuperación terciaria de petróleo a través de métodos químicos.

#### EVALUACION ECONOMICA DEL POZO C-X.

Para la evaluación del pozo C-x, utilizaremos como datos principales; la relación existente entre el costo de la perforación del pozo y el valor en peso del producto obtenido.

Datos:

Costo de 1 metro de perforación .....\$ 125.00

Valor de 1 tonelada de petróleo .....\$ 15.00

El pozo C-X debe tener una profundidad de 1230 mts. aproximadamente. (referido al nivel del mar) sería de 1100 mts).

Por consiguiente el costo de este pozo sería:

$$1230 \times 125 = 153\ 750.00$$

Costo - \$ 153 750.00

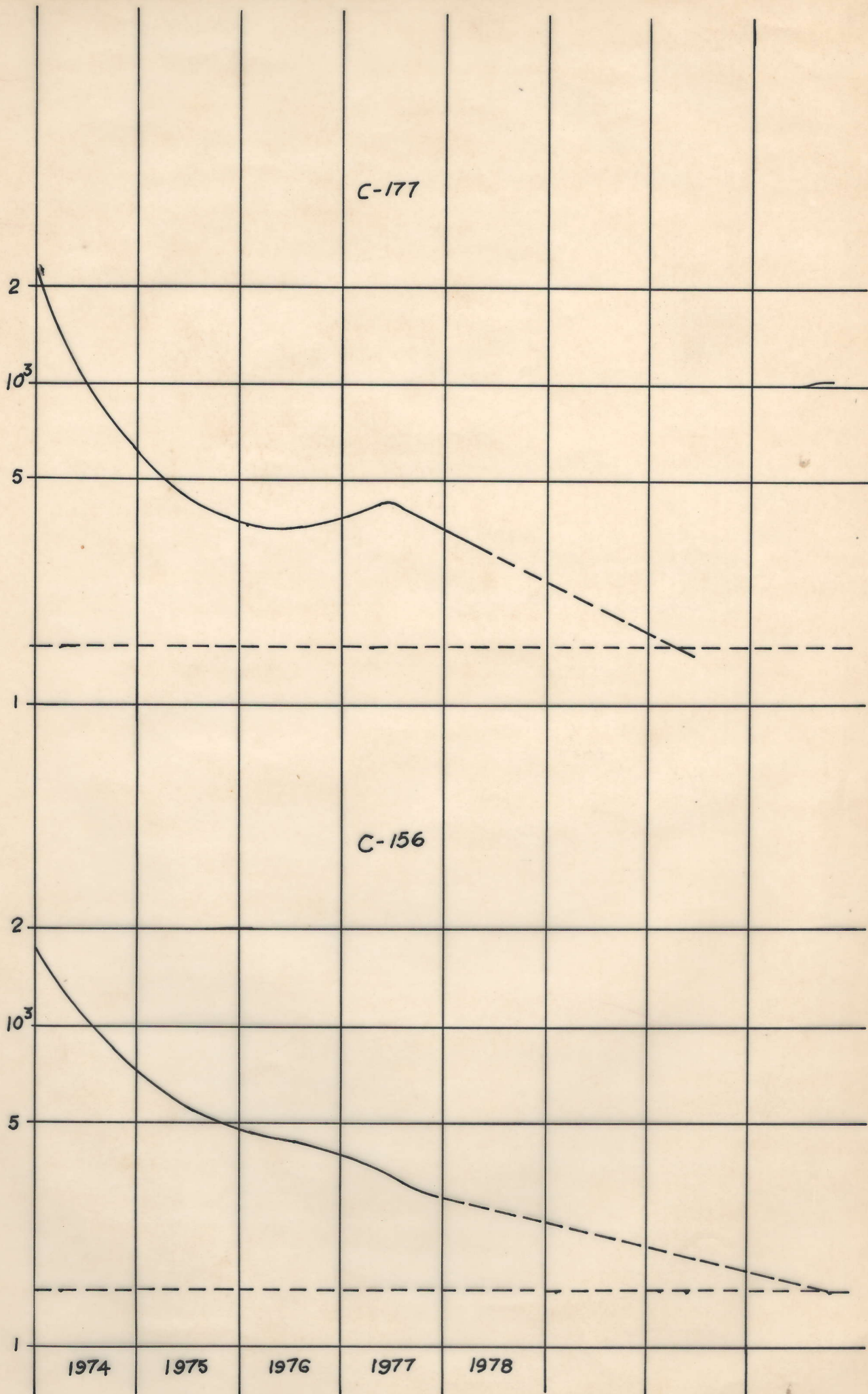
Sin embargo, lográndose extraer 8 000 ton. de petróleo en nuestro pozo se obtendrán:

$$8\ 000 \times 15 = \$ 120\ 000.00$$

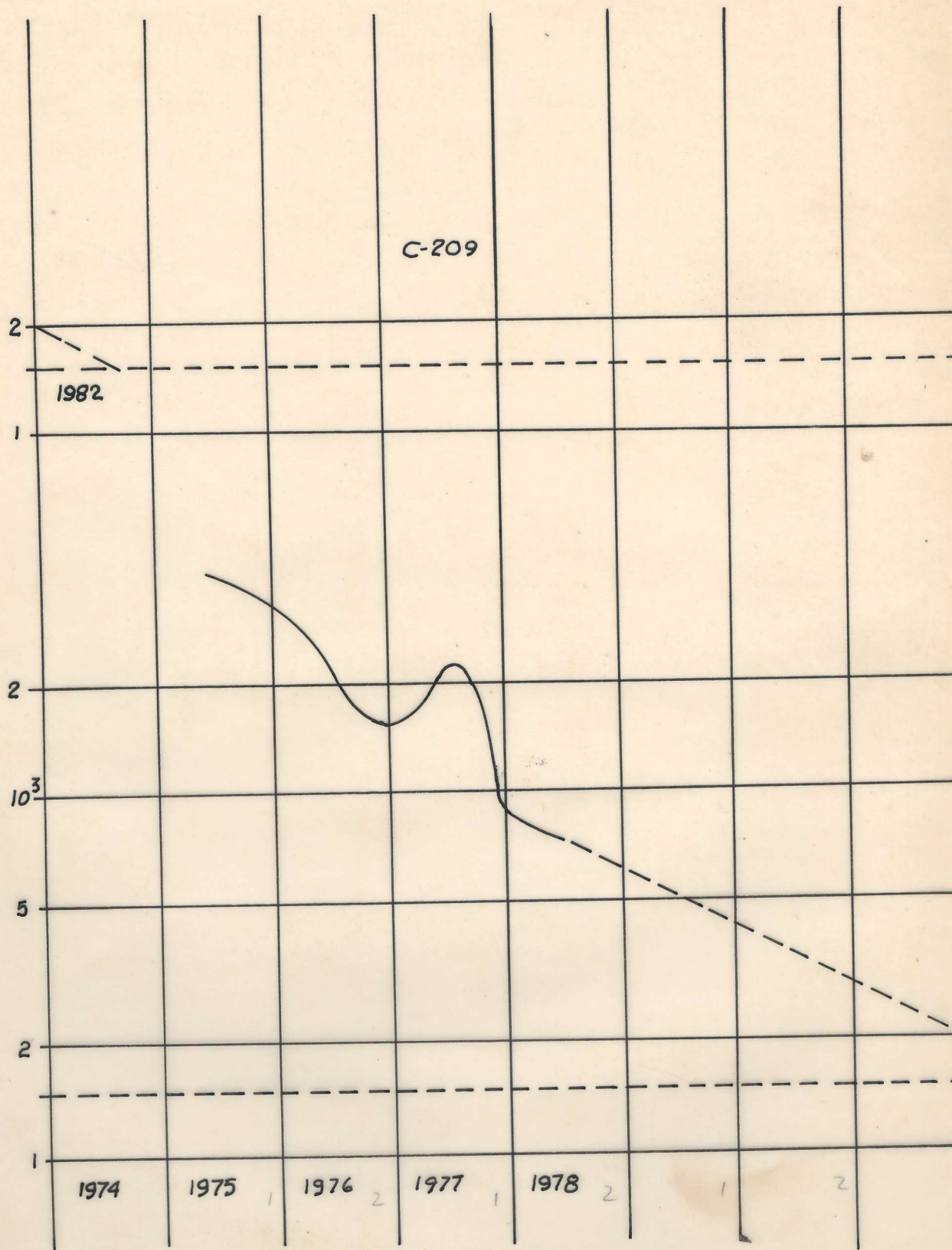
Comparando ambos valores podemos observar que existe una diferencia de \$ 33 750.00, lo que al parecer indica que el pozo propuesto por nosotros no justifica su perforación.

Ahora bien, haciendo un análisis desde el punto de vista de la importancia que tiene para el país y para el mundo entero el petróleo, además si tenemos en cuenta que la obtención de esa cantidad de petróleo en el mercado mundial constituye la inversión de divisas que nos las ahorraríamos si lográramos obtener ese petróleo, llegaríamos a la conclusión que debemos realizar un esfuerzo por obtenerlo. Por consiguiente analizando todos estos aspectos llegamos a la conclusión que nuestro pozo propuesto puede resultar económico.

No obstante dejamos a consideración de la E.P.E.P. nuestra proposición y que sea analizada minuciosamente.



CURVAS DE DECLINACION DE LOS POZOS C-156 y C-177



CURVA DE DECLINACION DEL POZO C-209.



#### XIV.- CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.

Una vez concluido nuestro trabajo "Análisis Geólogo-Económico del Bloque Central del Yacimiento Cristales", el autor llegó a las siguientes conclusiones y recomendaciones:

##### CONCLUSIONES.

- 1.- El autor considera que el Yacimiento Cristales ha sido sometido a una explotación muy irracional.
- 2.- Analizando los diferentes intentos que se han hecho para determinar las reservas existentes en el Yacimiento, consideramos que no se han realizados dichos cálculos como lo requiere el yacimiento, por lo que no se cuenta con un cálculo de Reservas confiable.
- 3.- Por los esfuerzos realizados por el autor para la recopilación de los análisis de agua del Bloque Central y que prácticamente ha sido inútil, pues no logramos encontrar los suficientes para realizar un buen trabajo, creemos que el laboratorio de la E.P.E.P.O, ha realizado un trabajo deficiente.
- 4.- Por los datos obtenidos acerca de las características hidrogeológicas del Yacimiento Cristales, planteamos que el mismo carece por completo de estudios hidrogeológicos.
- 5.- Analizando los datos de las presiones de capa tomadas por nosotros llegamos a la conclusión de que en el Bloque Central existen numerosas Zonas con presiones de capa favorables para el buen trabajo de las capas.
- 6.- Analizando las características petrofísicas y petrográficas de los colectores del Bloque Central, creemos que la zona de pozo C-201 posee buenas perspectivas para la realización de un ensayo de inyección de agua.
- 7.- De acuerdo a las condiciones geológicas del Bloque Central creemos que la zona más favorable para la ubicación de un pozo de explotación es la propuesta por nosotros.
- 8.- Como resultado de la confección del mapa estructural del tope del horizonte "B", planteamos que el mismo estructuralmente constituye un pliegue sinclinal con numerosas flexuras que favorecen la acumulación de petróleo.

- 9.- El régimen de trabajo de los diferentes horizontes del Bloque Central constituye un Régimen de gas disuelto con empuje de gas libre, pero en común, uno no existe independiente del otro.
- 10.- También como resultado de los análisis de las propiedades petrofísicas de las rocas colectoras, llegamos a la conclusión que estas propiedades están pobremente estudiadas en el Bloque Central.
- 11.- El estudio estratigráfico del Bloque Central es deficiente producto de la escasez de descripciones paleontológicas en los núcleos cortados en los pozos.
- 12.- Los movimientos tectónicos posteriores al Cretácico Superior influyeron directamente sobre las propiedades colectoras de los diferentes horizontes productivos del Complejo Pre-Orogénico.
- 13.- analizando el comportamiento de la producción de los pozos en el yacimiento, creemos que el plazo de agotamiento del yacimiento en general es corto.

RECOMENDACIONES.

- 1.- Propomemos la eliminación del horizonte productivo, denominado según la E.P.E.P como Horizonte "D".
- 2.- Que se sistematice por parte del laboratorio de la E.P.E.P de Majagua la realización de los análisis de agua y petróleo y que se tenga un archivo especial para los mismos.
- 3.- Que se realice un estudio hidrogeológico detallado del Bloque Central con el fin de estudiar la dinámica de las aguas subterráneas dentro de los diferentes horizontes y que se establezcan a cabalidad la composición de las aguas.
- 4.- que se realice la inyección de agua en el área del pozo C-201 a partir del horizonte "C".
- 5.- Que se entre a analizar la posibilidad de perforar el pozo C-x propuesto por nosotros en el área del pozo C-201.
- 6.- Que se aumente el grado de estudio de la parte nor-oriental del Bloque Central del Yacimiento Cristales, fundamentalmente hacia la zona de intersección de las fallas  $F_1$  y  $f_2$ .
- 7.- Que se confeccione un mapa Geológico detallado del Bloque Central del Yacimiento Cristales.

BIBLIOGRAFIA.

Furrazola, G., Estratiografía de la Cuenca Central, Archivos E.P.E.P.O. 1970.

Hatten, Ch.W., y otros, Geología de Cuba Central, Archivos E.P.E.P.O. 1968.

Imlay, Estratiografía de Cuba Central. 1944

Iparraguirre, J.L., Muñoz, B., Furrazola, G., Informe Geológico de la Cuenca Central, Archivos E.P.E.P.O. 1970

Landes, K.K, Geología del Petróleo. (TEXTO).

Pardo., Geología de Cuba.

Rivas, W. Bloj, S., Napoles, T. y otros., Análisis del Estado de Explotación del Yacimiento Cristales, Archivos E.P.E.P.O.

Shein, V.S., Kleschov, V.A., y otros, Tectónica Regional de Cuba y su Plataforma Marina. Resumen 1ª Jornada Científica-Técnica. DGGG, Tomo I.

Sosa, M.C., Análisis Geológico del Yacimiento Cristales? Tesis de Grado. ISMM. 1975.

\_\_\_\_\_ Las Formaciones Geológicas de Cuba., Archivos E.P. E.P.O. 1962.

\_\_\_\_\_ Archivos de Documentación de Pozos., E.P.E.P.O. Majagua.

\_\_\_\_\_ Proyectos Técnicos Económicos Nº 472 y 473 y 500 para los pozos Cristales Norte y Central., Archivos E.P.E.P.O.

\_\_\_\_\_ Geología del Petróleo., Libreta de Notas.

ANEXOS GRAFICOS.

- ANEXO I.....Mapa de ubicación de los pozos del Yacimiento.  
ANEXO IA.....Mapa de ubicación Geográfica. (Material de Archivo)  
ANEXO II.....Mapa Geológico Generalizado.(Material de Archivo).  
ANEXO III.....Mapa Tectónico de la Cuenca Central.(Mat. de Arch.  
ANEXO IV.....Mapa de Ubicación de las Correlaciones.  
ANEXO V.....Correlación Litogeofísica Según la línea I-I'  
ANEXO VI..... " " " " " II-II'  
ANEXO VII..... " " " " " III-III'  
ANEXO VIII..... " " " " " IV-IV'  
ANEXO IX.....Mapa Estructural del tope de la capa "B".  
ANEXO X.....Mapa de Producción del Horizonte "B".  
ANEXO XI.....Mapa de Producción mensual para los horizontes "A"  
y "B".  
ANEXO XII.....Mapa de Producción para todas las capas productoras  
ANEXO XIII.....Mapa de Espesores Netos para el Horizonte "B".  
ANEXO XIV.....Carta Geologotécnica para el Pozo- C-X.  
ANEXO XV.....Mapa de Ubicación del Pozo C-X

TABLA ANEXAS.

- TABLA ANEXA Nº 1 .....Descripciones Petrográficas de los núcleos.  
TABLA ANEXA Nº 2 .....Propiedades Petrofísicas de las rocas co-  
lectoras.  
TABLA ANEXA Nº 3 .....Propiedades Petrofísicas de las rocas co-  
lectoras (II).  
TABLA ANEXA Nº 4 .....Análisis de petróleo.  
TABLA ANEXA Nº 5 .....Análisis de Gas.  
TABLA ANEXA Nº 6.....Zonas Tectónicas de la Cuenca Central.

TABLA ANEXA Nº 1

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
C-43	1	1198-1201	Roca piroclástica de color verde claro a verde gris muy compacta, con incrustaciones de material calcáreo, con buena impregnación.
	2	1202-1208	Toba litoclástica de color verde grisáceo, muy fracturada, con manchas de óxido de Fe y fuerte olor a petróleo.
	3	1208-1211	Toba litoclástica de aspecto brechoso, de color verde gris, muy fracturada e con buena impregnación a todo lo largo del núcleo.
	4	1476-1480,5	Toba litoclástica de color gris verdoso oscuro, compacta, con fracturas llenas de material silíceo. Impregnación regular.
	5	1480-1483	Toba litoclástica de aspecto aglomerático, gris verdoso, con piroclastos de composición media, con matriz recristalizada (tamaño de los granos desde microscópicos a dos centímetros de diámetro).
	6	1597-1601	Toba litoclástica que varía de color gris oscuro piritizada a verde claro y oscuro. En parte fragmentada y rellena por calcita y sílice.
	7	1990-1993	Toba de color verde claro tectonizada y cloritizada (parte superior). Parte inferior y media compuesta por toba litoclástica de color gris oscuro con clastos de Porfiritas y tobas crítales de piroxenos y feldespatos grietas por calcita secundaria.
C-56	1	710-712	Lutita arenosa gris claro parcialmente calcárea con intercalaciones de litas plásticas gris claro. Parte inferior y media constituida por arena arcillosa ligeramente calcárea, algo cementada y con impregnación de aceite.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
	2	944-945	Lutitas gris y gris verdosa, parcialmente calcárea.
	3	1028-1031	Lutita arenosa gris verdosa, parcialmente calcárea, media dura y lutita gris.
	4	1252-1254	PS y M; Conglomerado de cemento arcilloso de granos angulares a redondeados, intercalados con areniscas conglomeráticas. PI; Conglomerado con matriz más arcillosa con fluorescencia a todo lo largo del núcleo y buena impregnación.
	5	1299-1300	Lutita arenosa color gris verdoso algo compacta. No presenta fluorescencia.
C-96	1	1192-1195	Toba compacta de color verde oscuro en parte roja, con algunas intercalaciones de calcita, en parte en pequeñas fracturas, con alguna impregnación en ellas.
C-156	1	1116-1118	Toba tectonizada verde gris formando brecha muy alterada con formación de clorita, sericita y arcilla.
	2	1222-1224	PS; Porfirita andesítica verde claro con fenocristales de feldespatos, matriz mic cristalina. Se observa estructura fluidal PM; Idem a la anterior pero tectonizada. PI; Toba cristaloclástica de color verde claro.
	3	1281-1283	PS y M; Conglomerado tobáceo verde oscuro cloritizado, con óxido de Fe disseminado en su superficie. PI; Argirita bituminosa gris oscuro con buena impregnación.
	4	1283-1284	Conglomerado tobáceo verde oscuro con venillas e incrustaciones, fracturada, dura, con impregnación regular.
	5	1296-1284	Toba litoclástica de fragmentos gruesos finos, verde oscuro con fragmentos de diques y lava básica, muy alterada a productos pelitomórficos con inclusiones de mica clorita y relictos de vidrio volcánico.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica
			algunos fragmentos, fracturas selladas por material calcáreo y zeolitas secundarias.
C-158	1	1432-1434	PS y M; Arcilla color chocolate con clastos de rocas vulcanógenas, de formas angulares y subredondeados, variando sus diámetros desde microscópicos hasta 1 mm. PI; Arcilla similar a la descrita anteriormente y arenisca de granos finos con material volcánico de matriz arcillosa. Presenta vetas de ópalo e impregnación ligera
	2	1578-1580	PS y M; Arcillas con incrustaciones de clastos de rocas volcánicas, quizás sean resultado de derumbes de partes superiores del pozo. PI; Toba cristaloclástica de color verde oscuro, muy compacta y en parte fracturada; las fracturas están rellenas de calcitas y algún material silíceo. Poca impregnación.
C-159	1	537,5-539	Fragmentos calcáreos y porfiritas andesíticas mezcladas con el material pelitomorfo.
	2	714-716	Fragmentos calcáreos, conglomerados polimíctico de matriz arcillosa semi consolidada.
	3	766-768	Arcilla gris oscuro semiconsolidada que incluye fragmentos polimícticos con abundante fauna. Edad $Pg_2^2$ .
	4	1360-1363	Toba litoclástica fragmentada por la meteorización, alterada, con zeolitas, carbonatos y productos arcillosos secundarios (1 sección delgada).
	5	1365-1365	Brecha de lava a toba litoclástica de composición probablemente porfirítica-basáltica, cuarcificada, carbonitizada, zeolitizada y pelitizada (1 sección delgada)
	6	1488-1490	Arcilla color pardo con guijarros de porfirita andesítica.



Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
	7	1494-1496	Toba litoclastica de fragmentos medios y composición aproximadamente media y algo carbonitizada.
	8	1725-1727	Toba litoclastica muy tectonizada.
	9	1796-1798	Toba litoclastica de composición media a ácida.
C-174	1	579-581	material pelitomorfo con fragmentos sueltos de roca efusiva, correspondientes a tu folavas de composición andesítico-dacítica, recristalizada y alterada.
	2	1490-1492	Material pelitomorfo con inclusiones de fracciones arenosas y gravelíticas de composición tobácea.
C-171	1	771-775	Aleurolita con abundante material volcánico en matriz arcillosa, con pequeñas intercalaciones de arcillas.
	2	1798-1800	Arcillas con inclusiones de rocas volcánicas, brechas tectónicas de material volcánico, con estrías de deslizamientos.
C-172	1	1198-1200	Arcilla gris oscuro con intercalaciones de rocas volcánicas diversas, microporfiritas y dacitas.
	2	1264-1267	Brecha volcánica de color verde oscuro con fragmentos que pertenecen a distintos tipos de porfiritas andesíticas, andesítico-basálticas. Cemento muy alterado a partir de material cenerítico, toda la roca está impregnada de óxido de Fe.
	3	1350-1352	Toba cristaloclastica de color verde oscuro, de fragmentos finos de composición media, fracturada y rellenada con zeolitas.
C-176	1	1555-1157	PS y M; Toba alterada de color verde claro con inclusiones de fragmentos de distintas formas y tamaños.
	2	1456-1458	PS y M; Arcilla gris oscura mezclada con lodo y fragmentos sueltos de diversos materiales. PI; Toba cristaloclastica hacia su parte baja, de composición ácida, dura y muy alterada.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripciones Petrográficas.
	3	1528-1524	PS y M; Roca arcillosa de color gris claro a oscuro, con clastos de conglomerados de diferentes tamaños y formas. PI; Conglomerado tobáceo de color verde oscuro, duro.
C-177	1	944-945	PS y M; Gris verde oscuro. PI; Conglomerados con clastos de tobas, alaurolitas, arenisca (no se recuperó nada del testigo).
	2		No se recuperó nada del testigo.
	3	1185-1187	Arenisca tobácea de granos finos a grueso en parte arcillosa. Buena impregnación.
	4	1268-1270	Toba litoclástica de color verde gris, muy fracturada, sellada por óxido de Fe y carbonatos. Presenta buena impregnación.
	5	1270-1272	Toba litoclástica de color verde gris. Igual a la anterior.
	61439	1439-1441	Toba litoclástica gris oscuro con fragmentos hasta de 6 mm de diámetro. Matriz cristalográfica, fracturada, sellada por calcita, con buena impregnación.
C-178	1	1138-1140	Arcilla de color pardo, con inclusiones de fragmentos de 3-4 cm. de diámetro de alaurolitas y lutitas de color gris.
	2	1200-1201	Lutitas de color gris oscuro.
	3	1201-1202	Arcilla color pardo con inclusiones de fragmentos de rocas volcánicas.
	4	1415-1416	Conglomerado tobáceo de color gris pardo, con clastos de rocas volcánicas de color verde gris subangulares de 2-10 mm de diámetro, matriz arcillosa de color pardo, presenta planos de fracturas tectónicas. Buena impregnación.
	5	1509-1511	PS; Arcilla color carmelita con inclusiones de fragmentos de rocas volcánicas. PM e Fragmentos sueltos de rocas volcánicas no alteradas. Buena impregnación.
C-196	1	805-807	Arenisca calcárea gris ceniza con fragmentos de microfósiles y fragmentos de conglomerados de rocas efusivas, rocas arcillosas de color verde gris.

Pozo	núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
			Secciones delgadas 1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7; Arenisca polimíctica de granos medios de plagioclasas, cuarzo, biotita (producto de la erosión de dioritas cuarcíferas). Sección 6; Guijarros de rocas efusivas vesiculares. El cemento es calcáreo, recristalizado y presenta relictos de fauna. Edad Cr <sub>2</sub> sn.
	2	1122-1123	Marga gris a argilita calcárea con fragmentos de microfósiles. En secciones delgadas; Calizas muy arcillosas a margas orgánicas. Se observan algunos fragmentos de microfósiles, a menudo piritizados. Edad Cr <sub>1</sub> alb-Cr <sub>2</sub> .
	3	1193-1194	Aleurolita calcárea de color gris que a veces se hacen friables. En secciones delgadas; Aleurolitas polimícticas de granos medios gruesos. Granos de cuarzo, plagioclasas, cloritas, glauconitas, feldespatos muy alterados a productos arcillosos calcáreos.
	4	1247-1248	Arenisca calcárea de granos finos, color grisáceo. Secciones delgadas 1, 2, 3, 4 y 5; Areniscas polimícticas de granos finos y cemento basal calcáreo. Los granos son de plagioclasas, cloritas, glauconitas, rocas efusivas alteradas, etc. Edad Cr <sub>1</sub> apt-Cr <sub>2</sub> .
	5	1364-1365	Arenisca tobácea abigarrada, presentando matriz arcillosa, arcilla calcárea en su parte media de color gris claro con la parte inferior arcillo-arenosa de color carmelita ligeramente calcárea.
	6	1498-1500	Rocas vulcanógenas muy alteradas de color azul grisáceo, abigarrado. Secciones delgadas 1, 2 y 3; Porfirita dacítica de matriz muy recristalizada. En general fracturada y carbonitizada.
	7	1535-1536	Tufolava o porfirita fluidal de color violado, manchado de amarillo (los fenocristales). Sección delgada 1, 2, 3; Porfirita plagioclásica.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
	8	1580-1582	Porfirita fluidal de color violado similar al núcleo 7. Secciones delgadas 1, 2, 3; Similares al núcleo 7.
C-197	1	686-689	PS; Arcilla oscura, plástica con fragmentos de rocas variadas. PM; e I; Toba litoclástica de fragmentos gruesos de porfiritas y rocas volcánicas de composición básica, fracturada, sellada por calcita y zeolitas en mayor abundancia.
	2	787-789	PS; Fragmentos de calizas arcillosas, gris oscura con gran contenido de arcilla. PM e I; Rocas vulcanógenas de composición básica, posible porfirita basáltica con fenocristales triturados y otros bien conservados, fracturados y sellados por calcita y zeolita, en parte piritizada.
	3	872-873	Lutita arenosa gris oscuro de granos finos.
	4	1108-1110	PS y M; Arcilla muy untuosa con intercalaciones de arenisca tobácea, verde oscura de granos finos, deleznable, medio dura. PI; Arenisca muy dura de granos finos a gruesos, de color verde oscuro, algo fracturada y sellada por material calcáreo.
	5	1229-1230	Lutita deleznable de color oscuro, muy fracturada, con gran contenido de material orgánico parecido a carbón.
	6	1452-1453	Lutita compacta gris oscuro.
	7	1486-1488	Conglomerado tobáceo verde oscuro muy fracturado y sellado por material calcáreo, presentando buena impregnación.
	8	1567-1568	Conglomerado tobáceo con alto contenido de lutita.
C-217	1	623-625	Fragmentos de rocas efusivas con arcillas verde, mezcladas con lodo. Secciones delgadas 1 y 2; Porfirita andesítica alterada, con fenocristales de plagioclasas zonadas. La matriz es microolítica muy fina. Sección delgada 3; Porfirita diabásica. Los minerales máficos están muy alterados. Lavado estéril.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
	2	724-744	Roca efusiva gris oscuro de granos finos con algunas zonas carbonizadas. Secciones delgadas 1 y 2; Andesita formada por fenocristales de plagioclasas y en menor grado clinopiroxeno. La matriz es vítrea, fluidal de color pardo. Algunas zonas contienen escasos microlitos.
	3	1143-1145	Argilita mezclada con lodo. Lavado; Arcilla consolidada calcárea. Todo el núcleo mezclado con lodo.
	4	1263-1264	Argilita orgánica mal conservada, mezclada con lodo. Lavado; Arcilla de color gris muy alterada.
	5	1515-1516	Interestratificación de argilita y arena de granos gruesos deleznable de color verdoso mezclada con lodo. Lavado; Areniscas de granos gruesos y cemento calcáreo.
C-255	1	1354-1359	Porfirita andesítica gris oscuro, fracturada y alterada, en parte sellada por calcita y cuarzo.
	2	1420-1424	Gravelita tobácea de color gris, de grano finos a medios, alterada en parte a material arcilloso.
	3	1424-1426	Roca tobácea alterada a material arcilloso, deleznable, de color verde gwisso.
	4	1442-1447	Toba litoclástica gris claro, dura, fracturada.
	5	1502-1507	Conglomerado tobáceo gris claro de grano finos a medios, alterado, fracturado y sellado por calcita.
	6	1544-1549	Conglomerado tobáceo gris claro de grano finos a medios, alterado a material arcilloso.
	7	1565-1570	Conglomerado tobáceo gris claro a verde, de granos finos a medios, alterado a material arcilloso, fracturado y sellado por calcita.
	8	1580-1584	Toba litoclástica verde oscuro, de granos medios a grueso, alterada, fracturada y sellada por calcita.

Pozo	Núcleo	Intervalo	Descripción Petrográfica.
C-256	1	1204-1209	Lutitas grises, arenosas en parte.
	2	1469-1474	Toba litoclástica verde gris, de fragmentos medios a gruesos, de composición media. Presenta superficie de fricción y venillas de calcita.
	3	1495-1500	Conglomerado tobáceo gris verde de fragmentos medios a gruesos de rocas efusivas tobáceas.
	4	1622-1627	Idem. al anterior.
	5	1627-1632	Toba litoclástica gris verdosa de fragmentos gruesos de rocas efusivas y básicas y rocas tobáceas. Fracturada y sellada por calcita. En parte alterada a material arcilloso. Presenta superficie de fricción.
	6	1650-1655	Brecha tobácea gris verde de fragmentos medios a gruesos de rocas efusivas y tobáceas.
	7	1655-1660	Toba litoclástica gris verdosa, muy fracturada y alterada a material arcilloso. Porfirita andesítica, fracturada y sellada por calcita.
	8	1660-1665	Toba litoclástica gris verde muy alterada a material arcilloso.

TABLA ANEXA Nº 2

PROPIEDADES PETROFISICAS DE LAS ROCAS COLECTORAS.

Pozo Nº	Intervalos mbmr	Porosidad Promedio %	Saturación Promedio %
C-39	1620-1580	6,36	-
C-159	1570-1550	20,00	51
" "	1526-1508	13,80	35
" "	1332-1292	13,00	43
C-172	1410-1390	17,00	38
" "	1362-1332	16,00	39
" "	1325-1295	18,00	43
" "	1256-1242	12,90	-
C-174	1460-1422	9,70	33
" "	1193-1155	19,50	29
" "	1046-1026	19,20	12
C-176	1455-1431	9,70	45
" "	1412-1360	15,40	54
" "	1350-1300	15,70	60
" "	1268-1230	17,20	54
" "	1080-1042	12,00	37
C-177	1291-1255	10,60	53
" "	1188-1168	18,00	23
C-178	1410-1396	13,00	43
C-200	1348-1326	11,00	-
" "	1116-1088	9,50	-
C-201	1301-1255	10,50	39
" "	1232-1210	15,00	28
" "	1194-1150	13,20	25
C-202	1346-1322	13,00	41
" "	1312-1288	18,50	26
C-203	1361-1387	19,50	41
" "	1252-1246	24,00	40
" "	1235-1223	18,00	28
" "	1166-1142	11,40	22
C-204	1300-1260	3,00	50
" "	1248-1204	16,00	34
" "	1178-1160	11,00	40
" 2	1134-1108	4,00	33

Pozo	Intervalos	Porosidad Promedio	Saturación Promedio
Nº	mbmr	%	%
C-204	1074-1040	10,00	26
C-205	1315-1310	11,00	33
" "	1266-1224	14,00	27
C-206	1300-1274	12,00	56
" ""	1250-1202	18,00	38
C-208	1196-1182	10,00	41
" "	1134-1096	11,10	30
" "	854-836	13,00	52
C-209	1350-1337	10,00	45
" 2	1320-1292	24,00	48
" "	1270-1252	13,50	44
" "	1234-1210	16,50	45
" "	1176-1160	13,00	30
C-217	1630-1318	20,00	28
" "	1604-1588	17,00	16
C-231	1488-1434	7,80	-
" "	1418-1386	11,00	-
C-232	1734-1716	10,10	30
" "	1690-1672	13,00	45
C-238	1546-1524	7,80	58
" "	1485-1461	11,70	45



TABLA ANEXA Nº 3

PROPIEDADES PETROFISICAS DE LAS ROCAS COLECTORAS (II).

Pozo	Intervalo	Permeabilidad
Nº	mbar	%
C-117	1243-1218	0,17
C-159	1382-1354	0,096
C-172	1256-1242	-
C-174	1460-1422	-
C-176	1288-1230	-
C-177	1286-1251	7,36
C-200	1112-1104	0,297
C-201	1301-1255	-
C-202	1255-1213	0,58
C-203	1375-1357	1,70
C-204	1134-1102	-
C-205	1266-1224	-
C-206	1217-1202	-
C-208	1196-1182	-
C-209	1176-1160	-
C-217	1630-1628	-
C-231	1418-1386	-
C-238	1485-1461	0,22

Los datos obtenidos acerca de este parámetro son bastante escasos.

TABLA ANEXA N° 4

ANALISIS DE PETROLEO.

<u>Pozo</u>	<u>Intervalo</u>	<u>Fecha</u>	<u>° API</u>	<u>T ° F</u>	<u>Grav. Específica</u>
C-156	1228-1258	22-2-73	29,8	60	0,8772
C-43	1213-1189	4-8-72	31,2	60	0,8623
C-156	1442-1428	17-4-73	32,5	60	0,8628
C-156	1446-1428	30-4-73	31,0	60	0,8708
C-156	1285-1330	3-5-73	26,9	60	0,8933
C-156	1306-1280	1-8-73	30,0	60	0,8762
C-156	1306-1280	17-8-73	27,2	60	0,8916
C-156	1306-1280	19-8-73	25,9	60	0,8990
C-158	1448-1434	19-7-72	20,4	60	0,8915
C-159	1551-1507	2-5-73	28,0	60	0,8899
C-159	1385-1375	22-8-73	28,9	60	0,8822
C-159	1385-1375	2-11-73	24,4	60	0,9076

Nota: Gravedad específica -  $\text{g/cm}^3$

Intervalo - mbmr.

TABLA ANEXA Nº 5

ANALISIS DE GAS.

Pozos	Q-174	C-43	C-159	C-171
Intervalo	1193-1195	1213-1205	1385-1375	1099-1064
Fecha	4-1-74	15-8-73	23-8-73	16-2-74
C <sub>1</sub>	39,29	77,46	82,96	69,06
C <sub>2</sub>	17,29	1,74	2,88	24,056
C <sub>3</sub>	0,64	0,61	1,904	7,08
C <sub>4i</sub>	1,00	0,21	0,585	0,18
C <sub>5n</sub>	0,2	0,3	0,151	-
CO <sub>2</sub>	0,35	0,195	0,407	0,052
O <sub>2</sub>	1,31	3,18	0,570	0,052
N <sub>2</sub> aire	2,45	11,95	2,14	0,294
N <sub>2</sub> capa	-	4,22	7,62	-
H <sub>2</sub>	-	-	-	-
CO	-	-	-	-
Densidad	-	-	-	-

Pozo	C-159	C-43	C-117
Intervalo	1385-1377	1213-1205	1244-1218
Fecha	29-8-73	15-9-73	15-9-73
C <sub>1</sub>	86,57	77,46	77,00
C <sub>2</sub>	2,01	1,74	0,26
C <sub>3</sub>	1,25	0,61	-
C <sub>4i</sub>	0,23	0,21	-
C <sub>4n</sub>	0,19	0,26	-
C <sub>5n</sub>	0,039	0,30	-
CO <sub>2</sub>	1,540	0,195	-
O <sub>2</sub>	1,270	3,18	5,2
N <sub>2</sub> aire	4,780	11,95	19,95
N <sub>2</sub> capa	2,110	4,22	-

TABLA ANEXA Nº 6

ZONAS TECTONICAS DE LA CUENCA CENTRAL.

- A.- ZONA ANTICLINAL BIJABO.
  - I. Nariz Estructural Bijabo.
- B.- ZONA SINCLINAL SANCTI SPIRITUS-MAJAGUA.
  - 1- Sinclinal Sancti Spíritus.
  - 2- Anticlinal Angelina.
  - 3- Anticlinal Majagua.
- C.- ZONA ANTICLINAL VEGA GRANDE-CATALINA.
  - II. Nariz Estructural Vega Grande.
  - III. Grupo Anticlinal Cometa-Catalina.
  - 4- Anticlinal Cometa.
  - 5- Anticlinal Catalina.
- D.- ZONA SINCLINAL NORITA.
  - 6- Sinclinal Norita.
- E.- ZONA ANTICLINAL TRIANA-TAGUASCO.
  - IV. Grupo Anticlinal Taguasco-Alonso.
  - V. Grupo Anticlinal Taguasco-Sosa.
  - 7- Anticlinal Taguasco.
  - 8- Anticlinal Sosa.
- F.- ZONA ANTICLINAL RUBIO-CRISTALES.
  - VI. Grupo Anticlinal Jatibonico-Reforma.
  - 9- Anticlinal Cristales-Guayacanes.
  - 10- Anticlinal Reforma-Guayos.
  - 11- Anticlinal Jatibonico.
- G.- ZONA ANTICLINAL MAYRA.
  - 12- Anticlinal Mayra.
  - VII. Nariz Estructural Adelaida.
  - VIII. Nariz Estructural Cacahual.
- H.- ZONA SINCLINAL MARROQUI.
  - 13- Anticlinal Pina.
  - 14- Sinclinal Guano Alto.
  - IX. Grupo Sinclinal Marroquí.
  - 15- Anticlinal La Rosa.
  - X. Grupo Anticlinal La Corona.
- I.- ZONA ANTICLINAL GABRIELES-MORON
  - 16- Anticlinal Morón.
  - XI. Grupo Anticlinal Gabrieles-Chambas.
  - 17- Anticlinal Gabrieles.

- 18- Anticlinal Chambas.  
J.- SILLA ESTRUCTURAL CUNAGUAS.  
19- Anticlinal Cunaguas.  
K.- ZONA ANTICLINAL LA PALMA.  
L.- ZONA ANTICLINAL CEBALLOS-VIOLETA.  
20- Anticlinal Agustín Sur.  
21- Anticlinal Ceballos Sur.  
XII. Grupo Anticlinal Violeta.