

551.8
60M
C.2

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Estudio Estratigráfico de la Formación Calentura
Implicaciones Hidrocarburíferas
Sector Pedro Carbo

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

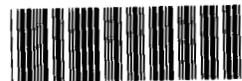
INGENIERO GEÓLOGO

Presentada por:

Elías Eduardo Gómez Hernández
Juan Alejandro Michala García

GUAYAQUIL - ECUADOR

Año: 2003



D-31727

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra

Estudio Estratigráfico de la Formación Calentura
Implicaciones Hidrocarburíferas
Sector Pedro Carbo

TESIS DE GRADO

Previo la obtención del Título de:

INGENIERO GEÓLOGO

Presentada por:

Elías Eduardo Gómez Hernández
Juan Alejandro Minchala García

GUAYAQUIL – ECUADOR

Año: 2003

AGRADECIMIENTO

A la ESPOL, la cual nos amparo en sus aulas dándonos la oportunidad de llegar a ser profesionales de la Republica del Ecuador.

Al equipo del CIGG: Ing. Edgar Riofrío, Ing. Gerardo Berrones, Ing. Washington Vilema, Dra. Martha Ordóñez, Geol. Jhonny Suárez, Ing. Nelson Jiménez, Ing. Guillermo Toala, Ing. Marcia Vítores, Dra. Martha Hidalgo, Ing. Rita Andrade, Anl Myriam Parra, Sr. Stalin Véliz, Sr. Julio Vera.

En especial para los Ing. Galo Montenegro Director de Tesis y al Ing. Milton García Jefe del Proyecto Calentura, Dr. Etienne Jaillard , Ing. Jorge Toro quienes desinteresadamente nos ofrecieron toda la ayuda necesaria para llevar a cabo la realización de este trabajo.

Y a todas las personas que de uno u otro modo aportaron con un granito de arena para la culminación de este proyecto.

DEDICATORIA

A nuestros Padres quienes a pesar de la situación económica que afecta actualmente a nuestro país, se han sacrificado día a día para darnos una Educación de nivel Superior.

A nuestros hermanos quienes nos han apoyado en todo momento en el transcurso de nuestra vida estudiantil.

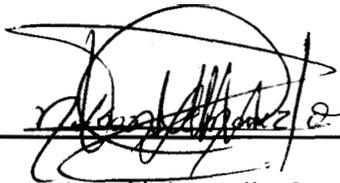
A nuestras familias por el apoyo incondicional.

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Ricardo Gallegos O.
DECANO DE LA FICT
PRESIDENTE



Ing. Galo Montenegro S.
DIRECTOR DE TESIS



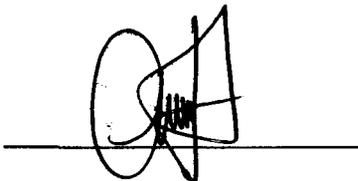
Ing. Nelson Jiménez
VOCAL

Ing. Enrique Luna
VOCAL

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad del contenido de esta Tesis de Grado, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL.

(Reglamento Graduación de la ESPOL).

A handwritten signature in black ink, consisting of a large, stylized 'E' followed by 'lías Gómez H.', written over a horizontal line.

Elías Gómez H.

A handwritten signature in black ink, consisting of 'Juan Minchala G.', written over a horizontal line.

Juan Minchala G.

RESUMEN

El presente trabajo desarrolla el estudio estratigráfico detallado de la Formación Calentura en cuatro Ríos, nombrados de SE a NW los cuales son los siguientes: Río Paco, Río de la Derecha, Río del Diablo y Río Grande. También se analizó microscópicamente el Sector las Iguanas y el Río Papayo los cuales se encuentran fuera del sector de estudio.

Con el estudio de los ríos anteriormente mencionados se realizó una correlación de cómo varia en potencia La Formación Calentura desde el Sureste de la cordillera Chongón Colonche hasta el Noroeste, así como también el comportamiento geoquímico de la Formación.

INDICE GENERAL

RESUMEN.....	II
INDICE GENERAL.....	III
ABREVIATURAS.....	IV
SIMBOLOGIA.....	V
INDICE DE FIGURAS.....	VI
INDICE DE TABLAS.....	VII

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN	
1.1. Objetivos.....	1
1.2. Generalidades.....	2
1.2.1 Localización y accesibilidad del área de estudio, Accesibilidad.....	2
1.2.2 Clima y Vegetación, Precipitaciones, Fauna.....	5
1.2.3 Población.....	9
1.2.4 Servicios Básicos y Transporte.....	10
1.2.5 Recursos Naturales.....	11
1.2.6 Relieve y Drenaje.....	12
1.3. Estudios Previos.....	13
Consideraciones Geológicas Generales, Estero El Arenoso, Estero Villegas, La Formación Cayo en la Subcuenca Manabí, Miembro Basal Calentura, Propuesta de Benítez, Conclusiones.	
1.4. Metodología del trabajo.....	30
1.4.1 Trabajo Previo a la Salida de Campo.....	30
1.4.2 Trabajo de Campo.....	31
1.4.3 Trabajo de Oficina y Laboratorio.....	31
Preparación Muestras para análisis Bioestratigráfico,	

Preparación Muestras para análisis Petrográfico,
Preparación Muestras para análisis Geoquímico.

CAPITULO 2

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL	
2.1 .	Tectónica..... 42
2.1.1	Eventos Tectónicos..... 46
2.1.2	Fases Tectónicas..... 47
2.2.	Estratigrafía Regional..... 50 Formación Piñón, Formación Cayo, Formación Guayaquil, Formación Angostura, Las Calizas Javita.

CAPITULO 3

3. ANÁLISIS ESTRATIGRÁFICO	
3.1	Sedimentología..... 60
3.2	Análisis petrográficos..... 64
3.2.1	Antecedentes..... 64
3.2.2	Clasificación utilizadas para el Análisis Petrográfico..... 64
3.2.3	Resultados de los Análisis Petrográficos..... 71
3.3	Análisis Bioestratigráfico..... 82 Estudios anteriores, Formación Piñón, Formación Calentura, Formación Cayo, Análisis Bioestratigráfico Río de la Derecha, Macrofósiles.
3.4	Análisis Secuencial..... 96 Estratigrafía sector Las Iguanas (La Compañía), Estratigrafía Río El Papayo, Estratigrafía Río de la Derecha , Quebrada Miguel Alvarado, Estratigrafía Río El Diablo, Estratigrafía Río Grande.

CAPITULO 4

4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	
4.1. Mapeo de Estructuras.....	144
Levantamiento Estructural Río Grande (Corte Geológico)	
4.1.1 Fallas.....	146
4.1.2 Pliegues.....	148
Análisis de pliegues y estructuras	
4.2 Corte Geológico.....	154
Corte Julio Moreno – Río Bachillero, Análisis Línea Sísmica LV – 25, Cálculo de velocidades.	

CAPITULO 5

5. GEOQUÍMICA	
5.1 Generalidades.....	166
Evolución de la Materia Orgánica, Diagénesis, Catagénesis, Metagénesis, Rocas Madres, Condiciones ideales para la formación de Rocas Madres, Estados de Madurez de las Rocas Generadoras	
5.2 Pirólisis	172
Descripción del Equipo (Rock – Eval), Determinación de Parámetros Geoquímicos , Temperatura Máxima (T _{máx}) , índice de Hidrógeno (IH), índice de Oxígeno (IO), índice de Producción(IP), Tipo I, Tipo II, Tipo III	
5.3 Determinación del TOC.....	181
Kerógeno, Bitumen	
5.4 Petrografía del Kerógeno.....	183
Análisis visual del Kerógeno	

CAPITULO 6

6. GEOLOGÍA HISTOIUCA	185
6.1 Paleoambiente.....	185
Conclusiones Generales sobre las causas del Eustatismo, Eustatismo y Tectónica de Placas, Consecuencias del Eustatismo sobre la sedimentación y la vida, Relaciones entre Eustatismo y Clima, Relaciones entre Eustatismo y sedimentación detrítica o carbonatada, Relaciones entre Eustatismo y profundidad de compensación de los carbonatados (C.C.D.), Relaciones entre Eustatismo y Eventos Anóxicos Mundiales, Relaciones entre Eustatismo y Eventos Anóxicos Oceánicos, Los Efectos Generales del Eustatismo	
6.2 Evolución Tectónica.....	209
Placas Tectónicas y Deriva Continental, Paleogeografía, Microorganismos, Cretáceo Superior, Ecuador, Paleontología.	

CAPITULO 7

7. POTENCIAL HIDROCARBURÍFERO DE LA FORMACIÓN EN EL CALENTURA SECTOR DE ESTUDIO	218
.....	
Análisis Simulación Geoquímica LV-25, Análisis Muestras, Pirólisis y TOC Miembro Calentura, Estero Villegas (Las Minas), Río Guaraguau, Río Paco, Río Diablo, Río Grande, Resultados Petrografía del Kerógeno, Correlación Estratigráfica (Afloramientos en la Cordillera Chongón-Colonche)	
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....	248
ANEXOS.....	255
BIBLIOGRAFIA.....	287

ABREVIATURAS

° C	Grados centígrados
CIGG	Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
cm	centímetro
Fig.	Figura
FIT	Frente intertropical
GPS	Sistema de posicionamiento global
HC	Hidrocarburo
IAT	Índice de alteración térmica
IFP	Instituto Francés del Petróleo
IH	Índice de hidrógeno
IO	Índice de oxígeno
Km	Kilómetro
K-Ar	Potasio - Argón
Lat.	Latitud
Long.	Longitud
m	metro
Ma.	Millones de años
mesh	Division / pulgada
mg	miligramo
MIN C	Carbon mineral
Pi	Punto inicial
Pf	Punto final
Ro	Reflectancia de vitrinita
Rx	Roca
S ₁	Presencia de hidrocarburo libre
S ₂	Hidrocarburos extractables
Tmax	Temperatura máxima de generación de hidrocarburo
TOC	Carbono orgánico Total
µm	micra
ZC	Zona cubierta

ABREVIATURAS

° C	Grados centígrados
CIGG	Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil
CO	Monóxido de carbono
CO ₂	Dióxido de carbono
cm	centímetro
Fig.	Figura
FIT	Frente intertropical
GPS	Sistema de posicionamiento global
HC	Hidrocarburo
IAT	Índice de alteración térmica
IFP	Instituto Francés del Petróleo
IH	Índice de hidrógeno
IO	Índice de oxígeno
Km	Kilómetro
K-Ar	Potasio - Argon
Lat.	Latitud
Long.	Longitud
m	metro
Ma.	Millones de años
mesh	Division / pulgada
mg	miligramo
MIN C	Carbon mineral
Pi	Punto inicial
Pf	Punto final
Ro	Reflectancia de vitrinita
Rx	Roca
S ₁	Presencia de hidrocarburo libre
S ₂	Hidrocarburos extractables
Tmax	Temperatura máxima de generación de hidrocarburo
TOC	Carbono orgánico Total
µm	micra
ZC	Zona cubierta

SIMBOLOGIA Y COLORES INTERNACIONALES (SHELL INTERNATIONAL)

	Inoceramus
	Foraminíferos
	Emanacion de Hidrocarburo
	Caliza
	Lutita
	Basalto
	Chert
	Grauwaca
	Toba
	Caliza
	Falla

INDICE DE FIGURAS

Fig. 1.1	Mapa de ubicación de la Zona de Estudio.....	3
Fig. 1.2	Mapa de ubicación del Río Grande.....	4
Fig. 1.3	Mapa climatológico del Ecuador.....	6
Fig. 1.4	Columna estratigráfica del Estero el Arenoso	18
Fig. 1.5	Columna Estratigráfica del miembro Calentura en el estero Villegas	22
Fig. 1.6	Columna estratigráfica Río Guaragua.....	29
Fig. 2.1	Naturaleza de los Terrenos Oceánicos del Ecuador.....	43
Fig. 2.2	Localización de Cuencas de Antearco ecuatoriano.....	49
Fig. 2.3	Origen y Formación del Arco Cayo y Arco San Lorenzo.....	50
Fig. 2.4	Mapa Geológico Regional de la Zona de Estudio.....	56
Fig. 2.5	Mapa Geológico Regional Sector Río Grande.....	59
Fig. 3.1	Ampliación fotográfica donde se visualiza abundantes moldes de nanopláncton calcáreo.....	61
Fig. 3.2	Molde de foraminífero planctónico cristalizado con calcita (Ca).....	61
Fig. 3.3	Cámara de foraminífero rellena de mineral calcita. Obsérvese a la derecha de la fotografía el espectro y composición elemental del mencionado mineral.....	62
Fig. 3.4	Molde interno de cámara de foraminífero planctónico con crecimiento de calcita (Ca) en sus paredes.....	63
Fig. 3.5	Clasificación de Rocas Felsepáticas Faneríticas IUGS (1973, 1976).....	66
Fig. 3.6	Clasificación de Rocas Volcánicas IUGS (1973, 1976).....	67
Fig. 3.7	Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas por Schmid (1981).....	68
Fig. 3.8	Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas (Basada en la mezcla de los componentes estructurales).....	69
Fig. 3.9	Clasificación de rocas Carbonatadas según Dunham (1962)	70
Fig. 3.10	Clasificación de rocas Carbonatadas según Folk (1959, 1962).....	70
Fig. 3.11	Microfotografías (Río Paco).....	75
Fig. 3.12	Microfotografías (Río de la Derecha).....	77
Fig. 3.13	Microfotografías (Río de la Derecha y Río Diablo).....	79
Fig. 3.14	Microfotografías (Río Grande).....	81
Fig. 3.15	Ubicación de muestras en el Río de la Derecha.....	87

Fig. 3.16	Microfósiles (Río de la Derecha).....	93
Fig. 3.17	Conchas de Inoceramus en estratos de caliza (Río Guaraguau).....	94
Fig. 3.18	Afloramiento (Cooperativa las Iguanas).....	97
Fig. 3.19	Columna Estratigráfica Las Iguanas.....	99
Fig. 3.20	Mapa topográfico del levantamiento estratigráfico Río el Papayo.....	101
Fig. 3.21	Columna Estratigráfica Río el Papayo.....	103
Fig. 3.22	Mapa topográfico del levantamiento estratigráfico Río Paco.	105
Fig. 3.23	Potentes paquetes de toba cinerítica, verde clara en la base con lavas verdes oscuras (a); clastos angulosos de caliza en lavas (b. c).....	108
Fig. 3.24	Columna Estratigráfica Río Paco.....	109
Fig. 3.25	Potente aglomerado volcanico (a). con clastos angulosos (b).....	110
Fig. 3.26	Mapa Topográfico del levantamiento estratigráfico Río de la derecha.....	111
Fig. 3.27	Intercalaciones decimétricas entre tobas y margas	113
Fig. 3.28	Potentes bancos de margas verde grisáceas (capas decimétricas 50 cm).....	114
Fig. 3.29	Contacto concordante entre tobas y formas características de Cayo SS.....	115
Fig. 3.30	Lutitas calcáreas gris claras intercalada con margas y tobas	117
Fig. 3.31	Afloramiento de lutitas calcáreas gris verdosas intercaladas con tobas y margas.....	119
Fig. 3.32	Potente afloramiento de margas	120
Fig. 3.33	Estratos decimétricos de tobas verde oscuras (a). en su parte superior lutitas calcáreas gris oscuras capas centimétricas.....	121
Fig. 3.34	Contacto concordante entre margas y Cayo SS.....	123
Fig. 3.35	Columna estratigráfica Río de la Derecha.....	124
Fig. 3.36	Mapa topográfico del levantamiento estratigráfico Río de la Derecha.....	125
Fig. 3.37	Fragmentos de Inoceramus en caliza Negra muestra CC-02-215 coordenadas (571050. 9786960).....	128
Fig. 3.38	Intercalaciones de capas centimétricas de lutitas y arcillositas pardo amarillentas. bien laminadas.....	129
Fig. 3.39	Columna estratigráfica Río diablo.....	131
Fig. 3.40	Mapa topográfico del levantamiento estratigráfico Río Grande.....	132
Fig. 3.41	Plegamiento. nótese estratos buzando en diferentes direcciones (pequeño anticlinal).....	135
Fig. 3.42	Efectos de actividad tectónica (estratificación nodular ondulante discontinua).....	136

Fig. 3.43	Molde de Inoceramus en caliza negra. muestra EJ-RG-07...	137
Fig. 3.44	Capas decimétricas de caliza negra intercaladas con tobas y lutitas.....	138
Fig. 3.45	Potentes paquetes de tobas verde grisáceas.....	140
Fig. 3.46	Intercalaciones de Tobas y lutitas calcáreas.....	141
Fig. 3.47	Contacto concordante entre tobas y formas características de Cayo SS.....	142
Fig. 3.48	Columna estratigráfica Río Grande.....	143
Fig. 4.1	Mapa Geológico Estructural con trazo de poligonal en el Río Grande.....	147
Fig. 4.2	Pliegue a manera de pequeño anticlinal entre calizas negras y tobas.....	149
Fig. 4.3	Programa StereoNett versión 2.40 (Datos Río Grande).....	150
Fig. 4.4	Estereogramas del análisis estructural de capas en Río Grande.....	151
Fig. 4.5	Estereogramas del análisis estructural de capas en Río de la Derecha.....	153
Fig. 4.6	Estereogramas del análisis estructural de capas en Río Diablo.....	154
Fig. 4.7	Mapa de ubicación del corte A-B, línea sísmica LV-25, levantamiento de columnas en ríos y pozos petroleros.....	157
Fig. 4.8	Esquema del corte Julio Moreno- Río Bachillero de dirección NE-SW perpendicular a la cordillera Chongón Colonche.....	158
Fig. 4.9	Esquema ilustrado del calculo de profundidades de topes de formaciones en la locación 780 (Msu, Mza. Ean)	162
Fig. 4.10	Esquema ilustrado del calculo de profundidades de topes de formaciones en la locación 780 (Paz, Cayo).....	163
Fig. 4.11	Línea sísmica LV-25. procesada por Western Geophysical en mayo 1981, reinterpretada por Marksteiner y Aleman en Coastal Ecuador Technical Evaluation and Agreement, Amoco Ecuador Oil Co. 1991.....	165
Fig. 5.1	Formación del Kerógeno y Generación del Petróleo.....	167
Fig. 5.2	Formación del Kerógeno y Generación del Petróleo.....	171
Fig. 5.3	Equipo Rock-Eval 6 (laboratorio de Geoquímica).....	174
Fig. 5.4	Diagrama de Van Krevelen.....	179
Fig. 5.5	Cuadro de resumen Tipos de Kerógeno.....	181
Fig. 5.6	Clasificación de las Rocas Madres usando datos de TOC y Pirólisis (Espitalié 1995).....	182
Fig. 6.1	Relación Eustatismo o- Geodinámica Terrestre.....	190
Fig. 6.2	Variaciones de la temperatura de las aguas oceánicas desde 150 Ma.....	193
Fig. 6.3	La disolución de los Carbonatos con la profundidad de los Océanos.....	198

Fig. 6.4	Profundidad de la superficie de la CCD desde el Jurásico en varios océanos.....	199
Fig. 6.5	Modelo explicativo de la anoxia en las cuencas (tipo Mar Negro).....	201
Fig. 6.6	Modelo de la capa con mínimo de O ₂ para explicar la Anoxia en los océanos.....	203
Fig. 6.7	Los eventos anóxicos oceánicos ocurren durante las transgresiones mayores.....	205
Fig. 6.8	Efectos de alto y bajo nivel marino sobre el sistema sedimentario.....	209
Fig. 6.9	La tierra en el Jurásico Tardío (152 Ma.).....	210
Fig. 6.10	La tierra en el Cretácico Tardío (94 Ma.).....	211
Fig. 6.11	La tierra al final del Cretáceo (69.4Ma.).....	214
Fig. 6.12	Cuencas marinas y Geobioprovincias de América del Sur durante el Cretácico Superior.....	216
Fig. 7.1	Modelo de compactación y enterramiento de las capas en la cuenca Progreso con datos de la Línea Sísmica LV-25 (Western Geophysical, 1981).....	221
Fig. 7.2	Ventanas de generación de Aceite y Gas dentro del análisis en LV-235 (Bmod; Platte River Associates).....	221
Fig. 7.3	Ubicación de la muestra CC-02- 217 (punto de color rojo), en el gráfico "Relación entre el Total Extractable Orgánico y el Carbono Orgánico total presente en la roca ".....	231
Fig. 7.4	Ubicación de la muestra CC-02-217 (punto de color rojo), en el Diagrama Triangular de Composición de Petróleo.....	232
Fig. 7.5	Diagrama IH y IO (Equipo Rock Eval Vi).....	239
Fig. 7.6	Contenido de hidrocarburo vs. La temperatura.....	240
Fig. 7.7	Correlación litológica entre los afloramientos desde Pascuales (Provincia del Guayas) hasta Manabí, a lo largo de la Cordillera Chongón Colonche.....	244
Fig. 7.8	Correlación de Columnas.....	246
Fig. 7.9	Correlación de Columnas (Maximum Flooding Surface).....	247

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1	Análisis de muestras del Río de la Derecha.....	33
TABLA 2	Análisis de muestras del Río Paco.....	34
TABLA 3	Análisis de muestras del Río Diablo.....	34
TABLA 4	Análisis de muestras del Río Grande.....	35
TABLA 5	Laboratorio de microscopia electrónica. espectrometría de rayos X análisis elemental de óxidos.....	63
TABLA 6	Resumen Petrográfico Río Paco.....	72
TABLA 7	Resumen Petrográfico Río de la Derecha.....	72
TABLA 8	Resumen Petrográfico Río Diablo.....	73
TABLA 9	Resumen Petrográfico Río Grande.....	73
TABLA 10	Valores obtenidos en la locación 930 de LV-25.....	160
TABLA 11	Valores obtenidos en la locación 780 de LV-25.....	161
TABLA 12	Valores obtenidos en la locación 80 de LV-25.....	161
TABLA 13	Profundidad de los topes de formación , obtenidas a partir de la línea sísmica LV-25 en la locación 780.....	164
TABLA 14	Cuadro de resumen de potencial de generación de petróleo con datos de TOC y Pirólisis	176
TABLA 15	Escala de los Tenores de TOC en la roca.....	183
TABLA 16	Parámetros Geoquímicos obtenidos en muestra. afloramiento Las Minas.....	224
TABLA 17	Parámetros Geoquímicos obtenidos en muestra. Río Guaraguau.....	226
TABLA 18	Parámetros Geoquímicos obtenidos en muestra. afloramiento Río Paco.....	228
TABLA 19	Resultados análisis muestra CC-02-217. Río diablo (GEMS. ECOPEtrol. 2003. COLOMBIA).....	229
TABLA 20	Parámetros obtenidos del análisis. muestra CC-.2-217, CIGG (Río el Diablo).....	230
TABLA 21	Valore obtenidos del análisis de Pirolisis en muestras. con el Equipo Rock Eval VI.....	236
TABLA 22	Muestras de acuerdo a parámetros S1 y S2 (Río Grande).....	237
TABLA 23	Muestras de acuerdo al contenido de TOC y Tmax. (Río Grande).....	238
TABLA 24	Observaciones visuales del Kerógeno.....	242

CAPITULO 1

1. INTRODUCCIÓN

1.1 OBJETIVOS

- Establecer en base a estudios de campo y correlaciones la presencia del miembro Calentura; su análisis facial litológico, es decir, su potencia, continuidad, litología, forma, estructura sedimentaria, patrón de paleocorrientes e icnología.
- Análisis de rocas: petrografía, bioestratigrafía, geoquímicos y otros elementos como emanaciones superficiales y aguas con aceites hidrocarburos de existir en ésta área, para luego ser estudiadas de forma científica, en el contexto de la Geoquímica Orgánica.
- Determinación del potencial Roca madre generadora de hidrocarburo en el Miembro Calentura.
- Recopilar información de las cuencas sedimentarias del litoral, enfatizando en la Chongón, Progreso y Manabí.

1.2. GENERALIDADES

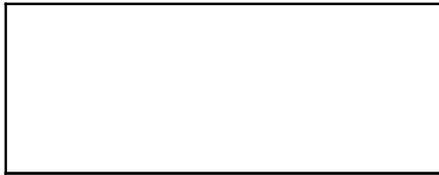
1.2.1 Localización y accesibilidad del área de estudio

El área de estudio para el presente trabajo es un rectángulo, ubicado en la hoja geológica Pedro Carbo, sus vértices definidos por coordenadas UTM respectivamente.

Ver Fig. 1.1

(571000 , 9791000)

(594000 , 9791000)



(571000 , 9775000)

(594000 , 9775000)

Además de esta zona, se realizó el estudio de un río ubicado en la provincia de Manabí en el sector conocido como Las Delicias el río estudiado es el Río Grande. Ver Fig. 1.2

Accesibilidad.- Para la investigación realizada en el río de la Derecha se siguió la siguiente ruta:

Vía Guayaquil-Pedro Carbo a 30 metros antes del cruce con el puente por donde pasa el río Bachillero, se realizó una desviación hacia la izquierda, donde existe una carretera

MAPA DE UBICACION DE LA ZONA ESTUDIADA

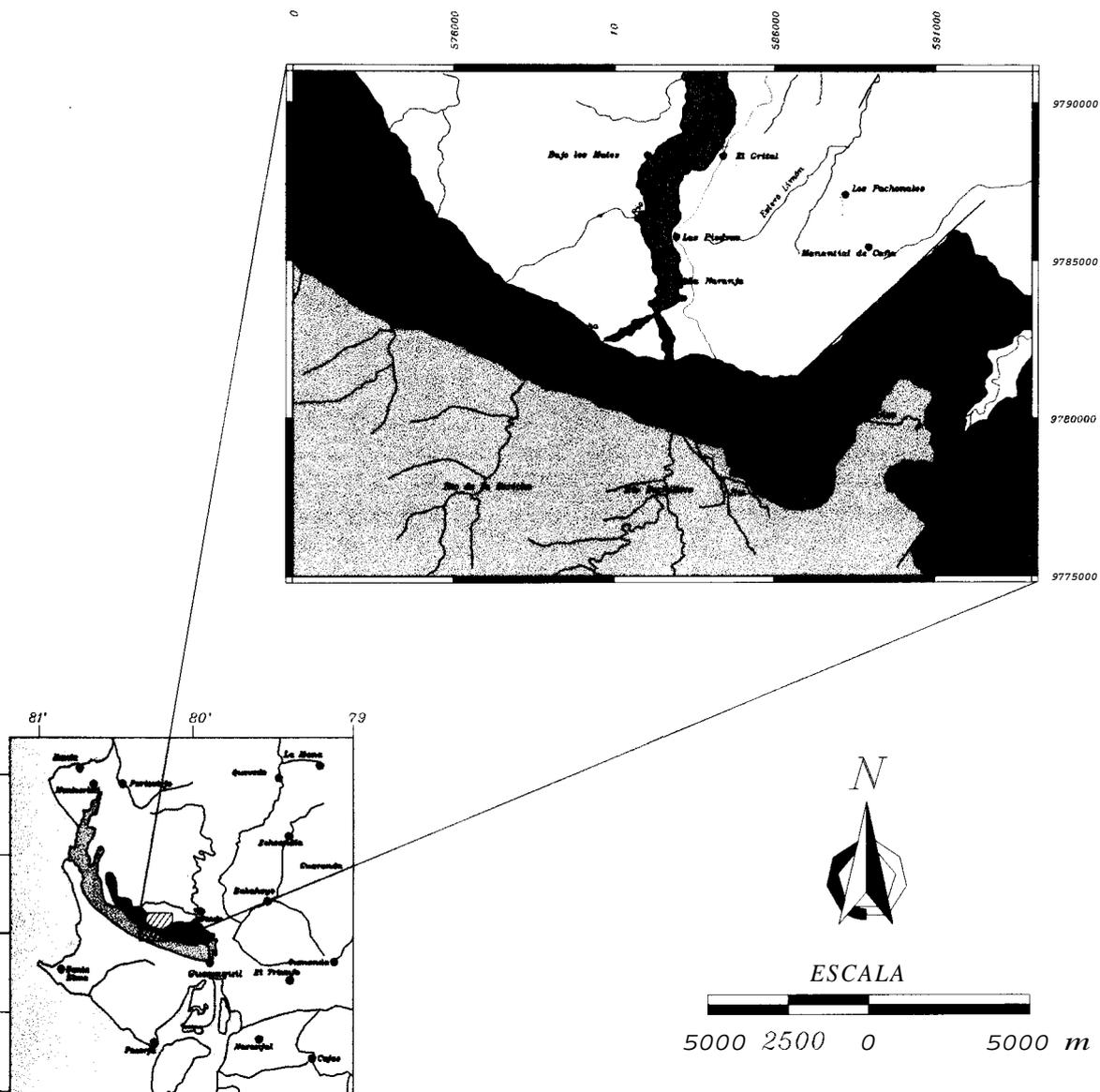


Fig. 1.1 Mapa de ubicación de la zona de Estudio

MAPA DE UBICACION RIO GRANDE

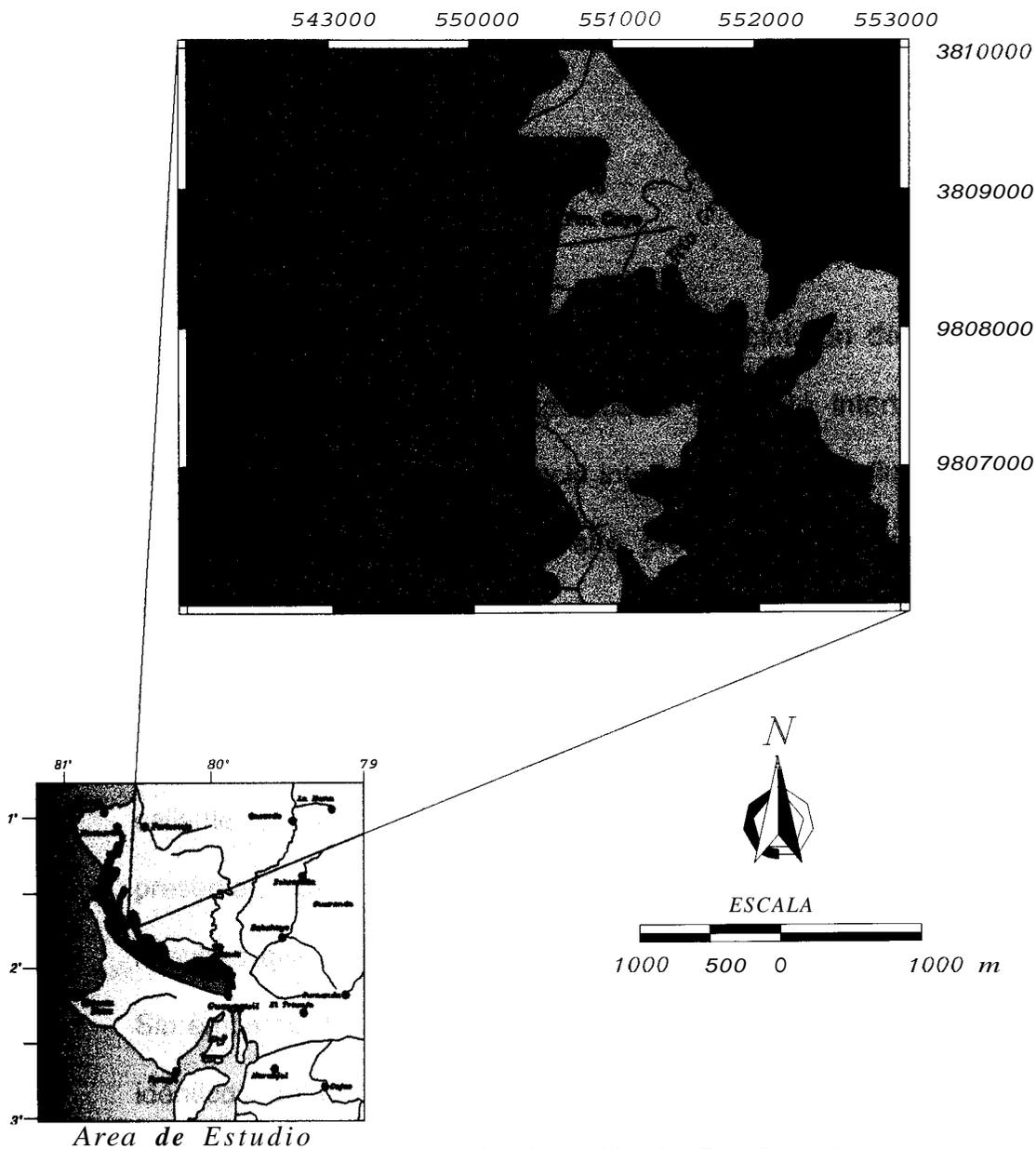


Fig. 1.2 Mapa de ubicación del Río Grande

lastrada de 12 Km. la cual conduce hacia el Recinto las Piedras; A partir de este punto la carretera se vuelve mas angosta, ligeramente lastrada con presencia de mucho polvo después de haber recorrido 9 Km. se llega a las coordenadas (574850, 9782310) que corresponde al punto donde se realizo el estudio del Río de la Derecha.

1.2.2 Clima y Vegetación:

Clima.- El Ecuador se halla ubicado en el cinturón de bajas presiones ecuatoriales correspondiente al frente intertropical (FIT) y a la zona de convergencia intertropical. El FIT (lugar de contacto entre las masas de aire procedentes de los dos hemisferios), al oscilar entre el norte y el sur de la línea equinoccial, hace alternar masas de aire continental seco y relativamente frío con masas de aire oceánico húmedo y caliente sobre la mayor parte del país. Las primeras se presentan desde mayo-junio hasta septiembre-octubre , mientras que las segundas lo hacen durante el resto del año. Sin embargo, los efectos de estos movimientos del FIT no son idénticos en las tres regiones continentales del país. En la Costa, la zona de convergencia intertropical, al permanecer en forma más o menos duradera, según la latitud, provoca una sola

estación lluviosa, cuya máxima intensidad se presenta en el mes de marzo.

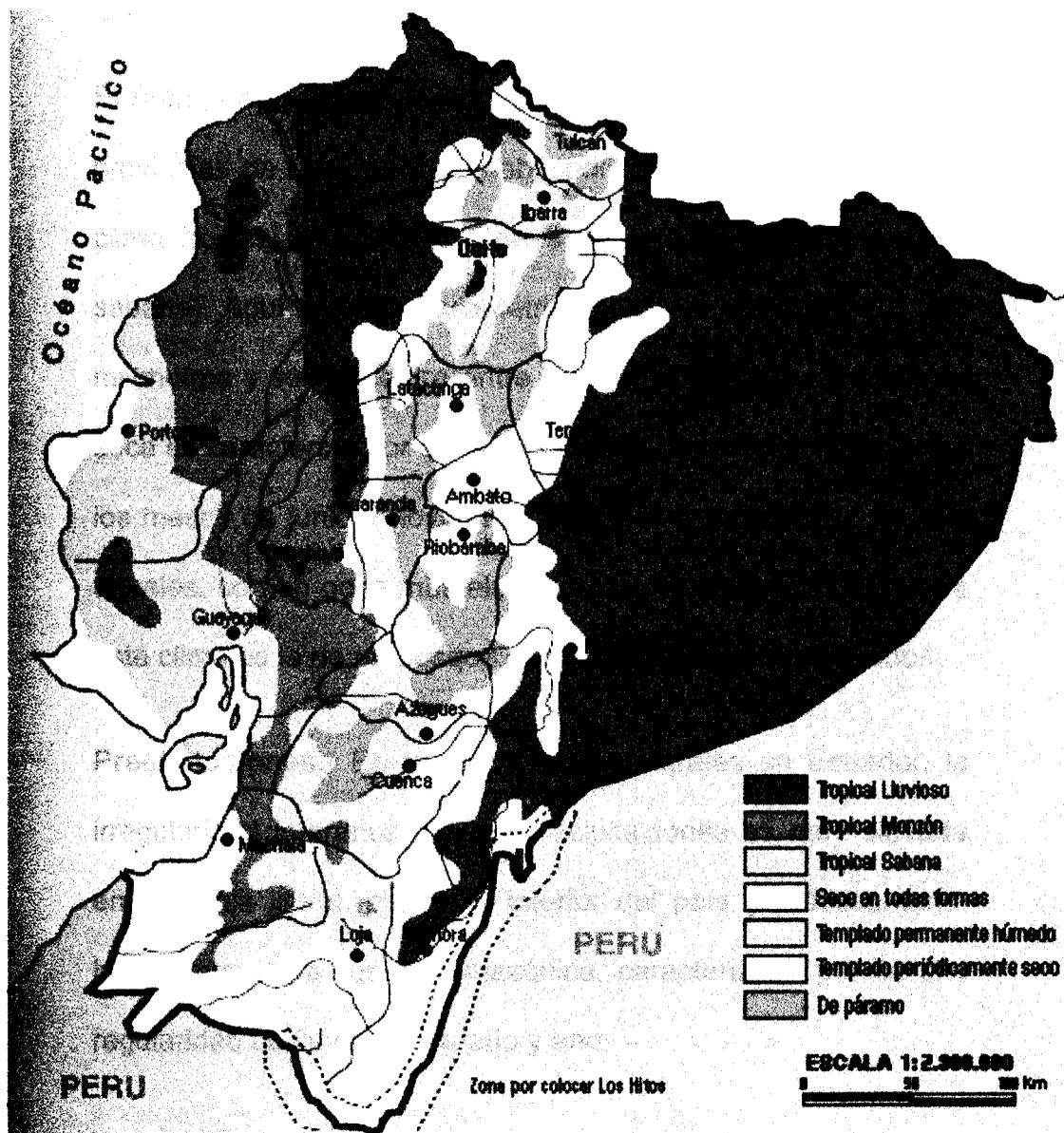


Fig. 1.3 Mapa climatológico del Ecuador

Sobre los climas del Ecuador se han hecho algunas clasificaciones. Tal vez las más conocidas son dos: la elaborada

sobre la base de los criterios de Koppen y la propuesta por Pourrut.

El área comprendida para este estudio se encuentra entre las provincias de Guayas y Manabí, por lo tanto corresponden al clima tropical megatérmico de seco a semihúmedo (tropical sabana). Aquí el total pluviométrico se ubica entre 500 y 1.000 milímetros y se concentra entre diciembre y mayo. La estación seca se caracteriza por ser muy marcada, particularmente entre los meses de junio y noviembre, pero las temperaturas medias anuales, son un poco más elevadas. La vegetación que genera este clima es la de un bosque seco con predominio de ceibos.

Precipitaciones.- En términos muy generales en Ecuador, la irregularidad interanual de las precipitaciones es muy elevada en la franja litoral, menor al interior del país y prácticamente inexistente en la cuenca amazónica, caracterizada por su alta regularidad de lluvias entre año y año.

Vegetación.- La vegetación como ya fue mencionada, corresponde a la de un bosque seco tropical, el mismo que se sitúa a lo largo de la franja costera: desde el cabo Pasado, en la provincia de Manabí, hasta Huaquillas, en la de El Oro. La

topografía del ecosistema es plana y ondulada, de tal modo que las tierras más altas no superan los 300 metros de altitud. Recibe la influencia de la corriente fría de Humbolt, la cual contribuye a los cambios de clima.

En su vegetación predomina la presencia de arbustos, que llegan a alcanzar los 8 metros de altura, tales como los algarrobos y los cactus, pero también es frecuente hallar árboles de gran tamaño, como la balsa, el ceibo, el guayacán, el laurel y el palo santo, la mayoría de los cuales son apreciados por su madera.

Además se observa en ciertos sectores aledaños cultivos masivo de mangos, palma africana y ciruelos todos estos para exportación, también en menor grado cultivos de maíz, yuca, fréjol, papaya, entre otros cultivos de tipo artesanal típicos de la región.

Fauna.- Su fauna está estrechamente relacionada con la del ecosistema tropical húmedo occidental. Entre los mamíferos que habitan en este tipo de bosque, aún es posible encontrar monos aulladores o cotos negros, y machines blancos, así como jaguares, pumas, tigrillos, venados y numerosas especies de marsupiales, murciélagos y roedores. Las aves que habitan

en este ecosistema son especies que toleran bien el impacto de la actividad humana. Entre ellas se cuentan arroceros, azulejos, caciques o mochileros, cucuves, curiquingues, cuturpillas, gavilanes, golondrinas, halcones, horneros, mosqueteros y viviñas. Dentro del grupo de los reptiles figuran cocodrilos, anacondas, iguanas verdes, lagartijas, varias especies de serpientes (como la falsa coral) y las víboras. Los anfibios más comunes son los sapos marinos, los hílidos y los leptodactíidos.

1.2.3 Población

Se tiene que la población observada en este sector corresponde exclusivamente a personas dedicadas a labores agrícolas, ganaderas, explotación de madera, etc. Esto se establece tanto en el sector de Pedro Carbo (Guayas) como en Las Delicias (Manabí), ya que dichos lugares se encuentran apartados de la ciudad, con vías de acceso deficientes que en temporada invernal son intransitables.

En Pedro Carbo, el poblado más próximo al área del presente estudio (aproximadamente 9Km.) es el recinto "Las Piedras", que se trata de un caserío con pocas viviendas, en este lugar se establecían aproximadamente 10 familias. Además muchas

familias poseían su vivienda en su propio terreno, por lo que se encontraban dispersos y en ocasiones muy distantes del resto.

Para el sector de “Las Delicias”, el pueblo se encuentra muy próximo al área de estudio (aprox. 2Km.). El poblado de Las Delicias consta de aproximadamente 30 viviendas, su organización es mejor que en Las Piedras, poseían varias tiendas de abarrotes, Centro de Salud médica, escuela, iglesia y casa comunal. Además también se encontraban varias viviendas un poco alejadas en los alrededores del poblado.

1.2.4 Servicios Básicos y Transporte:

Servicios.- Se establece claramente que los servicios básicos en esta zona son mínimos , es así que en cuanto al flujo de energía eléctrica solo llega hasta el Recinto las Piedras, las viviendas poseen este servicio sin mayor planificación , muestra de eso es su alumbrado publico, que es casi nulo. Vale recalcar que no existe alumbrado a lo largo del carretero lastrado hasta llegar al recinto.

El servicio de agua potable es inexistente y la obtención del mismo es a través de pequeños pozos artesanales en lugares

idóneos. Estos abastecen durante el verano y temporada de sequía. También se tiene que el servicio de telefonía es nulo.

Transporte.- El servicio de transporte es parcialmente efectivo para esta localidad, es así que fácilmente se puede llegar hasta el puente sobre El Río Bachillero ubicado en la vía Guayaquil - Pedro Carbo, precisamente porque esta vía une la provincia del Guayas con la provincia de Manabí, razón por la cual es muy transitada por **todo** tipo de vehículos especialmente de transporte interprovincial

Una vez llegada al desvió hacia Las Piedras el servicio de transporte es casual, ya que no existe cooperativas organizadas o vehículos especialmente dedicadas al transporte hacia esta localidad, sin embargo algunos de los moradores de este sector prestan servicios de transportación que depende más de sus actividades de rutina y no de coordinación organizada del mismo.

1.2.5 Recursos Naturales

Básicamente entre los recursos naturales principales de esta área están el cultivo agrícola, es así que se tiene una considerable área destinada a la siembra, cosecha y tratamiento de productos de exportación como mangos, palma

africana para la elaboración de aceites, y ciruelos, además en menor grado cultivos de maíz, papaya, yuca, fréjol etc. También es importante la actividad ganadera de pequeña a mediana escala y las actividades relacionadas con árboles proveedores de madera.

1.2.6 Relieve y Drenaje

El relieve de esta área de estudio en términos generales es bien regular, ya que tanto las partes bajas y las partes altas oscilan entre los 100 y 300 metros de altura sobre el nivel del mar.

El flujo de agua va desde la parte altas desde donde pasan a ser recogidas por quebradas hasta llegar a los ríos. El cauce de los ríos especialmente en el río de la derecha pasa a través de distintos tipos de roca, tanto volcánica como sedimentaria, en temporada de verano estos cauces se encuentran cubiertos por grava y arena . Cabe anotar que en el curso del cauce se observa caídas o saltos de agua, lo que origina pequeñas cavidades o pozos donde se mantiene retenida el agua durante el verano.

1.3 ESTUDIOS PREVIOS

La Formación Cayo ha merecido el interés de muchos autores, desde comienzos de este siglo, su localidad tipo está en el poblado de Puerto Cayo, en la Provincia de Manabí. (Olsson, 1942). Posteriormente, Thalmann(1946) la dividió en tres miembros: Calentura, Cayo SS y Guayaquil; y en base a identificaciones micropaleontológicas ubicó a la Formación en el Cenomaniense – Turoniense para su parte más inferior, pudiendo alcanzar el Maestrichiense en su parte superior. (Guayaquil).

Marks (1956) indicó una edad Turoniense Superior para Calentura en base al hallazgo de *Inoceramus plicatus d'orbigny*, *I. roemeri Karsten* e *I. striatoconcentricus Gumbel*.

En 1971, Doebi y Kehrer proponen el abandono de la localidad tipo de Puerto Cayo en virtud de que la serie está incompleta pues de acuerdo a sus dataciones micropaleontológicas allí solo aflora el Danense.

Ecuador: *Newsl Stratigr.*, v, 3, p. 169-173) propone el abandono del término Calentura debido a que ésta no es una unidad litoestratigráfica o fáunica diagnosticada y a que su localidad tipo es de posición estratigráfica desconocida. Indica también que su edad no puede ser más antigua que Senonense. Estas dos consideraciones son las

adoptadas en el Léxico Estratigráfico (Bristow and Hoffstetter, R., 1977, Lexique Stratigraphique Internationales, vol. V, Fase. 5a2, Ecuador, Centre National de la Recherche Scientifique, París).

Los estudios exploratorios llevados a cabo en ese entonces por CEPE en la zona costanera, demuestran que el miembro Calentura posee una extensión areal considerable a lo largo de los cerros de Chongón-Colonche, por lo cual se lo considera como un excelente nivel marcador estratigráfico; y, el hallazgo de *Globo truncana prae-helvética* TRUJILLO confirma la edad Cenomaniense – Turoniense ya asignada por Thalmann en 1946, impugnada por Bristow y el Léxico.

En lo respecto a la localidad tipo, se ha establecido que en el estero El Arenoso la Formación Cayo se encuentra completa con afloramientos muy continuos y una mínima alteración tectónica; por lo cual se propone que sea éste la localidad tipo y el abandono de la actual (Puerto Cayo) en acuerdo con Doebli y Kehrer (1971).

Consideraciones Geológicas Generales

La Formación ha sido dividida según Thalmann (1946) en tres miembros:

Calentura.- Miembro Inferior, cuya localidad tipo es la antigua cantera de Calentura; 9 Km. al Nor-Este de Guayaquil; constituida de calizas, margas y lutitas de color gris oscuro a negro.

Cayo SS.- conformada por aglomerados, arcillas silicificadas verdes, tobas y arenisca tipo grauwaca.

Guayaquil.- Miembro superior constituido casi exclusivamente de arcillas silicificadas.

El conjunto total puede alcanzar los 3.000 metros de espesor (Léxico Estratigráfico, 1977)

Esta litología es solamente válida (aparentemente) en la subcuenca Progreso. Hacia el Norte, los afloramientos de Cayo parecen corresponder por su litología (predominancia de arcillas silicificadas) y edad (Maestrichtense – Danense) al miembro Guayaquil.

Estero El Arenoso

Las observaciones geológicas realizadas en el Estero “El Arenoso” (Alvarado, G. y Santos, M., 1983, El Miembro Calentura y la Formación Cayo, III Congreso Ecuatoriano de Ing. Geol. de Min. y Petr., pp. 1-16) hacen pensar que éste es un excelente sitio para el estudio de la columna estratigráfica de la Formación, pudiendo

proponerlo como localidad tipo. La presencia de afloramientos continuos y la mínima dislocación provocada por fenómenos tectónicos y por efectos de meteorización, son factores fundamentales que apoyan ésta sugerencia. En ese estudio se pudo establecer una columna de 2.400 metros de espesor. En la fig. 1.4 se muestran los primeros 700 m. de ésta columna que corresponde al estero El Arenoso.

La Formación Cayo en su base está en contacto con rocas volcánicas de Piñón y contienen en los primeros 70 metros rocas volcánicas porfiríticas, estratificadas, de color verde, alternando con lutitas gris verdosas, oscuras, calcáreas y calizas; se continúa la serie hasta los 450 metros con grauwaca gris oscuro, duras, con finas intercalaciones de lutita de color gris verdoso. De 450 a 530 metros vuelven a aparecer lutitas gris oscuro-verdosas; desde este punto, la zona está cubierta hasta el nivel de los 800 metros.

Continúan a partir de este nivel las grauwacas con delgadas intercalaciones de lutita, en unos casos calcáreas, alcanzando el nivel 1.000 metros, para luego pasar a una lutita gris, dura, silicificada con dos intercalaciones de grauwacas de 30 metros de espesor hasta el nivel 1.180. En este nivel, aparece un conglomerado cuyos elementos son fundamentalmente de tipo volcánico de hasta 5cms. de diámetro

la matriz es arenosa, este intervalo ocupa un espesor global de 40 metros, hasta la altura de 1.245; continúan las grauwacas hasta el nivel 1.140. Aparece enseguida 150 metros de lutita alternando con finos estratos de grauwaca hasta el nivel 1570. Asoma luego grauwaca en parte conglomerática, que predomina hasta el nivel 1.930 alternando con estratos finos de lutita silicificada. Desde este punto se nota un marcado incremento de lutita silicificada verde y a la altura de 2.170 el intervalo es influenciado de nódulos lenticulares de Chert oscuro hasta el nivel 2.400 que se supone es el tope de la Formación, discordante con las calizas San Eduardo suprayacentes.

En resumen, pueden apreciarse que aquí la secuencia de Cayo está completa ya que las calizas y lutitas gris oscuras a negras de la parte inferior corresponderían a Calentura; luego Cayo SS. Estaría representado por la predominancia de las grauwacas; y , por Último, en la parte superior se nota la abundancia de arcillas-lutitas silicificadas verdes con incrustaciones lenticulares de chert de color oscuro correspondientes al miembro Guayaquil.

*COLUMNA ESTRATIGRÁFICA
MIEMBRO CALENTURA
ESTERO EL ARENOSO*



Modificado de Alvarado G, Santos M, 1983

Fig. 1.4 Columna estratigráfica del estero el arenoso

Estero Villegas

Las observaciones de campo permiten establecer las siguientes características litológicas del miembro Calentura.

Se trata de una serie eminentemente calcárea, de color negro por su alto contenido de materia orgánica, tipo micrítica (biomicrita fundamentalmente), dispuestas en bancos de 5 a 200 cm. de espesor.

En algunos intervalos, las calizas tienden a margas, presentando grados variables de silicificación, ésta última como producto de una posible alteración post diagenética.

Existen también bancos decimétricos de sedimentos volcanoclásticos (grauwaca); y, en menor proporción lutitas gris oscuras a negras con silicificación variable.

- Los afloramientos existentes del miembro Calentura en el estero Villegas permiten elaborar su columna estratigráfica:
 - En la parte basal, rocas volcánicas que podrían corresponder a la Formación Piñón, luego 12 m. de zona cubierta.
 - En el nivel 1 aparecen 5 m. de arcilla silicificada de color verde que cambian a arcillas de color verde café claro a habano; después afloran 5 m. de calizas micríticas con un mínimo porcentaje de glauconita (radiolarios), hacia el tope se incrementa el porcentaje de cuarzo y feldspatos, graduando a arcillas arenosas con un

espesor de 8 m.; rematando con 2 m. de caliza gris oscuras, silicificadas, en bancos centimétricos, intercalaciones con arcillolitas de color crema habano.

- Después de una zona cubierta de 5m. aparece el nivel 2 constituido de 3 m. de arcilla silicificada con intercalaciones de caliza gris oscura silicificada, las calizas son biomicritas o radiolaritas.
- Luego, 5 m. de zona cubierta aflora en el nivel 3, caracterizado por 3 m. de arenisca, arcillolita y chert intercalados, culminando con una zona cubierta de 12 m.
- Como nivel 4 aparecen luego 6 m. de roca volcánica (basalto) muy alterado.
- Luego de 6 m. de zona cubierta, se tiene el nivel 5 representado por 11 m. de alternancias de arenisca grano medio a fino fluctuando hacia arriba a limolitas, con pocos horizontes de lutita a veces arenosa. Hacia la parte superior hay calizas gris oscuras y areniscas de grano medio a grueso. Presenta algunos niveles lenticulares de chert oscuros. Las calizas de este intervalo son biomicritas fundamentalmente con radiolarios. En una sección delgada de la muestra 682-2 correspondiente a una caliza de este nivel se encontró *Globotruncana cf. praehelevética*, TRUJILLO que

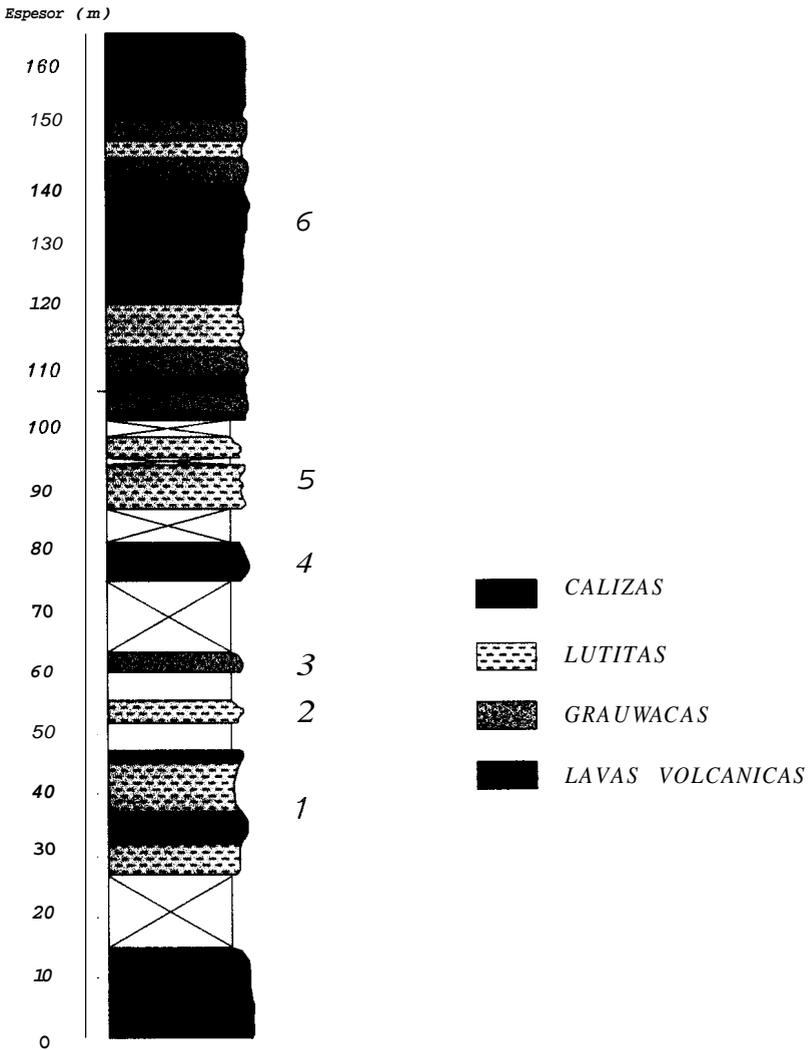
asignaría a este intervalo del miembro Calentura una edad Cenomaniense superior – Turoniense medio.

- Después de 3 m. de zona cubierta, aflora el nivel 6 constituido de **64** m. de una serie eminentemente calcárea. Las calizas son de color gris oscuro a negro en bancos decimétricos con grado variable de silicificación, microscópicamente se trata de micritas y biomicritas a radiolaritas. En su parte inferior se intercalan algunos bancos de grauwacas con meteorización en capas de cebolla.

Además otros estudios permiten establecer consideraciones así como su extensión areal fueron confirmados por medio de los afloramientos localizados a lo largo del Sistema Montañoso Chongón-Colonche en los siguientes sitios en dirección Este-Oeste: en la vieja cantera de Calentura al Norte de Durán (Lugar Tipo); al Noroeste de Guayaquil en las inmediaciones de la fábrica CRIDESA, en el río Chaco y su tributario Estero Villegas (Petroproducción: S. Benítez, M. García, A. Moreno, M. Santos, G. Bonilla, F. Lozada, P. Amaya) en el río Guaragua, en el río Paco las calizas micríticas son predominantemente de color crema. Es probable que el miembro se extienda aún más al Noroeste, esperando comprobarlo con nuevas exploraciones.

Hasta los lugares ya reconocidos se calcula que su extensión longitudinal llegaría a 60 Km.

*COLUMNA ESTRATIGRAFICA
MIEMBRO CALENTURA
ESTERO VILLEGAS*



Modificado de Alvarado G, Santos M, 1983

Fig 1.5 Columna Estratigráfica del miembro Calentura en el estero Villegas

La Formación Cayo en la subcuenca Manabí

Estudios realizados por el IFP en la década del 60 y por geólogos de la ex CEPE, revelan que los afloramientos existentes en la subcuenca Manabí presentan una cierta diferencia con los encontrados en la subcuenca Progreso ya descritos.

En primer lugar los afloramientos de Cayo en Manabí están constituidos preferentemente por arcillas silicificadas y sedimentos volcanoclásticos (grauwacas). Las dataciones realizadas en algunos estratos arcillosos revelan que su edad es Maestrichtiense llegando posiblemente al Danense (Sigal, 1969, J. "Quelques acquisitions récentes concernant la chronostratigraphie des formations sédimentaires de l'Equateur", Rev Espa. De Microp. 1, pp. 205-206.)), o solamente Danense (Doebel y Keher, 1971) circunstancia que mostraría la sola existencia del miembro Guayaquil en este sector.

En segundo lugar los sedimentos de Cayo están cortados o intercalados con lavas generalmente basálticas, lo cual no ha sido observado en la subcuenca Progreso, salvo para los niveles más inferiores (Calentura).

Sin embargo, del análisis de las secciones sísmicas realizadas se observa que la Formación Cayo en el subsuelo del área comprendida entre Chone y 10Km. al Norte de Flavio Alfaro presenta espesores que

fluctúan entre 2.400 y 2.900 metros observándose además en su parte basal reflectores muy continuos que podrían corresponder a sedimentos calcáreos (Calentura).

A esto se añade los resultados de análisis Geoquímico realizados en muestras de núcleo de la parte basal de Cayo del pozo Manta-3, que revelan altos contenidos de materia orgánica, la cual es de tipo alginítico en un 90% (propicia a la generación de hidrocarburos líquidos), resultados que coinciden con los obtenidos para el miembro Calentura en el Estero Villegas.

En definitiva, es probable que en el subsuelo de la subcuenca Manabí la Formación Cayo se encuentra completa, incluido el miembro Calentura.

La sola diferencia con Progreso sería la presencia del “volcanismo tardío” en forma de diques o de sills, que también es observado en las líneas sísmicas (Alvarado, G. y Santos, M., 1983, El Miembro Calentura y la Formación Cayo, III Congreso Ecuatoriano de Ing. Geol. De Min. y Petr., pp. 1-16).

Otros estudios realizados por S. Benítez, determinan que la Formación Cayo ha sido identificada en base a estudios cartográficos en Guayaquil (Benítez, 1990, Mapa Geológico de las Formaciones Cayo y

Guayaquil en la ciudad de Guayaquil, Memoria técnica, Inst. de Invest. y Est., Avanz. Univ. de Guayaquil, 88 pgs.) y también en un corte Río Bachillero a 40 Km. al NNO de Guayaquil (Benítez, S. 1988, Estratigrafía de las Formaciones Cayo y Guayaquil en la Cordillera Chongón-Colonche, hacia una redefinición, V Cong. Ecuat. de Ing. Geol. de Min. y Petr.), lo que ha permitido obtener el levantamiento de su columna estratigráfica en Guayaquil.

Miembro Basal Calentura

En 1946 Thalmann (Thalmann, 1946, Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in western Ecuador, Amer., Ass., Petrol. Geol. , vol. V, pgs. 14 – 45), definió el miembro basal Cayo “Calentura” en base a estudios en muestras de rocas tomadas en la Cantera Calentura ubicada en el Peñón del Río al norte de Guayaquil, y a este lugar estableció como localidad tipo. (Actualmente esta cantera ha sido explotada y acabada)

Sin embargo, estudios posteriores han determinado que dichas rocas no pertenecen a la parte basal de Cayo.

Así se tiene que dichas rocas son de edad Coniciano según M. Ordóñez en Benítez (1990) en base al foraminífero *Globotruncana cf. renzi*; por lo tanto estas rocas corresponden a una intercalación de

lutitas entre paquetes de areniscas y conglomerados cerca de la base del Miembro Cayo SS. (no muy arriba de la verdadera base).

Thalman le asignó una edad Cenomaniano superior-Turoniano en base al mismo fósil. Este microfósil *Globotruncana cf. renzi* es actualmente conocido como *Marginotruncana renzi* y corresponde a una edad Turoniano-Coniciano, según M. Caron (1991)

Marks en 1956 determinó en el mismo sitio una edad Turoniano superior en base a *Inoceramus plicatus*, *Inoceramus roemeri*, *Inoceramus striata*. Alvarado y Santos reportan el foraminífero *Helvetotruncana cf. Praehelvetica* Trujillo (según datación de J. Sigal) corresponde a la edad Cenomaniano superior-Turoniano medio (fósil encontrado en lutitas del Estero Villegas o quebrada "La Mina" 9'772.500 - 602.500), por lo que estas muestras tampoco corresponden a la base de Cayo, sino a intercalaciones finas dentro del Miembro Cayo SS.

Propuesta de Benítez

Según estudios de Benítez y otros, si determinan la existencia de un miembro basal de Cayo en sitios como:

silíceas (B2) e incremento de lutitas calcáreas, turbiditas calcáreas y calizas negras hacia el tope (B3).

En este lugar Gamber et al (1990, en Marksteiner y Aleman, 1991) reportan los siguientes foraminíferos bentónicos

<i>Turoniano</i> ó <i>Cenomaniano</i>	}	Pleurostonella cf.
		Greatvalleyensis
		Gavelinella sp.
		Lenticulina sp.

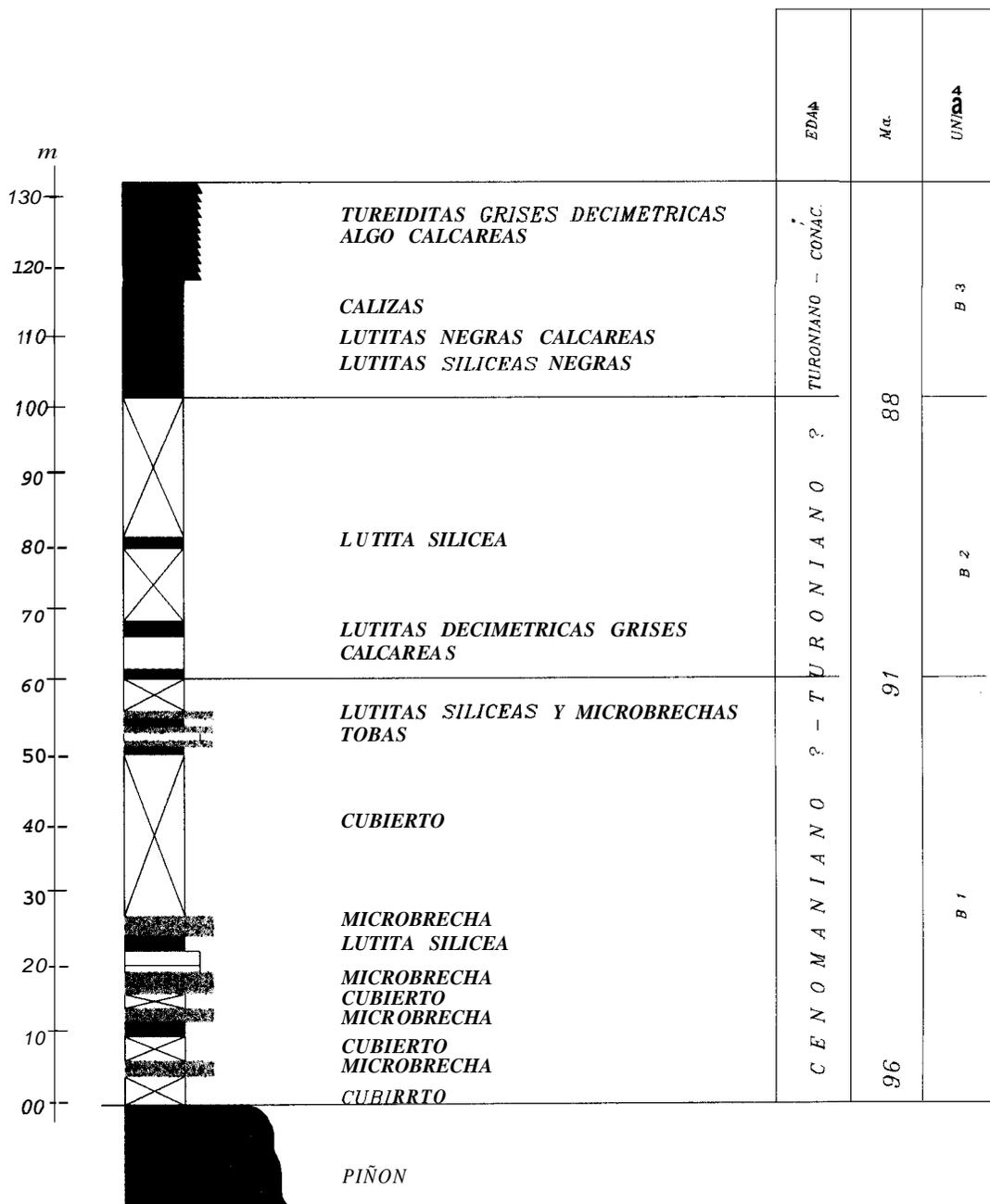
Los que permiten señalar un paleoambiente de depósitos de plataforma media. La potencia medida en el Estero Guaraguau es de 130 m.

Conclusiones :

La edad del tope calcáreo del Miembro basal es Turoniano-Coniaciano de acuerdo a los datos de Gamber 1990, en Marksteiner y Aleman, 1991).

La edad de las secciones silíceas basales (B1 y B2 en Guaraguau) sería por lo menos Turoniano o más antigua (Cenomaniano?) y debe corresponder a un importante evento transgresivo.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA RIO GUARAGUA



Modificado de Benítez S, 1996

Fig. 1.6 Columna estratigráfica Río Guaragua

1.4 METODOLOGÍA DEL TRABAJO

1.4.1 Trabajo Previo a la Salida de Campo:

Para empezar la investigación del objetivo planteado para el desarrollo de esta Tesis de Grado, se comenzó por la revisión de la información bibliográfica respecto a Calentura, es así que se acudió entre otros textos, principalmente a Léxico estratigráfico de Bristow y Hosteter para tener definida su litología y los puntos en los cuáles ésta ha sido observada y su espesor medido.

Además se hizo un análisis del área de estudio, las vías de acceso, ríos y quebradas por donde se iba a recorrer para la observación de afloramientos, algo importante lo constituyó la población o viviendas que se encontraban cerca del área de estudio, para nuestro alojamiento y planificación del día de trabajo.

Es importante señalar que también se hizo una planificación de los equipos a llevar (martillo, GPS, brújula, lupas, HCl, binoculares, cinta métrica, flexómetro, libreta de campo, lápices, marcadores y mapas), y de los alimentos a consumir, ya que

dadas las condiciones de trabajo y del sector, se optó por llevar comida enlatada y semipreparada para consumo en el campo.

1.4.2 Trabajo de Campo:

Ya en el campo, el trabajo consistió en tomar datos necesarios y suficientes que permitan desarrollar de una forma comprensible los análisis en oficina.

El trabajo básicamente se dividió en varias etapas. La primera fue el levantamiento de la columna estratigráfica a lo largo de la quebrada de los ríos a investigar, medir la potencia de cada capa o estrato mediante el trazado de una poligonal abierta, la misma que se la realizó con ayuda de una cinta métrica y brújula. Posteriormente también se procedió a la recolección de muestras del sector, especialmente aquellas consideradas “conflictivas” o “dudosas” para su identificación, por lo que necesariamente debían ser analizadas en el laboratorio para su correcta definición.

1.4.3 Trabajo de Oficina y Laboratorio:

Una vez culminada nuestra campaña de estudio en el campo, y con las debidas acotaciones ya señaladas en el mismo, se

procedió al análisis de los distintos factores observados, es así que se comenzó por los análisis de las muestras tomadas en los distintos puntos del área correspondiente a nuestra investigación.

Para el análisis de las muestras, como primer punto se hizo una selección de las mismas, es decir, la capacidad de decidir en base a parámetros geológicos qué tipo de análisis se debía realizar a cada una de las muestras, en algunos casos la complejidad geológica del sector conllevaba a realizar varios análisis de una misma muestra.

Básicamente se realizó los siguientes estudios en cada una de las muestras: Análisis Petrográficos y Análisis Geoquímicos , para el estudio Bioestratigráfico se tomaron muestras que han sido analizadas por El Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil en el Marco del Proyecto Calentura.

A continuación se detallará los tipos de análisis que se realizaron a las muestras recogidas para el presente estudio en las tablas 1, 2, 3 y 4.

TABLA 1

ANÁLISIS MUESTRAS RÍO DE LA DERECHA

<i>Muestra</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Bioestratigrafía</i>	<i>Geoquímica</i>	<i>Petrografía</i>	<i>Descripción macroscópica</i>
EJ-C-01	578120	9781306			X	X
EJ-C-02	578120	9781306				X
EJ-C-03	578120	9781306			X	X
EJ-C-04	578120	9781306				X
EJ-C-05	578158	9781189		X		X
EJ-C-06	578116	9780987				X
EJ-C-07	578108	9781346				X
EJ-C-08	578082	9781335				X
EJ-C-09	578067	9781329				X
EJ-C-10	578069	9781330			X	X
EJ-C-11	578019	9781289			X	X
EJ-C-12	578019	9781289				X
EJ-C-13	577975	9781300			X	X
EJ-C-14	577975	9781300		X		X
EJ-C-15	577906	9781291				X
EJ-C-16	577860	9781213			X	X
EJ-C-17	577832	9781218			X	X
EJ-C-18	577811	9781164				X
EJ-C-19	577748	9781130				X
EJ-C-20	577747	9781127				X
EJ-C-21	577601	9781019		X		X
EJ-C-22	577610	9781034			X	X
EJ-C-23	577570	9780965			X	X
EJ-C-24	577515	9780966				X
EJ-C-25	577501	9780892			X	X
EJ-C-26	577338	9781011		X	X	X
CC-01-07	578063	9781325	X			X
CC-01-12	578044	9781310	X			X
CC-01-38	577750	9781132	X			X
CC-01-39	577744	9781122	X			X
CC-01-42	577649	9781060	X			X
CC-01-44	577603	9781022	X			X

TABLA 2
ANÁLISIS MUESTRAS RÍO PACO

<i>Muestras</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Petrografía</i>	<i>Descripción macroscópica</i>
CC-02-154	593301	9776046		X
CC-02-155	593301	9776046		X
CC-02-156	593301	9776046		X
CC-02-157	593301	9776046		X
CC-02-158	593212	9775981		X
CC-02-159	593212	9775981		X
CC-02-160	593212	9775981		X
CC-02-161	593212	9775981	X	X
CC-02-162	593212	9775981		X
CC-02-163	593212	9775981	X	X
CC-02-164	593212	9775981	X	X
CC-02-165			X	X
CC-02-166				X
CC-02-167	593123	9775964	X	X
CC-02-168	593015	9775823	X	X

TABLA 3
ANÁLISIS MUESTRAS RÍO EI DIABLO

<i>Muestras</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Petrografía</i>	<i>Descripción macroscópica</i>
CC-02-210	572607	9791905	X	X
CC-02-219	571050	9786960		X
CC-02-218	571050	9786960		X
CC-02-217	571050	9786960		X
CC-02-216	571050	9786960		X
CC-02-215	571050	9786960		X
CC-02-214	571050	9786960		X
CC-02-211	571156	9787029		X
CC-02-207	571205	9786781		X
CC-02-206	571205	9786781		X
CC-02-201	571173	9786609		X
CC-02-202	571173	9786609		X
CC-02-204	571173	9786609		X
CC-02-199	571173	9785903	X	X
CC-02-198	571310	9785718	X	X
CC-02-197	571310	9785718		X

TABLA 4
LI I I RÍO GRANDE

<i>Muestra</i>	<i>Coordenadas UTM</i>		<i>Geoquímica</i>	<i>Petrografía</i>	<i>Descripción macroscópica</i>
EJ-RG-01	551245	9808874	X	X	X
EJ-RG-02	551245	9808874	X	X	X
EJ-RG-03	551208	9808841			X
EJ-RG-04	551172	9808870			X
EJ-RG-05	551149	9808889	X	X	X
EJ-RG-06	551149	9808889	X		X
EJ-RG-07	551048	9808898	X		X
EJ-RG-08	551015	9808886	X	X	X
EJ-RG-09	551015	9808886	X		X
EJ-RG-10	550974	9808853			X
EJ-RG-11	550988	9808833	X		X
EJ-RG-12	551042	9808789			X
EJ-RG-13	551040	9808764	X		X
EJ-RG-14	550971	9808698		X	X
EJ-RG-15	550971	9808698			X
EJ-RG-16	550906	9808541		X	X
EJ-RG-17	550906	9808541		X	X
EJ-RG-18	550876	9808451			X
EJ-RG-19	550876	9808451			X
EJ-RG-20	550865	9808425		X	X
EJ-RG-21	550720	9808371		X	X
EJ-RG-22	550606	9808430			X

Para el análisis respectivo de cada una de las muestras, se procede primeramente a la preparación de las muestras, esto consiste en un previo tratado de la muestra, de tal forma que se encuentre totalmente idónea al momento de realizar el estudio en sí.

Preparación Muestras para análisis Bioestratigráfico

Una vez seleccionada las muestras para este tipo de análisis, la metodología de la preparación para el escogitamiento de foraminíferos, radiolarios y ostrácodos en el caso de que existan, consiste en la trituración de la roca. Posteriormente la muestra debe ser lavada para una purificación, es decir, para tratar de eliminarlos sedimentos del tamaño de arcilla haciéndolo pasar a través del tamiz de 200 mesh (200 div. / pulg.). Posteriormente, la muestra pasa al horno de secado **Blue M. Electric**, modelo OV-18A, la temperatura máxima que se usa para eliminar el agua es de 120 °C. Finalmente, secada la muestra, se procede a etiquetarla en su respectiva funda , colocando su número, la fecha de recolección y el área de estudio; con esto la muestra está lista para ser analizada.

Preparación Muestras para análisis Petrografico

La confección de una lámina delgada de cualquier muestra de roca es hoy en día, una técnica sencilla, por este motivo se resume las etapas clásicas en su confección.

Una vez seleccionada la roca, con una sierra de diamante, se efectúan diversos cortes hasta obtener secciones de espesor centimétrico. El uso de una sierra con menor radio y espesor permite seccionar la tableta elegida y obtener secciones nuevas de pocos milímetros en el área Óptima de roca. La etapa posterior comprende el pulido de la tableta (de espesor milimétrico) usando un abrasivo de grano grueso (100 $\mu\text{m}.$) y, tras un desgaste, uniforme en toda la superficie de la tableta, se lava cuidadosamente con agua, para una vez seca, pegar la superficie de tableta de roca (cortada a dimensiones de 2 cm de ancho y 3 cm de longitud, a un vidrio o portamuestras. El mercado industrial proporciona muchos tipos de pegamentos y entre otros, está muy extendido el uso del cemento Lakeside, resina epoxy, etc. (transparente, estable y con gran cohesión a la roca). La etapa siguiente admite dos modalidades. La manual consiste en un pulido sucesivo, en sentido rotativo, de la tableta (unida al porta) usando gradualmente abrasivo de carborundo

con granularidad decreciente y formando una pasta humedecida con agua (para rocas muy solubles es frecuente emplear aceite u otros líquidos en lugar de agua). Como toda actividad artesanal, el éxito depende de mantener, durante todo el tiempo de pulido y para cada una de las etapas con carborundo, sucesivamente de grano más fino, la misma presión aplicada con los dedos sobre la superficie del portamuestras de vidrio; es decir, la cara opuesta de tableta se irá puliendo hasta alcanzar un espesor estándar de 30 μm . Se identifica este espesor si, en las últimas etapas de pulido con el carborundo de grano más fino, se lava la tableta y se examina al microscopio polarizante que, provisto de analizador, nos permite identificar los colores de birrefringencia exactos (establecidos para un espesor de 30 μm .) en cada uno de los minerales (cuarzo, plagioclasa, olivino, piroxeno, biotita, anfíbol, etc.). En la actualidad hay una amplísima oferta de equipos automatizados que permiten realizar las sucesivas fases de pulimentación (disminución progresiva de espesor) hasta garantizar el espesor previsto de 30 μm . Estas máquinas pulidoras incorporan uno o varios soportes en cuyo interior se pueden fijar tabletas de roca ya adheridas al portamuestras en un número variable (desde 3 hasta 8 rocas). Estos soportes se ponen en contacto con un

disco giratorio sobre el que se deja caer una pasta de abrasivo y agua (u otro líquido, según se ha indicado).

Puesto que la velocidad de giro es variable y la presión, uniforme, en todas las tabletas incluidas en el soporte de pulimentado está controlada y así se obtiene de manera fácil, cómoda, exacta y rápida el desgaste deseado (uniforme en toda la superficie para un espesor de $30\ \mu\text{m}$). Una vez lavada con un chorro de agua aplicada a la superficie pulimentada, se examinan los colores de birrefringencia de los minerales previstos y, todo lo más, se procede a un retoque de pulimentado por medios manuales o un repulimentado con la máquina automatizada. Una vez que se confirma el espesor satisfactorio en toda la superficie de roca pulimentada, se pega un vidrio fino (cubreobjetos) con alguno de los diversos cementos adhesivos y transparentes que existen en el mercado (p. ej., Lakeside, resina epoxy, bálsamo de Canadá, etc.). Esta etapa requiere acertar con la cantidad de adhesivo y evitar la formación de burbujas presionando con los dedos o, mejor aún, introduciendo la lámina en una zapata comercial prevista al efecto que garantiza un valor constante de presión en toda la superficie de contacto durante el tiempo necesario para su cementación (secado) completo.

Realizado lo anterior se extrae con una cuchilla (u otro objeto cortante) el resto de adhesivo que sobresale del cobre y se confirma la exacta confección por nueva inspección al microscopio (utilizando el analizador o nícoles cruzados).

¿Qué sucede si la roca es blanda o, incluso, es fragmentaria, como es el caso de una roca piroclástica? Los laborantes inician su actividad con este tipo de muestras muy poco compactadas por su inmersión, en una cámara de vacío, cuya intensidad puede ser regulable para cada tipo de roca problema ya través de un orificio conectado a dicha cámara, se añade una resina que, en condiciones de vacío y durante cierto tiempo, forma una unidad (roca embutida en resina). Este resultado equivale a una roca dura (o compacta) que se corta con la sierra diamantada y, una vez obtenida la tableta de espesor milimétrico se sigue la misma sistemática para las rocas compactas.

Ver en anexo petrográfico fotografías del proceso de preparación de la lámina delgada.

Preparación Muestras para análisis Geoquímico

Esta preparación es muy parecida a las realizadas para el análisis Bioestratigráfico, se comienza igualmente con la

trituration de la muestra, pero esta vez se lo realiza de una zona fresca de la roca, es necesario que el tamaño de la muestra sea muy fino (arcilla, limo); es importante señalar que esta no debe ser lavada y por el contrario debe estar seca, ya que las partículas muy finas conjuntamente con el agua pueden llegar a cohesionarse fácilmente y formar un lodo.

Posteriormente se procede a etiquetarla en su respectiva funda, colocando su número, la fecha de recolección y el área de estudio; con esto la muestra está lista para ser analizada.

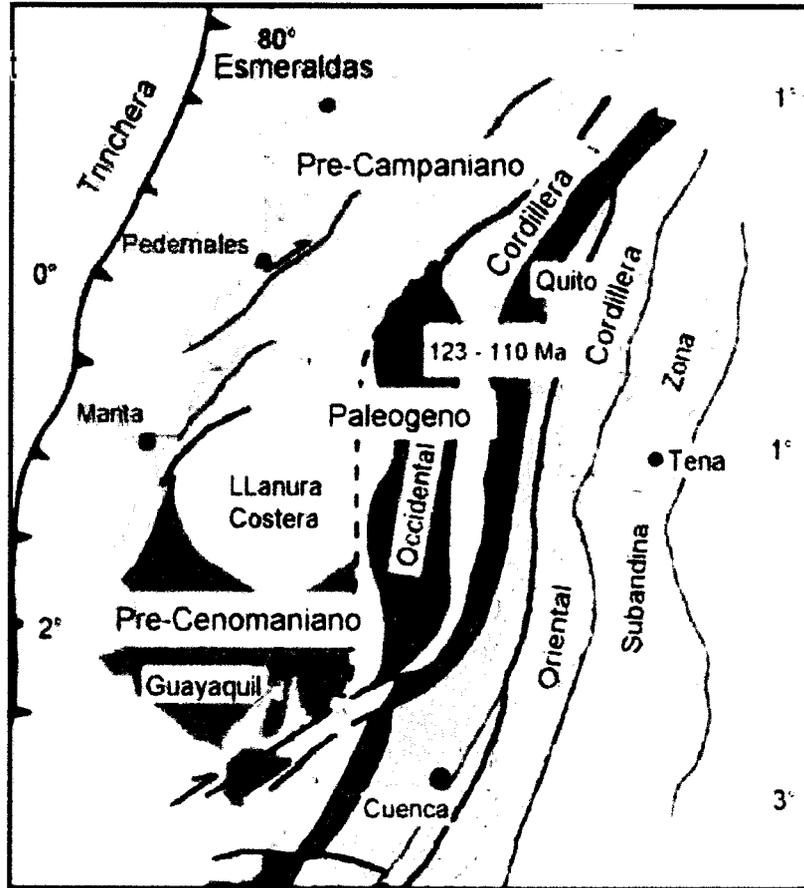
CAPITULO 2

2. MARCO GEOLÓGICO REGIONAL

2.1 Tectónica

La Costa del Ecuador ubicada entre la zona de subducción (fosa Colombia-Perú) y el arco volcánico de la Cordillera Occidental es una cuenca de ante-arco emergida (Lonsdale 1978) está construida por una corteza oceánica (Feininger 1977) toleítica, la Formación Piñón (Goosens y Rose 1973, Lebrant 1985) en la cual se formaron varias cuencas.

En el suroeste de la costa (Fig. 2.1), la Cordillera de Chongón Colonche, constituida por corteza oceánica de edad Cretáceo inferior y medio, y su primera cubierta de Formación Cayo (Cenomaniano superior-Maestrichtiano / Daniano) levantadas en horst perpendicularmente a la zona de subducción actual, separa dos cuencas: la cuenca de Manabí orientada paralelamente a la zona de subducción y la cuenca de Progreso, de rumbo paralelo a la Cordillera de Chongón Colonche. La cuenca Progreso es actualmente un graben asimétrico muy fracturado con varias fallas (Falla-flexura, Falla la Cruz) y ejes de estrechos sinclinales asociados de rumbo NW. – SE. ,



- Principales Fallas Andinas
- Zona Subandina y Cuenca de Antearco
- Rocas Metamórficas y Arco Terciario
- Sutura de los terrenos acrecionados
- Arco de Islas Paleógeno (Macuchi)
- Plataforma oceánica Cretáceo tardío y el arco oceánico Cretáceo terminal
- Plataforma oceánica Cretáceo tardío y los Chert oceanicos del Cretáceo terminal
- Plataforma oceánica Cretáceo temprano y arco oceano-cretáceo temprano
- Terrenos oceánicos y continentales acrecionados entre 135 y 120 Ma.

Fig. 2.1 Naturaleza de los Terrenos Oceánicos del Ecuador

paralelo a la Cordillera de Chongón Colonche; pero su depositación Oligoceno superior Plioceno inferior se extiende paralelamente a la zona de subducción hacia la Cuenca de Manabí sobre los primeros escalones de la Cordillera de Chongón Colonche. Una tercera cuenca frontal, la Cuenca del Río Guayas, alargada NNE-SSW al pie de la Cordillera Occidental está rellena por sedimentos Plio-Cuaternarios espesos, como en el Golfo de Guayaquil todavía inmergido. Los pozos en el Golfo enseñan no sólo una sedimentación Plio-Cuaternaria sino también Miocénica lo que permite suponer que estas cuencas fueron unidas a las Cuencas de Manabí y Progreso en el Mioceno.

La Formación Cayo, primera cubierta sedimentaria sobre el piso oceánico, La Formación Piñón, se extiende a lo largo de la Costa. Es una acumulación de turbiditas volcano-sedimentarias depositadas en aguas profundas. Los aportes provienen de la Cordillera Real (Faucher y Savoyat 1973, Vera y otros 1985).

En la región de Guayaquil tres miembros fueron diferenciados: Calentura, Cayo S.S. y Guayaquil. En la base, el miembro Calentura está constituido por areniscas turbidíticas, capas finas de grauwackas hasta a veces conglomeráticas y lutitas silíceas y calcáreas pasando a calcarenitas y calcilutitas. Su edad es Cenomaniano-Turoniano (Bristow y Hoffstetter). En el tope las capas de grauwackas aumentan

en espesor y en grano pasando transicionalmente al miembro Cayo S.S.. La parte inferior de este miembro es estratocreciente y granocreciente al cuarto orden. Las capas de brechas sedimentarias alcanzan varios metros de espesor con bloques decimétricos a plurimétricos de andesitas. Diques y sills de andesitas cortan las capas inferiores y proporcionan cantos y bloques a las capas superiores aunque una parte de los aportes provienen de la Cordillera Real. En la parte superior del miembro Cayo S.S. (Senoniano) es estrato y grano decreciente. Los aportes volcánicos disminuyen pasando a alternancias de areniscas y lutitas y luego lutitas y cherts en el miembro Guayaquil de edad Maestrichtiano hasta Daniano (Paleoceno).

En la región de Manabí sólo se notan alternancias de lutitas tobáceas y de grauwackas. Las capas de grauwackas son más potentes (decenas de metros) y más gruesas en la parte mediana que en la base y en el tope; son constituidas principalmente de lutitas tobáceas. La edad de la Formación Cayo sería más reciente en esta región según Faucher y Savoyat (1973).

El volcanismo andesítico (diques, sills, aglomerados) observable en la región de Guayaquil indica la presencia de un arco volcánico en la Cordillera de Chongón Colonche durante el Senoniano. Este arco está

ligado a una zona de subducción que podría ubicarse al Sur de esta Cordillera. Más tarde las intrusiones de diorita, tonalita y sienita en la Cordillera de Chongón Colonche, de edad 75 a 56 Ma. (May y Calle 1981) indican una continentalización de la corteza oceánica constituyendo la Cordillera.

2.1.1 Eventos Tectónicos

El Fallamiento General.- La fracturación general en la Costa enseña principalmente dos direcciones principales aunque existe en el campo, una gran variedad de rumbos. Primero el rumbo N110-130° observado, a gran escala, en los escalones del flanco Sur de la Cordillera de Chongón Colonche, en el borde Norte y Sur de la Cuenca Progreso (horsts Chongón, Azúcar-Playas) y en la línea de Costa del Suroeste. Esta orientación corresponde a los accidentes los más antiguos por lo que limitan desde el Paleoceno, las áreas de sedimentación. Segundo el rumbo aproximadamente N-S observado principalmente en las cuencas post-Oligocénicas. Esta orientación más reciente, es paralela a las grandes estructuras actuales (zona de subducción, Cuenca de Manabí, Cuenca del Guayas, Cordillera de Los Andes. De los otros rumbos se destaca la orientación N 50° paralela a la red de fallas Dolores-

Guayaquil (D.G. Mega Shear Zone) y a probables movimientos de bloques. La mayoría de las fallas muestran varias redes de estrías indicando varias fases de inclinación de los bloques.

2.1.2 Fases Tectónicas

Por la ausencia de un estudio microtectónico detallado y de edades precisas de las fases tectónicas, la evolución tectónica del Suroeste de la Costa Ecuatoriana esta todavía mal definida. Sin embargo con los datos actuales se puede proponer la sucesión de eventos siguientes:

En el Senoniano, probablemente en el Campaniano, se produjo una subducción intraoceánica en el sur de la Cordillera de Chongón Colonche que formó un arco volcánico sobre esta Cordillera. Al fin del cretáceo principio del Paleoceno el arco volcánico se acrecionó al arco Macuchi como lo atestiguan las intrusiones dioríticas en la Cordillera Chongón Colonche. Al mismo tiempo, ocurrió una primera colisión entre el terreno exótico Macuchi-Piñón y la Placa Sur América (Cordillera Real) en el Sur del Ecuador por medio de una zona de subducción buzando hacia el Este (Lebrat 1985, Megard y Lebrat 1986).

Estos autores proponen una acreción diacrónica del Arco Macuchi a la placa Sur América desde el Cretáceo superior mientras que Bristow y Feininger de arco oceánico en la formación Macuchi y de un flysch (Formación Apagua) en la formación Occidental hasta el Eoceno superior (Eguez 1985, Eguez y otros 1985, 1986) y también las reconstituciones de tectónica de placas en el Pacífico durante el Cretáceo superior (Whitman y otros 1983) confirman esta hipótesis. (ver Fig. 2.2).

El estudio geológico del Suroeste de la Costa del Ecuador pone en evidencia una movilidad de las áreas de depositación y de las facies sedimentarias debida a fases tectónicas sucesivas de compresión y de distensión que produjeron bloques con deformaciones y subsidencias diferentes. Esta zona de ante-arco enseña un levantamiento general y un desplazamiento de la subsidencia hacia el arco volcánico en relación con la formación y el levantamiento de la Cordillera de los Andes.

La costa sur del Ecuador es un terreno acrecionado formado por una corteza oceánica que se formó en el Aptiano – Albiano.

Al Sureste fue cubierta por depósitos pelágicos finos de edad Cenomaniano - Coniaciano, seguida por turbiditas volcanoclásticas gruesas del Santoniano – Campaniano y por lutitas tobáceas de edad Maastrichtiano – Paleoceno Medio. Al

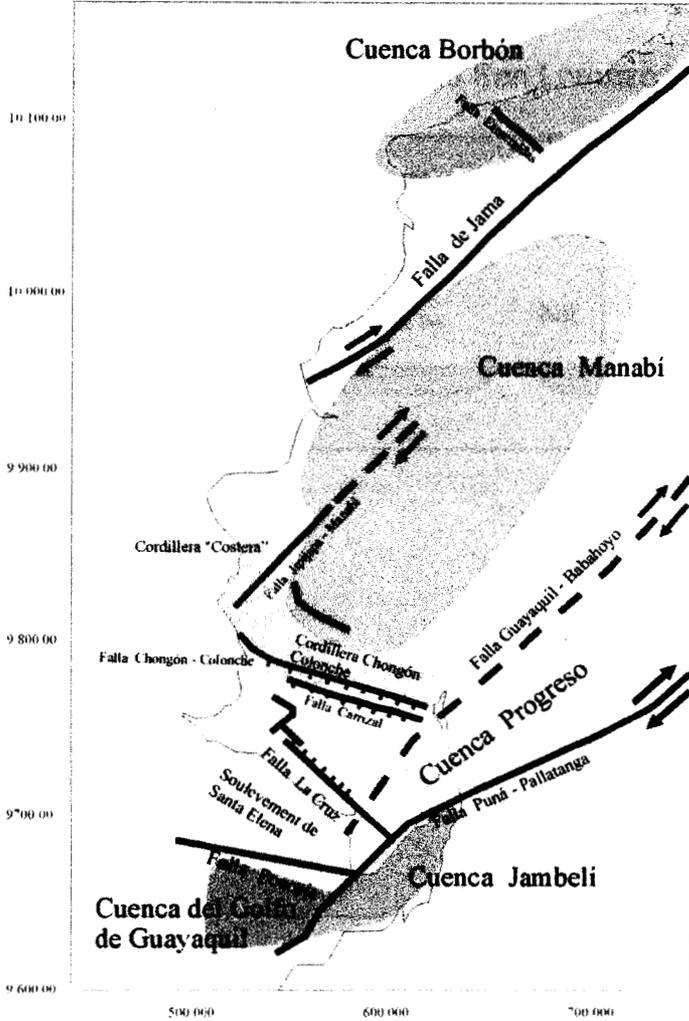


Figure 2.2. Localización de Cuenca de Ante-Arco ecuatoriano
Modificada de Deniaud (2000)

Noroeste, turbiditas volcanoclásticas gruesas y coladas volcánicas de arco insular, datadas del Campaniano – Paleoceno descansan sobre la corteza oceánica. Estos sedimentos se depositaron En una cuenca marginal que se abrió en un arco insular activo durante la parte temprana del

Cretáceo Superior (Arco Cayo) y un arco insular activo en el Cretáceo Terminal y Paleoceno (Arco San Lorenzo). Fig. 2.3

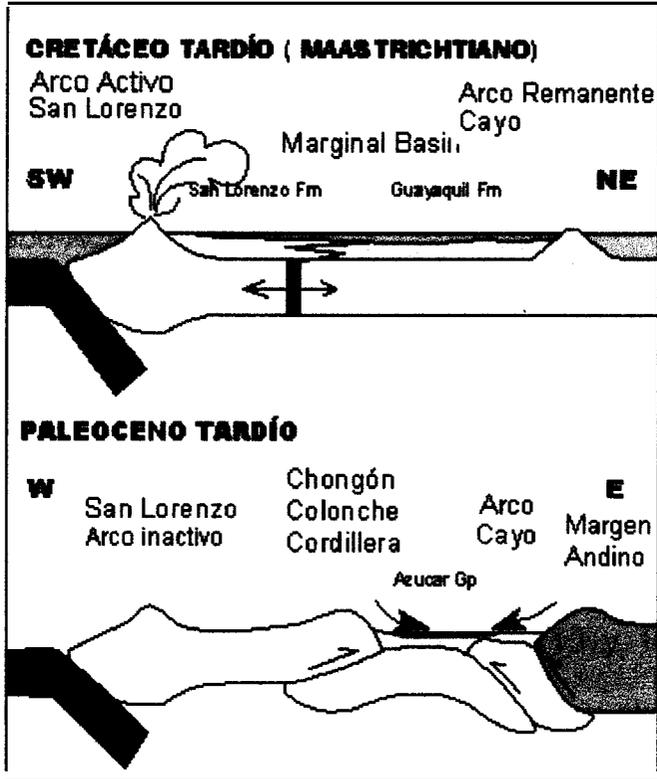


Fig.2.3 Origen y Formación del Arco Cayo y Arco San Lorenzo

2.2 Estratigrafía Regional

A continuación se presenta un resumen de la geología regional presente en este estudio. Ver Fig. 2.4 y 2.5.

2.2.1 Formación Piñón

Las rocas más antiguas de la costa ecuatoriana son rocas volcánicas nombradas Formación Piñón (Basic Igneous Complex de los autores

anglosajones). Se trata principalmente de basaltos toleíticos y andesitas basálticas, a menudo en almohadas, de espesor desconocido (por lo menos 2.000 m.). Tienen una composición vecina de las toleítas de dorsales oceánicas, y están interpretadas como representando un piso oceánico (Goossens y Rose 1973, Goossens et al. 1977, Juteau et al. 1977, Wallrabe-Adams 1990).

Dichas rocas han sido datadas por radiometría del Aptiano superior-Albiano inferior ($110^{+/-}10$ Ma. Y $104^{+/-}15$ Ma., K-Ar sobre plagioclasas) y/o del Campaniano-Maastrichtiano ($74^{+/-}10$ Ma. y $72^{+/-}6$ Ma., K-Ar sobre roca total, Goossens y Rose 1973). Faucher y Savoyat (1973) mencionan también edades radiométricas de 110 y 100 Ma. para la Formación Piñón, pero sin precisar la localización y el método. Diques basálticos que cortan la Formación Piñón indican una edad Cretáceo superior ($85^{+/-}10$ Ma. y $65^{+/-}5$ Ma., K-Ar sobre plagioclasas, Goossens y Rose 1973). El plutón tonalítico de Pascuales dio edades de 75 Ma. y 56 Ma. (K-Ar sobre roca total, Cordani in May y Calle 1982). Otro plutón tonalítico (Gómez) que corta la Formación Piñón fue datado de $76.9^{+/-}6.9$ Ma. (K-Ar sobre horblendas, Pichler y Aly 1983). Los diques que cortan las Formaciones Piñón y su cobertura sedimentaria sobreyacente (Fm. Cayo) son del Paleoceno ($65^{+/-}5$ Ma., $61^{+/-}20$ Ma. y $54^{+/-}5$ Ma., K-Ar sobre plagioclasas, Goossens y Rose 1973, May y Calle 1982).

Tomando en cuenta la edad Turoniano-Coniaciano (posiblemente Cenomaniano) de las rocas sedimentarias sobreyacentes, la Formación Piñón puede ser considerada como de edad Cretácico inferior a medio (ante-Turoniano). Sin embargo, actividades magmáticas notables parecen haber ocurrido en el límite Campaniano-Maastrichtiano (75-72 Ma. , coladas y plutones), y en el Paleoceno inferior (65-61 Ma., diques).

La Formación Piñón aflora extensamente en la Cordillera Chongón-Colonche y en la costa de Manabí. En la Península, **sólo** se conocen pocos afloramientos aislados en Santa Elena-Salinas, al Sur de Azúcar, etc., que atestiguan la naturaleza oceánica del substrato de dichas zonas.

La Formación Piñón está cubierta por una espesa serie sedimentaria de edad Cretáceo superior - Paleoceno, anteriormente conocida como la Formación Cayo, ahora dividida en tres formaciones (Benítez 1990-91, Marksteiner y Alemán 1991).

2.7. Formación Cayo

El término de Formación Cayo fue introducido originalmente por Olsson (1942) para asignar a los depósitos mayormente cretácicos que descansan sobre la Formación Piñón. Luego, la Formación Cayo ha sido subdividida en Miembros Calentura, Cayo SS. Y Guayaquil (Thalman 1946, Faucher y Savoyat 1973, Benítez 1990-91), que consideramos

ahora como formaciones (Marksteiner y Alemán 1991). La Formación Cayo **SS**. consiste de 2000 a 3000 metros de pizarras tobáceas, grauwackas, grauwackas conglomeráticas y brechas volcanoclásticas, frecuentemente silicificadas con escasas intercalaciones de rocas volcánicas. Los contactos inferior y superior son considerados como transicionales (Bristow y Hoffstetter 1977, Marksteiner y Alemán 1991).

La Formación Cayo consiste de numerosas secuencias gruesas de turbiditas volcanoclásticas de alta densidad depositadas en un abanico submarino profundo. El grano y los bancos parecen ser más potentes hacia la base (Bristow y Hoffstetter 1977, Benítez 1990-91). La fauna de foraminíferos bentónicos y de radiolarios espumelarios presente en la serie indicaría una profundidad de depósito de tipo plataforma externa. Sin embargo, estos últimos más reflejan la profundidad de la zona fuente que de la zona de acumulación.

Según Benítez (1990-91) escasos datos de paleocorrientes indicarían aportes desde el Este o el NE hacia el Oeste o el SO. Sin embargo, se debe tener en cuenta que una rotación de 70° en sentido horario ha sido determinada para las rocas cretácicas de la Cordillera Chongón-Colonche (Roperch et al. 1987). Si se tiene en cuenta este dato, la zona fuente debía encontrarse al Norte, y no al ENE. Por otro lado, Benítez (1990-91) supone que la Formación Cayo resulta de la erosión de un

arco insular. A pesar de que dicha hipótesis es verosímil, cabe destacar que ningún estudio geoquímico ha sido todavía llevado a cabo sobre las rocas de la Formación Cayo.

Al tope de la Formación Cayo, Benítez (1990-91) menciona una disminución del detritismo, un incremento de la materia orgánica, del número de foraminíferos y la aparición de fragmentos de algas, sugiriendo una somerización del medio de depósito, si se asume que dichos organismos están subautóctonos.

Aflora en las cercanías de Guayaquil, en la Cordillera Chongón Colonche, en la Cuenca Manabí y más al Norte. En la Península, rocas semejantes afloran cerca de Chongón a lo largo de la carretera a Salinas, poco antes del peaje; a lo largo de la carretera a azúcar, y probablemente en Santa Elena, La Libertad y Salinas, bajo la forma de brechas tectónicas conocidas bajo el término erróneo de "Wildflysch".

²₃ **Formación Guayaquil**

La Formación Guayaquil fue definida primero por Thalmann (1946), y fue considerada posteriormente como el miembro superior de la Formación Cayo por Bristow y Hoffstetter (1977). Está ahora considerada como una formación descansando con contacto nítido sobre la Formación Cayo (Benítez 1990-91). En la zona de estudio, aflora principalmente en la

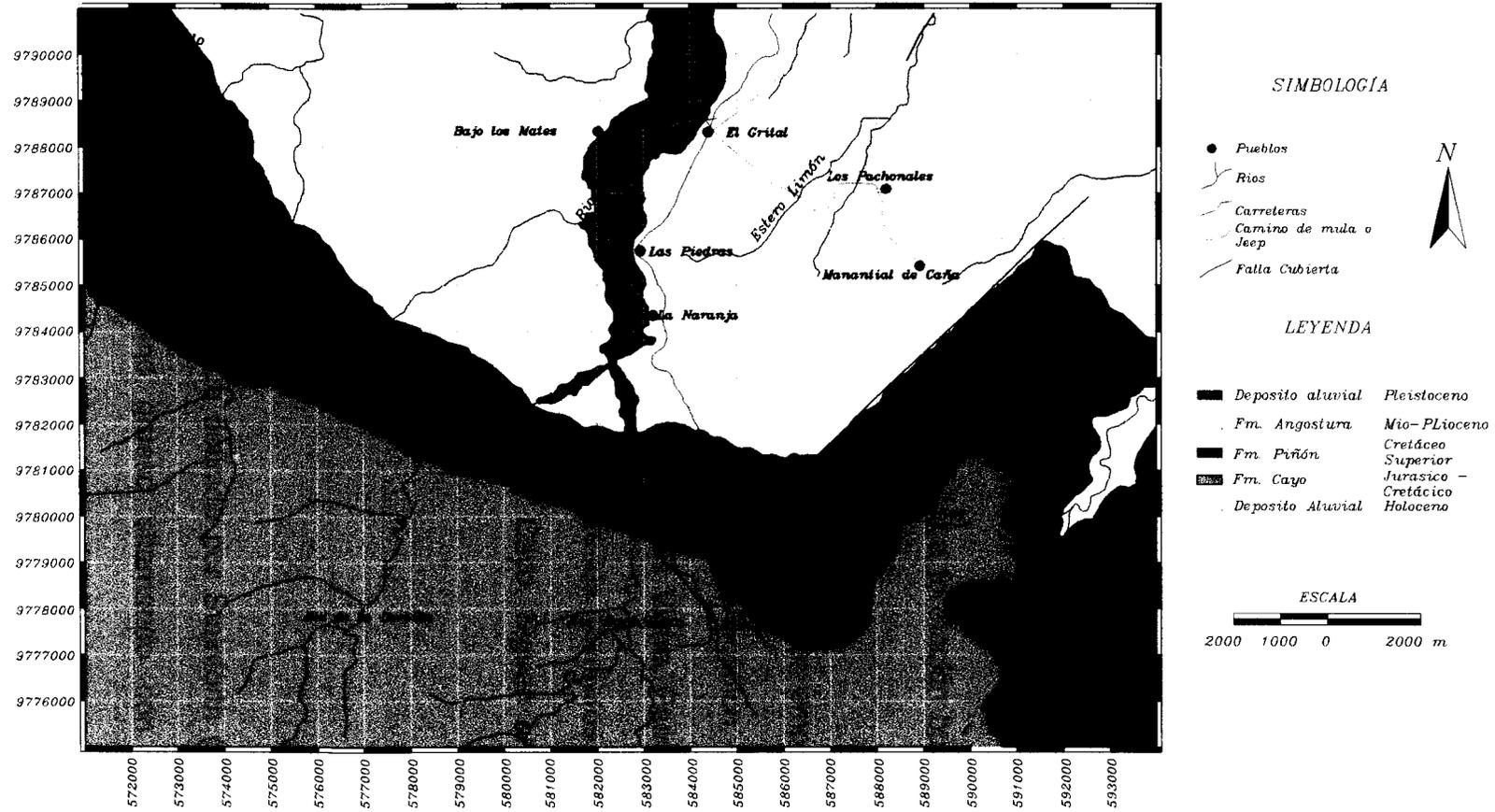
región de Guayaquil y en Cordillera Chongón-Colonche, en donde descansa sobre las turbiditas volcanoclásticas gruesas de la Formación Cayo.

La Formación Guayaquil consiste de lutitas, chert, tobas silicificadas de color negro, bien estratificados, con intercalaciones más calcáreas, o más arenosas.

Sinclair y Berkey (1937) mencionaron la abundancia de foraminíferos y radiolarios de probable edad cretácica, y su notable contenido de ceniza volcánicas.

En resumen, la Formación Guayaquil, representa una sedimentación pelágica fina, que se depositó probablemente en una cuenca oceánica alejada de toda influencia terrígena, pero con una nítida contaminación de material volcánico fino. El aumento de la fracción carbonatada hacia arriba puede indicar sea una somerización del medio de depósito, sea una bajada del Nivel de Compensación de los Carbonatados (CCD). A pesar de que Benítez propuso que los fenómenos diagenéticos ligados a la silicificación pueden haber contribuido a la deformación de los sedimentos, la abundancia de deslizamientos en la parte superior (Marksteiner y Alemán 1991) podría indicar una notable actividad tectónica de edad Paleocena.

Fig. 2.4 Mapa Geológico Regional de la Zona de Estudio



Formación Angostura

La Localidad tipo se sitúa sobre el Río Santiago (Provincia de Esmeraldas), en la vecindad de su confluente con el estero Angostura (Lat. 0° 52' N, long. 78° 45' W cf. mapa de la I.E.P.C. En MOSQUERA, 1949, P21 Y EN Canfield, 1966); corresponde a la Cueva de Angostura donde se hicieron buenas recolecciones de moluscos fósiles* (OLSSON, 1964, pp. 8-10).

Los afloramientos se extienden hacia el SW en un área ancha sobre los cursos de los ríos Cayapa y Pambil. La formación buza hacia el centro se la Cuenca Borbón .

La formación es de carácter transgresivo y sublitoral, empieza por un conglomerado basal con guijarros de material volcánico, en el norte descansa discordante sobre las formaciones Viche, Pambil o Playa Rica. En el sur descansa discordante sobre los miembros Villingota y Dos bocas y las Formaciones Piñón y Cayo. Siguen areniscas de granulación gruesa a fina.

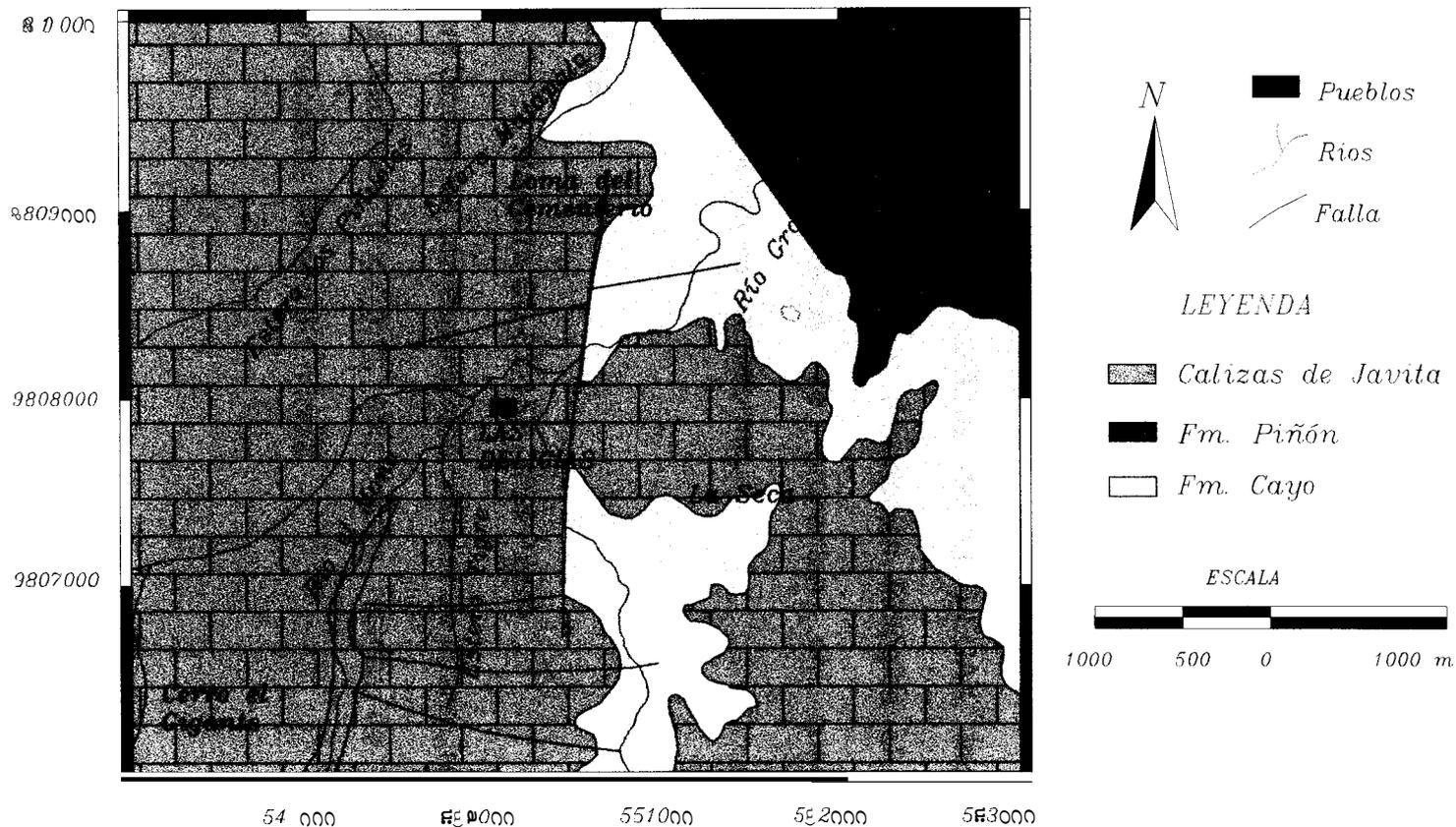
Las Calizas Javita

El término de Calizas Javita fue definido por Stainforth (1948) para calcarenitas claras de grano grueso alternando con capas de conglomerados o brechas, de carácter arrecifal. El contacto inferior era

considerado como similar al de la Formación San Eduardo, es decir que se trata de una discordancia de las calizas sobre la Formación Guayaquil (Bristow y Hoffstetter 1977). Sin embargo, Benítez (1991) observó que las calizas Javita están interestratificadas dentro de lutitas del Eoceno medio, estando esas últimas (y no las calizas) en contacto con la Formación Guayaquil. Afloran en la extremidad Oeste-Noroeste de la Cordillera Chongón-Colonche.

Un muestreo de lutitas ubicadas por debajo y por encima de la caliza propiamente dicha permite precisar la edad de la serie en la quebrada Guangala. El estudio micropaleontológico de foraminíferos bentónicos, foraminíferos planctónicos y radiolarios, permiten determinar que la asociación de los microfósiles allí existentes indican el intervalo Lutetiano Superior-Bartoniano. Sin embargo un estudio en otras muestras establece una edad inferida de Lutetiano superior.

Fig. 2.5 Mapa Geológico Regional Sector Río Candé



CAPITULO 3

2. ANALISIS ESTRATIGRAFICO

3.1 Sedimentología

El análisis sedimentológico fue realizado, utilizando el Microscopio Electrónico de Barrido y Microsonda de Rayos X (MEB-EDAX) por G. Toala, en un total de 3 muestras de roca, correspondientes a los ríos: Paco (CC-02- 157), Diablo (CC-02-215) y Grande (EJ-RG-09).

El procedimiento, previo al análisis del MEB-EDAX, incluye la preparación de las muestras y descripción litológica al estéreo microscopio, los resultados se presentan en cuadros y microfotografías anexas en este informe.

RESULTADOS

Muestra CC-02-157 (Río Paco)

Caliza negra bioclástica con esporádicos cristales de cuarzo, restos de nanofósiles calcáreos (Fig. 3.1), abundantes moldes de algas y cristales de calcita de tamaño 3.5 micras.

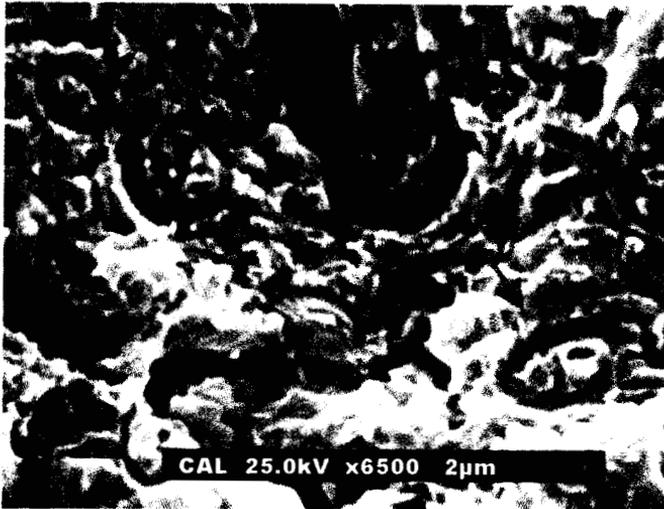


Fig. 3.1 Ampliación fotográfica donde se visualiza abundantes moldes de nanopláncton calcáreo.

Muestra CC-02-215 (Río Diablo)

Caliza negra con matriz de arcilla Illita-Smectita que incluye granos de cuarzo y calcita de tamaños 5 a 30 micras; también se visualizan vetillas de carbón, trazas de pirita framboidal de 5 micras de diámetro y restos de foraminíferos calcitizados (Fig. 3.2 y 3.3).

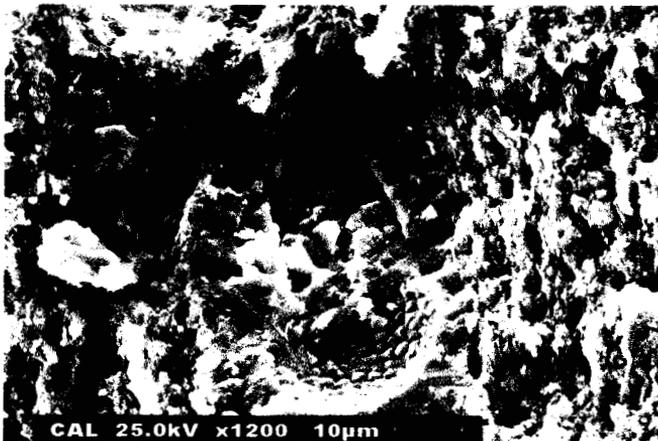


Fig. 3.2 Molde de foraminífero planctónico cristalizado con calcita (Ca).

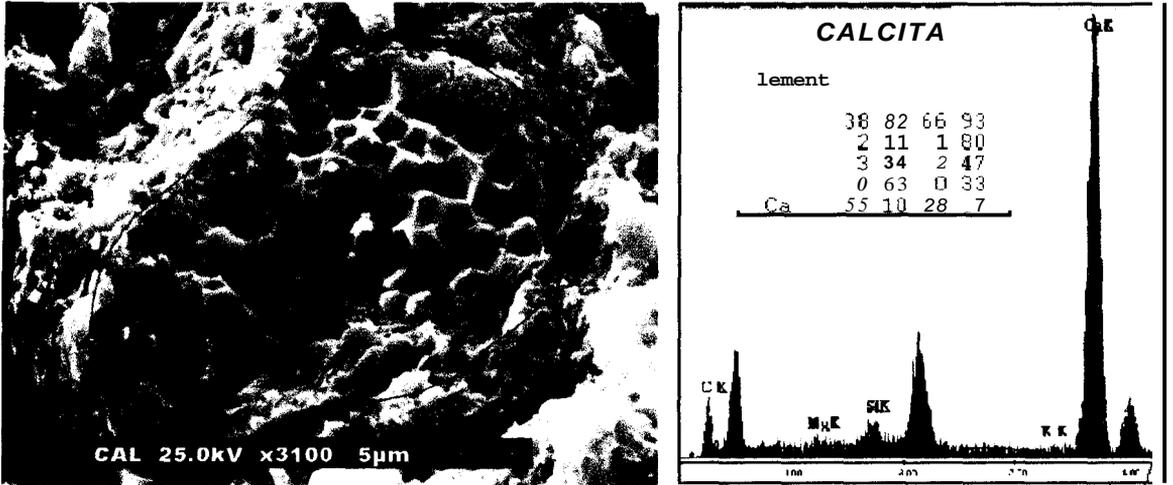


Fig. 3.3 .- Cámara de foraminífero rellena de mineral calcita. Obsérvese a la derecha de la fotografía el espectro y composición elemental del mencionado mineral.

Muestra EJ-RG-09 (Río Grande)

Caliza negra, masiva con inclusiones de cuarzo predominante, pirita, calcita en forma de vetillas y de cristales de tamaño de 5 micras, trazas de apatito y arcilla Illita-esmectita. Se observa también moldes calcitizados de cámaras de foraminíferos (Fig. 3.4)

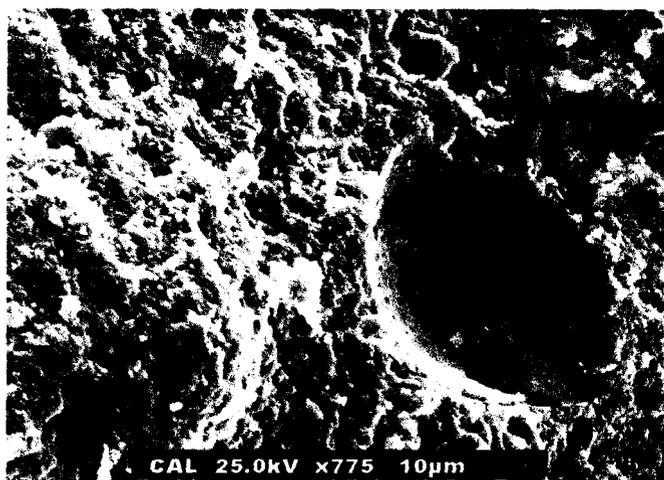


Fig. 3.4 Molde interno de cámara de foraminífero planctónico con crecimiento de calcita (Ca) en sus paredes.

TALBLA 5

LABORATORIO DE MICROSCOPIA ELECTRONICA
ESPECTROMETRIA DE RAYOS X

PROYECTO: TESIS DE GRADO
TIPO DE MUESTRA: APLICACIONES
FECHA DE ANÁLISIS: NOVIEMBRE 2002
REALIZADO POR: ING. GUILLERMO TOALA

CÓDIGO	MUESTRAS	ANÁLISIS ELEMENTAL OXIDOS (%)											MINERAL		
		C	NA	MG	P	S	CL	K	CR	TI	MM	FE		CU	ZN
1.CAL	EJ-RG-09					55		2			40				PIRITA
2.CAL	EJ-RG-09				43	40		05	05						APATITO
3.CAL	EJ-RG-09	40		13	4	20		15	35					CALCITA	
4.CAL	EJ-RG-09			4	20	62		6	44		55			ILLITA-SMECTITA	
5.CAL	CC-02-157			45	15	55		24	14		15			SMECTITA	
6.CAL	CC-02-157	30		4	14			1	49		3			CALCITA	
7.CAL	CC-02-215			3	19	60		25	12		34			ILLITA-SMECTITA	
8.CAL	CC-02-215				4	64					31			PIRITA	

3.2 Análisis Petrográficos

3.2.1 Antecedentes

El análisis petrográfico se realizó a 29 láminas delgadas de muestras provenientes de campañas geológicas realizadas en los Ríos: Paco, Río de la Derecha, Río del Diablo y Río Grande, los cuales están ubicados en dirección Sureste – Noroeste en la Cordillera Chongón Colonche.

El análisis petrográfico se lo realizó con un microscopio polarizante Orthoplan Pol marca Leitz,.

Los parámetros descritos son mineralogía, tamaño de grano, matriz, porosidad, diagénesis.

El objetivo de estos estudios es determinar el tipo de roca, para facilitar la construcción o elaboración de la Columna Estratigráfica.

3.2.2 Clasificación utilizadas para el Análisis Petrográfico

Para la descripción petrográfica de las rocas muestreadas en la zona de estudio se utilizó las siguientes clasificaciones:

Clasificación y nomenclatura de Rocas Ígneas (plutónicas, volcánicas y filonianas) Modificada por la IUGS (1989)

Esta clasificación plantea el sistema QAPF, el cual satisface los requisitos formulados y alcanza el mayor número de rocas comunes.

Esta clasificación se basa en las propuestas de Streckeisen (1964, 1965 y 1967) la cual fue modificada por las International Union of Geological Sciences (IUGS) en el año de 1989 la cual se basa en la proporción modal estimada al microscopio de los componentes minerales de las rocas y ordenados en los polos:

- Q (porcentaje de cuarzo, tridimita y cristobalita).
- A (porcentaje de feldespato alcalino incluyendo ortosa, microclina, pertita, anortoclasa, sanidina y albita de valor hasta An_5).
- P (porcentaje de plagioclasas con rango desde An_5 hasta An_{100} y la escapolita).
- F (porcentaje de feldespatoideos incluyendo nefelina, leucita, kalsilita, seudoleucita sodalita, noseana, hauyna, cancrinita, analcima, etc).

- M (porcentaje de minerales máficos y minerales próximos incluyendo mica, anfíbol olivino, minerales opacos, minerales accesorios y otros como epidota, granate, carbonato etc).

La suma $Q+A+F+M=100$ tomando en cuenta que los minerales del grupo Q y F se excluyen mutuamente

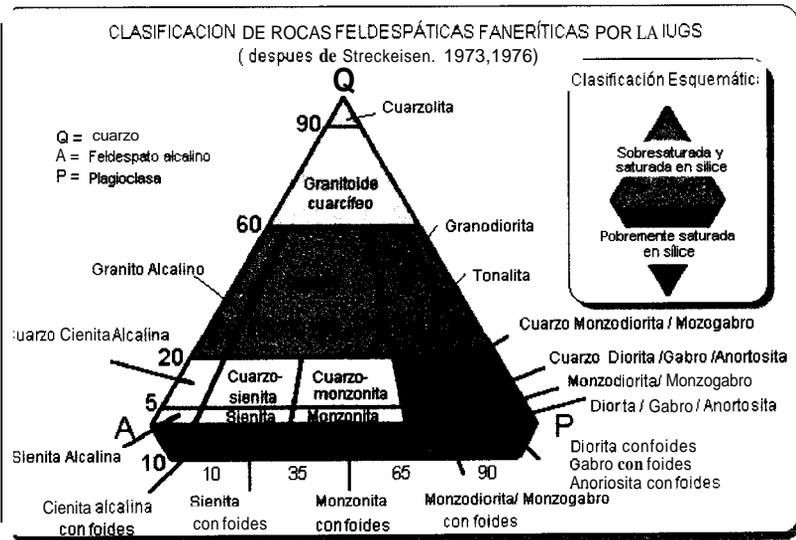


Fig. 3.5 Clasificación de Rocas Feldespáticas Faneríticas IUGS (1973,1976)

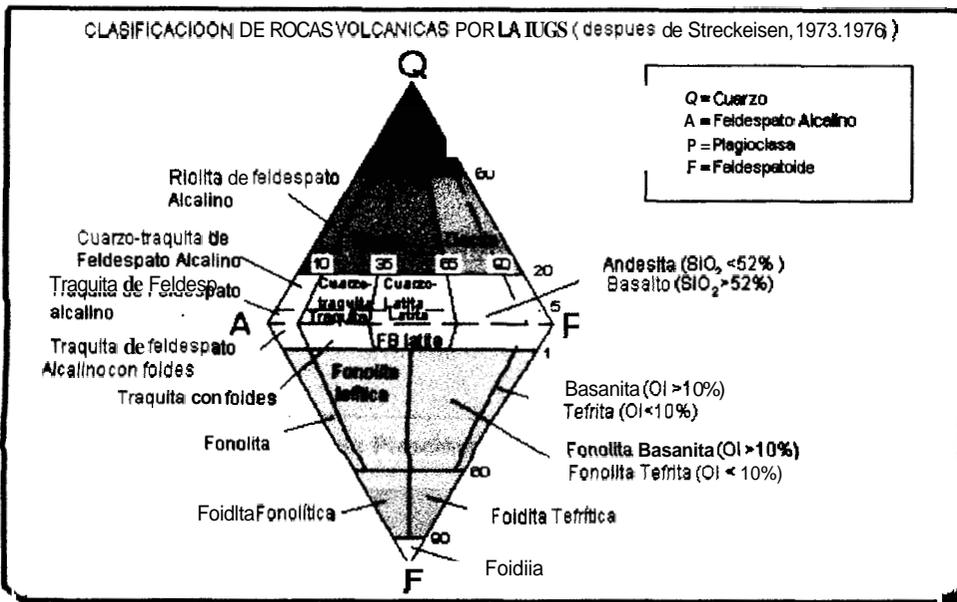


Fig. 3.6 Clasificación de Rocas Volcánicas IUGS (1973, 1976)

Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas por Schid (1981)

Un piroclasto resulta de la fragmentación de un proceso volcánico explosivo: este proceso puede ser variable, esencialmente magmático o hidrovulcánico o bien freático o incluso más complejo pero en todo caso la clasificación de estas rocas responde a criterios genéticos y no a la litología.

Hay muchas clasificaciones propuestas y la de Schmid (1981) parece la más satisfactoria. Esta clasificación aborda un primer criterio basado en la granulometría (tamaño de partículas en milímetros) que es definitorio de la nomenclatura del piroclasto (desde 1/16 mm: ceniza fina, hasta ≥ 64 mm bomba/ bloque) y a continuación

establece el tipo de depósito piroclástico según dos categorías : a) tefra o escoria cuando el depósito no está consolidado y b) roca piroclástica cuando este depósito está consolidado. En este caso son válidas denominaciones como toba de ceniza con lapilli escoriáceo etc.

Clasificación de Rocas Piroclásticas según Schmid (1981)

Diámetro de la partícula	Piroclasto	Tefra	Roca piroclástica
64 mm	Bomba Bloque	Agregado de bombas y bloques	Agregado de bombas y bloques
2 mm	Lapilli	Capa de lapilli, escoria de lapilli	Toba de lapilli
1/16 mm	Partícula de ceniza gruesa	Cenizas gruesas	Toba gruesa
	Partícula de ceniza fina	Cenizas finas	Toba fina

Fig. 3.7 Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas por Schmid (1981)

Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas (Basada en la mezcla de los componentes estructurales)

Esta clasificación se basa en la mezcla de componentes estructurales para lo cual considera tres tipos de componentes: vidrio, fragmentos de roca y cristales. La roca toma el nombre del componente que se encuentra presente en mayor porcentaje (Toba cristalina, Toba lítica,

Toba vítrica) son válidas denominaciones como: Toba vítrica cristalina, Toba lítica cristalina, etc.

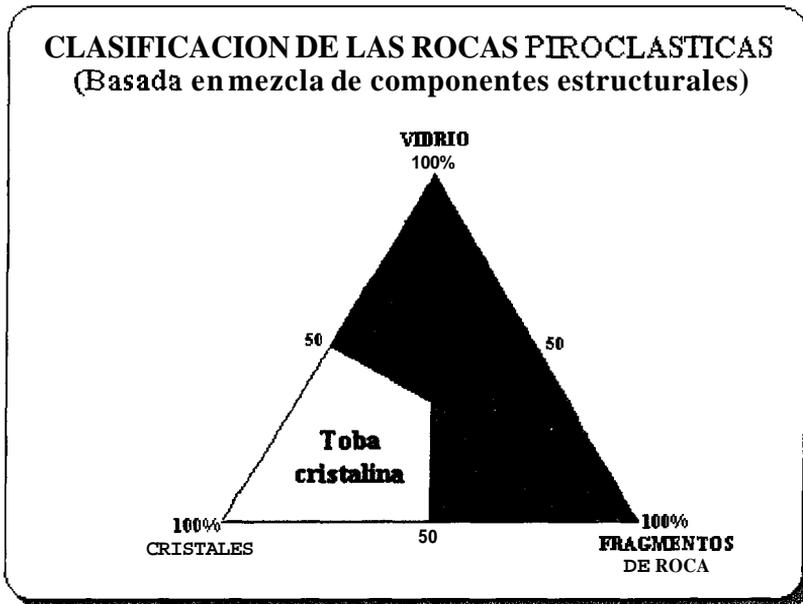


Fig. 3.8 Clasificaciones de las Rocas Piroclásticas (Basada en la mezcla de los componentes estructurales)

CLASIFICACION DE LAS ROCAS CARBONATADAS

Dos de las clasificaciones más ampliamente usadas son las de Folk (1959, 1962) y Dunham (1962). Las denominaciones que se emplean para la roca se indican en letras mayúsculas.

**Clasificación de rocas Carbonatadas
Según Dunham (1962)**

Componentes originales no unidos orgánicamente durante el depósito				Componentes unidos orgánicamente durante el depósito
Contiene lodo carbonático (micrita)			Sin micrita	
Soportada por la matriz (micrita)		Granosoportada		
< 10% de aloquímicos	> 10% de aloquímicos			
MUDSTONE	WACKSTONE	PACKSTONE	GRAINSTONE	BOUNDSTONE

Fig. 3.9 Clasificación de rocas Carbonatadas según Dunham (1962)

**Clasificación de Rocas Carbonatadas
Según Folk (1959,1962)**

Proporciones volumetricas de aloquímicos		> 10% de aloquímicos		< 10% de aloquímicos	
		Calcita esparítica > micrita	Micrita > calcita esparítica	1- 10% de aloquímicos	<1% de aloquímicos
< 25% de intraclastos	> 25% de intraclastos	INTRAESPARITA	INTRAMICRITA	Co mo n e n t e s a l o q u i m i c o s a b u n d a n t e	MICRITA o si se observa zonas esparíticas DISMICRITA
	> 25% de ooides	OOESPARITA	OOMICRITA		
	de 3:1 a 1:3	BIOESPARITA	BIOMICRITA		
	< 1:3	PELESPARITA	PELMICRITA		
< 25% de ooides Relación en volumen Bioclastos : peloides				Co m o n e n t e s a b u n d a n t e	MICRITA o si se observa zonas esparíticas DISMICRITA
				BIOLITO Rocas arrecifales y biohermales sin modificar	

Fig. 3.10 Clasificación de rocas Carbonatadas según Folk (1959,1962)

3.2.3 Resultados de los Análisis Petrográficos

Las muestras analizadas corresponden a calizas, margas, basalto y tobas.

Las tobas corresponden a hialoclastitas de matriz cinerítica depositadas en ambiente subacuó.

Las calizas presentes se tratan de mudstone o calizas micrítica de color gris oscuro a negra, las cuales presentan olor a hidrocarburo cuando son sometidas a fracturamiento.

Las margas son rocas arcillosas entremezclada con carbonato depositadas en un ambiente subacuó revelado por la presencia de microfósiles.

A continuación se muestran los resultados de los análisis petrográficos realizados en los Ríos Paco, Derecha, Diablo y Grande en las tablas 6,7,8 y 9.

TABLA 6

MUESTRA	NOMBRE PETROGRAFICO	MATRIZ	% DE MATRIZ	POROSIDAD	MINERALES CARACTERISTICOS Y/O ACCESORIOS
C-02-161	Caliza Micritica	Micrita	92.1	Nula	Microfósiles, feldespatos, glauconita.
C-02-163	Basalto	Vidrio y microlitos de plagioclasa	70.5	Nula	Plagioclasa, calcita y minerales opacos
C-02-164	Caliza Micritica	Micrita	97.7	Nula	Microfósiles y minerales opacos..
C-02-165	Toba vitrea , Toba cineritica gruesa	Vidrio	87	Nula	Plagioclasa, fragmento de roca y minerales opacos.
C-02-167	Toba vitrea , Toba cineritica fina	Vidrio	92.4	Nula	Plagioclasa, calcita y minerales opacos
C-02-168	Toba vitrea silicea	Vidrio	84.7	Nula	Plagioclasa y minerales opacos

TABLA 7

MUESTRA	NOMBRE PETROGRAFICO	MATRIZ	% DE MATRIZ	POROSIDAD	MINERALES CARACTERISTICOS Y/O ACCESORIOS
	Toba cineritica fina				
EJ-C-03	Toba vitrea cristalina, Toba cineritica	Vidrio	56.8	Nula	Plagioclasa, fragmento de roca, cuarzo y minerales opacos.
EJ-C-10	Marga	Calcarea-Arcillosa	69.6	Nula	Microfosiles,espatita, cuarzo.
					opacos.
EJ-C-13	Toba cineritica Toba cristalina, Toba cineritica gruesa	Vidrio	39.1	Nula	Espatita, cuarzo, plagioclasa y piroxeno.
EJ-C-16	Toba vitrea , Toba cineritica fina	Vidrio	88.8	Nula	Plagioclasa, espatita, frag. de roca, piroxeno, cuarzo y minerales opacos.
EJ-C-17	Marga	Calcarea-Arcillosa	92.3	Nula	Cuarzo, fragmento de roca,, microfósiles y piroxeno.
EJ-C-22	Toba vitrea cristalina, Toba cineritica gruesa	Vidrio	33.2	Nula	Plagioclasa, fragmento de roca, piroxeno y espatita.
EJ-C-23	Toba vitrea , Toba cineritica gruesa	Vidrio	88	Nula	Plagioclasa, espatita, minerales opacos y cuarzo.

TABLA 8

MUESTRA	NOMBRE PETROGRAFICO	MATRIZ	% DE MATRIZ	POROSIDAD	MINERALES CARACTERISTICOS Y/O ACCESORIOS
	Toba cineritica gruesa				
ccm-199	Toba soldada	Vidrio	69.7	Nula	Fragmento de roca, plagioclasa, calcedonia y piroxeno
cc-02-210	Basalto	Vidrio		Nula	Plagioclasa, piroxeno, vidrio y minerales opacos

TABLA 9

**RESUMEN PETROGRAFICO
RIO GRANDE**

MUESTRA	NOMBRE PETROGRAFICO	MATRIZ	% DE MATRIZ	POROSIDAD	MINERALES CARACTERISTICOS Y/O ACCESORIOS
EJ-RG-01	Caliza esparitica	Espatita	58.7	Nula	Vidrio, restos de concha, fragmentos de roca, cuarzo, minerales opacos.
EJ-RG-02	Caliza fosilifera Biomicrita	Micrita	51	Nula	Microfosiles, espatita.
EJ-RG-05	Marga	Calcarea-Arcillosa	95.6	Nula	Microfosiles, espatita, cuarzo.
EJ-RG-08	Toba vitrea , Toba cineritica gruesa	Vidrio	95.2	Nula	Plagioclasa, cuarzo.
EJ-RG-14	Toba vitrea , Toba cineritica fina	Vidrio	85.3	Nula	Hidrocarburo, microfosiles, espatita, cuarzo, glauconita.
EJ-RG-16	Toba vitrea , Toba cineritica fina	Vidrio	97.3	Nula	Cuarzo.
EJ-RG-17	Basalto	-	-	Nula	Plagioclasa, piroxeno, anfíbol, minerales opacos.
EJ-RG-20	Toba vitrea cristalina, Toba cineritica gruesa	Vidrio	46.5	Nula	Plagioclasa, fragmento de roca, cuarzo, piroxeno.
EJ-RG-21	Toba vitrea , Toba cineritica fina	Vidrio	83.1	Nula	Espatita, cuarzo.

FIG. 3.11 MICROFOTOGRAFÍAS (RÍO PACO)

- A) CALIZA MICRITICA.-** NOTESE LA MATRIZ MICRITICA COLOR CAFÉ OSCURO TEÑIDA POR HIDROCARBURO.
MUESTRA CC-02-161 NICOLES PARALELOS AUMENTO 6.3X
- B) CALIZA MICRITICA.-** NOTESE LA ESPATITA EN MATRIZ MICRITICA.
MUESTRA CC-02-164 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 32X
- C) TOBA VITREA.-** MATRIZ VITREA CINERITICA MUY FINA EN LA CUAL FLOTAN PEQUEÑOS CRISTALES DE CUARZO.
MUESTRA CC-02-165 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X
- D) TOBA SILICEA.-** NOTESE LA MATRIZ VITREA DEVITRIFICADA A SILICE DANDO UNA BIRREFRINGENCIA SIMILAR AL CUARZO.
MUESTRA CC-02-168 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X

Fig. 3.11 Microfotografías (Río Paco)

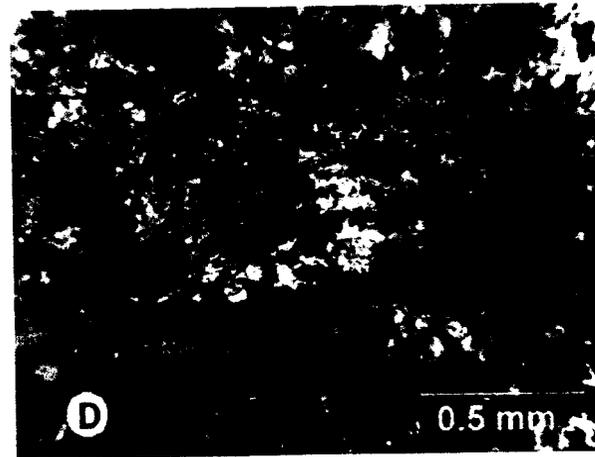
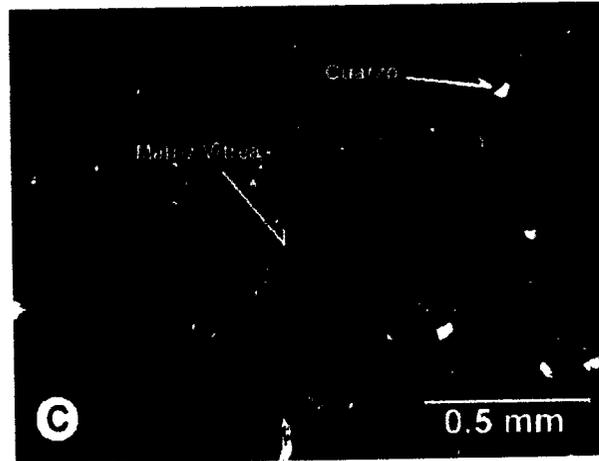
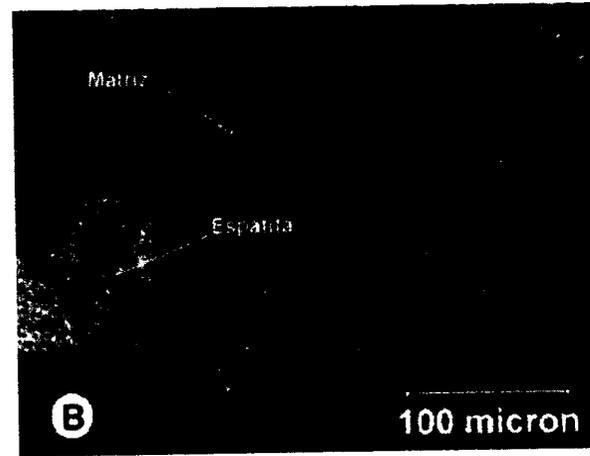
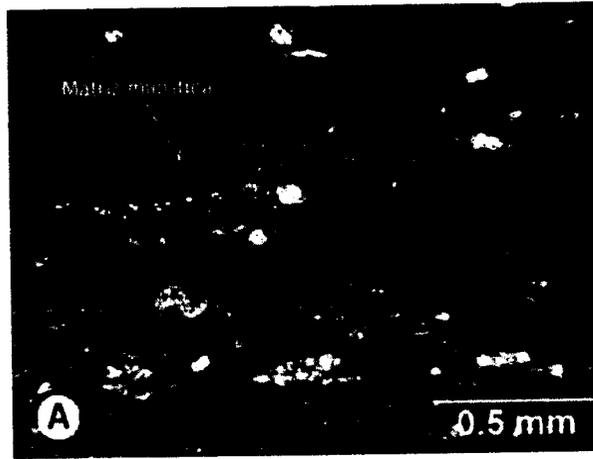


FIG. 3.12 MICROFOTOGRAFÍAS (RÍO DE LA DERECHA)

- A) TOBA VITREA.-** NOTESE LA MATRIZ VITREA CINERITICA MUY FINA.
MUESTRA EJ-C-01 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 32X
- B) TOBA CRISTALINA.-** NOTESE LOS CRISTALES DE FORMAS AGUADAS (ANGULOSOS); PRODUCTO DE VOLCANISMO EXPLOSIVO.
MUESTRA EJ-C-03 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X
- C) TOBA VITREA.-** NOTESE LOS CRISTALES DE CUARZO FLOTANDO EN UNA MATRIZ VITREA CINERITICA MUY FINA, TAMBIEN LA ESPATITA DISPUESTA A MANERA DE PARCHES SOBRE LA MATRIZ.
MUESTRA EJ-C-11 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X
- D) MARGA.-** NOTESE UN CRISTAL IDIOMORFICO DE PLAGIOCLASA FLOTANDO EN UNA MATRIZ CALCAREA-ARCILLOSA LA CUAL PRESENTA TEXTURA DE VASIJAS ROTAS.
MUESTRA EJ-C-17 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 32X

Fig. 3.12 Microfotografías (Río Derecha)

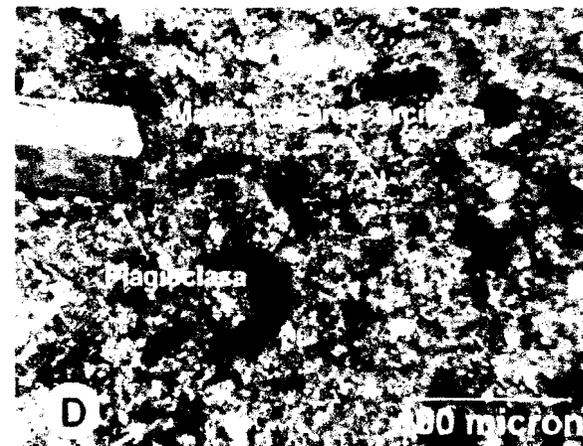
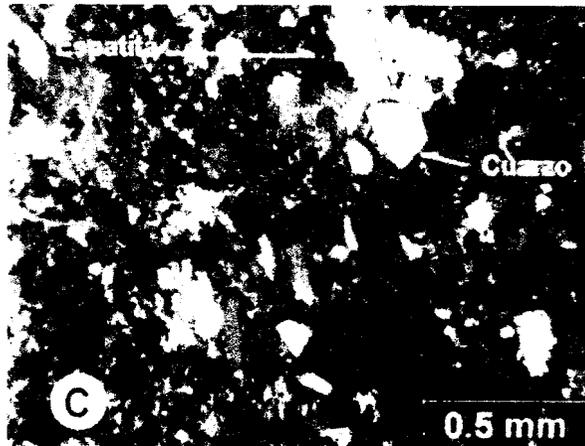
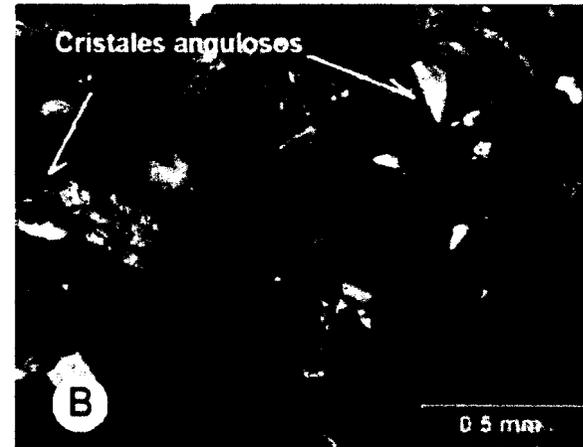
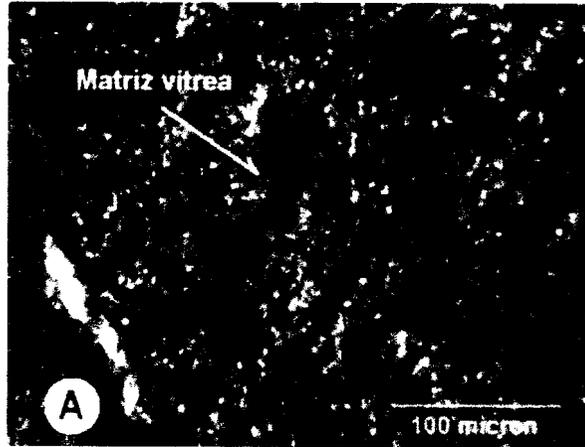


Fig. 3.13 Microfotografías (Río Derecha ; Río Diablo)

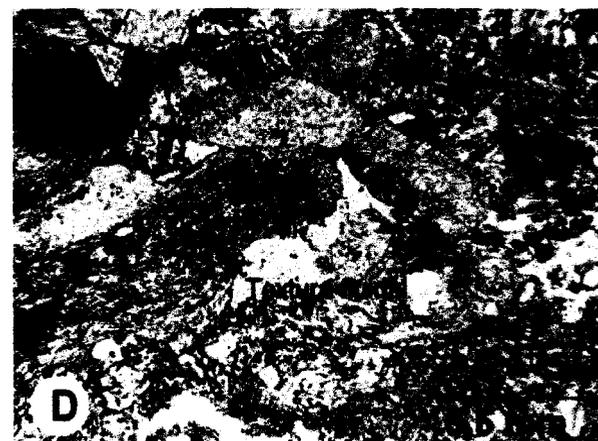
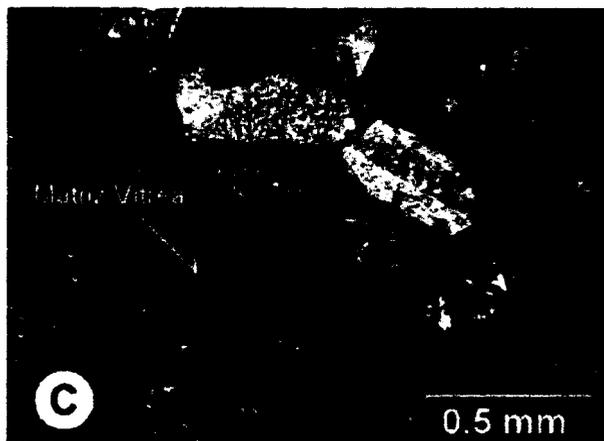
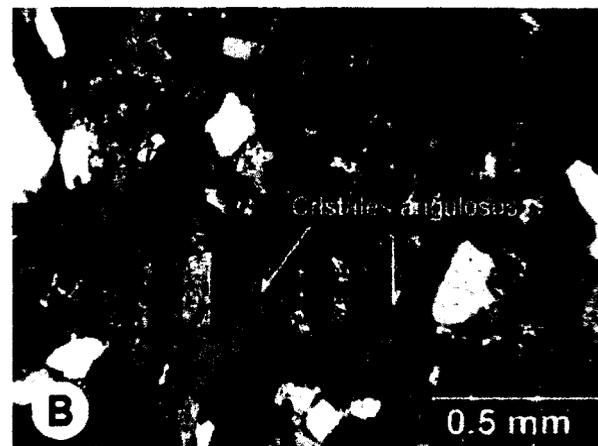
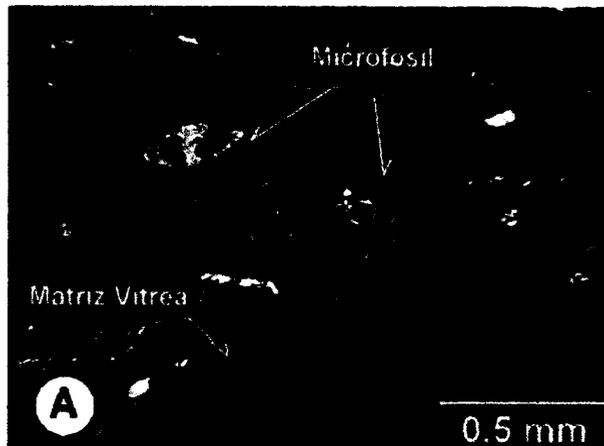
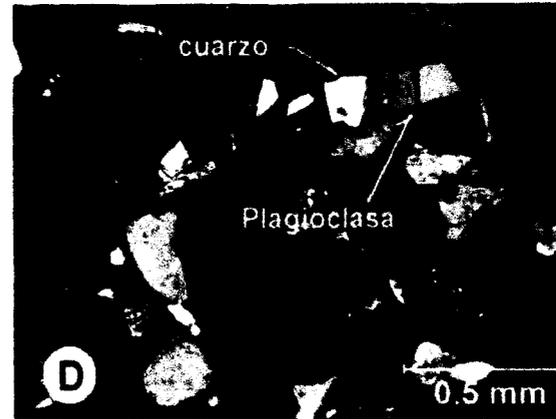
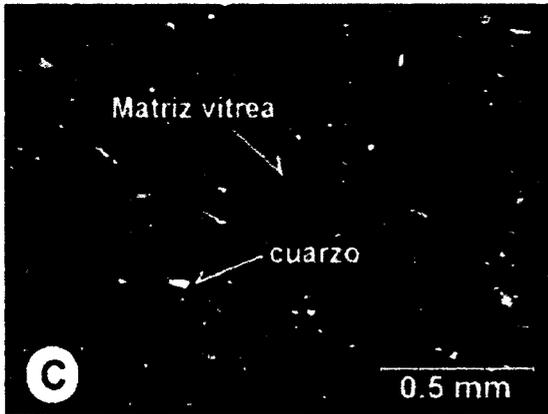
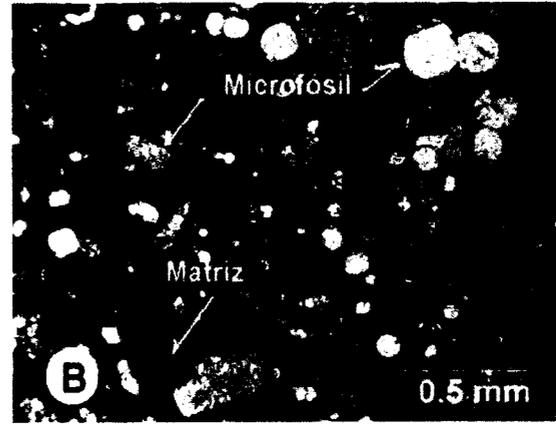
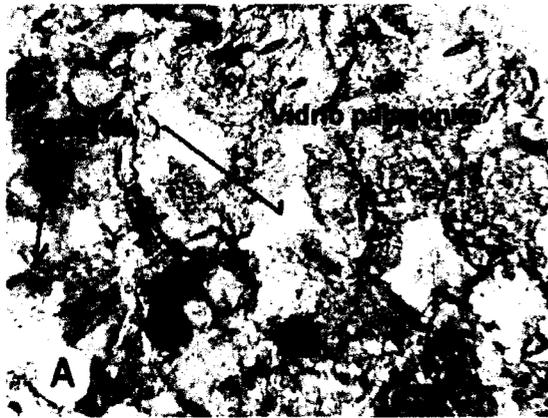


FIG. 3.14 MICROFOTOGRAFÍAS (RÍO GRANDE)

- A) CALIZA ESPARITICA.-** NOTESE VIDRIO PALAGONITICA DE COLOR DORADO Y CALCITA ESPARITICA.
MUESTRA EJ-RG-01 NICOLES PARALELOS AUMENTO 6.3X
- B) CALIZA FOSILIFERA.-** MATRIZ MICRITICA TEÑIDA POR HIDROCARBURO EN LA CUAL FLOTAN MICROFOSILES (FORAMINIFEROS).
MUESTRA EJ-RG-02 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X
- C) TOBA VITREA.-** MATRIZ VITREA CINERITICA MUY FINA EN LA CUAL FLOTAN PEQUEÑOS CRISTALES DE CUARZO.
MUESTRA EJ-RG-08 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X
- D) TOBA CRISTALINA.-** NOTESE LA FORMAS AGUDAS DE LOS CRISTALES DE PLAGIOCLASA Y CUARZO PRODUCTO DE UN VOLCANISMO EXPLOSIVO.
MUESTRA EJ-RG-20 NICOLES CRUZADOS AUMENTO 6.3X

Fig. 3.14 Microfotografías (Río Grande)



3.3 Análisis Bioestratigráfico

Estudios Anteriores

Formación Piñón.- La Formación Piñón está constituida por basaltos afaníticos (Feldespatos An 50 – 80) con estructura almohadillada. Ha sido datada en la Cordillera Costera como Aptiano Superior- Albiano mediante estudios radiométricos según Goosens y Rose (1973 110y 104 Ma.) y Kennerley (1980, 113 y 10 Ma.).

Según Lebrart 1985 son lavas Toleíticas pertenecientes al MORB.

La Formación Piñón constituye restos de una corteza oceánica acrecionada pertenecientes al Cretáceo inferior.

Formación Calentura.- Según Thalmann 1946, en la vieja cantera Calentura, en la actualidad ciudadela Peñón del Río, tiene un espesor de aproximadamente 12 m. conforman la base de Cayo constituidas por calizas y lutitas calcáreas finamente estratificadas de color negro o gris oscuro.

La formación Calentura es conocida en el área de Guayaquil y parte Este de la Cordillera Chongón Colonche pero no al Oeste. Esta formación es atribuida a sedimentos pelágicos marino profundo depositados entre Cenomaniano y Coniaciano Temprano sobre la Formación Piñón. Según Etienne Jaillard et al., la Base de Cayo o

miembro Calentura fue estudiado en el Estero Guaraguau, afluente del Río Paco, el cual corre en el contacto Cayo-Piñón.

La presencia de nanofósiles confirma el ambiente marino (Jiménez 1988)

La Formación Calentura sobreyace a la formación Piñón y tiene un espesor de 200 m. en una sucesión de lutitas, calizas negras laminadas y capas finas de grauwacas, depósitos pelágicos y capas delgadas de brechas volcánicas y hialoclastitas según (Alvarado y Santos) 1983 y Benítez 1990

Según Thalmann 1946 la asignación de la edad de Calentura no es más vieja que el Cenomaniano y no mas joven que el Turoniano según los fósiles: *Globigerina cretacea* D'ORBIGNY, *Guembelina cf. striata* (EHRENBERG), *G. cf. paucistriata* ALBRITTON, *G. cf. globulosa* (REUS) , *Globotruncana cf. renzi* THALMANN, *Globorotalia sp.* , *Flabellamina sp.*, *Nodosaria sp.*, *Bolivina sp.* An *Rheophax* sp.

Marks 1956 dató como Turoniano superior según los macrofósiles *Inoceramus plicatus*, *I. roemeri* y *I. striata* .

Según Bristow 1976 ,discutiendo el rango de los microfósiles determinados por Thalmann, propone una edad posiblemente Turoniano y más probablemente Senoniano.

Alvarado y Santos (1983) mencionan radiolarios y el foraminífero planctónico *Globotruncana cf. praehelvetica*, la cual confirma la edad Cenomaniano – Turoniano.

Según (Gamber et al 1990 ; Marksteiner y Alemán 1991) determinaron los foraminíferos bentónicos : *Pleurostomella cf. greatvalleyensis*, *Gavelinella sp.*, *Lenticulina sp.* Y los radiolarios *Stychomitra cf. asymbatos*, *Theocampe cf. ascalia* y *T. tina*. Entre los nanofósiles calcáreos: *Lithastrinus floralis*, *Marthasterites furcatus*, *Eiffelithus eximius*, *Quadrum gartneri*, con formas Turonianas : *Corollithion achylosum*, *Lithastrinus planus* y *L. florales*.

Dicha microfauna indican el intervalo Turoniano Superior a Coniaciano inferior.

R. Marocco 1992 (comunicación personal) confirma la edad dada por Thalmann con el descubrimiento de un molde de un ammonite Turoniano.

Formación Cayo

La Formación Cayo aflora a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche desde Guayaquil hasta Puerto Cayo sobreyaciendo al basamento Cretáceo inferior llamado Piñón. La potencia de la

Formación Cayo es de aproximadamente unos 3000 m. y abarca todo el Cretáceo Superior.

La Formación Cayo es una sucesión de areniscas volcánicas de grano grueso , conglomerados, turbiditas de alta y baja densidad con intercalaciones de lutitas. Foraminíferos Planctónicos y dyncocysts, que indican una edad Santoniano Tardío a Maastrichtiano (Thalman 1946, Bristow 1976, Benítez 1990, Gamber et al 1990).

Los foraminíferos presentes indican proveniencia marina somera y transporte directa de paleocorrientes con dirección hacia el Oeste, esta formación es atribuida a la erosión del relieve volcánico (Wallrabe-Adams 1990, Marksteiner y Alemán 1991)

El tope del Cretáceo aflora en la ciudad de Guayaquil en las canteras y avenidas septentrionales.

También aflora el limite Mesozoico y Terciario el cual fue establecido por Benítez y Ordóñez (1990) mediante foraminíferos planctónicos y la AMOCO (1991) por palinomorfos.

Según Gabriele Hofherr (1981) data mediante el análisis de 3 ejemplares, El Inoceramus (Sphaenoceramus) angustus Beyenburg. El cual da una edad de Campaniano Inferior.

La Amoco (1991) Determina para la base de la formación Cayo los siguientes foraminíferos: *Rzehakina epigoma* (Campaniano Medio)

Entre los *Dinocyst*: *Cerodinium pannuceum* (Santoniano- Paleoceno),
Dinogymnium acuminatum (Santoniano- Maastrichtiano).

Para la parte superior de Cayo (Formación Guayaquil) determina los siguientes nanofósiles calcáreos: *Watznaueria barnesae*, *Micula staurophora*, *Cretarhabdus crenulatus*, *Thoracosphaera spp.* Entre los *dinocyst*: *Manumiella druggii*, *Manumiella seelandica*, *Palaeocystodinium sp.* entre los radiolarios : *Dictyonnitra*, *Amphipyndax*, *Theocampe spp.*

En conjunto dan una edad relativa Maastrichtiano Tardío.

Análisis Bioestratigráfico del Río de la Derecha

En conclusión se tiene que las muestras 32-38-39- 42 han sido datadas como Campaniano Medio, mientras que las muestras 07- 08- 12, su edad se encuentra en Cretáceo tardío (Cenomaniano- Maastrichtiano). Ver Fig. 3.15

En general, el nivel de aproximadamente 200 m., compuesto por margas, lutitas calcáreas intercaladas con tobas, el cual se encuentra en contacto con las lavas de la Formación Piñón, según la datación por M. Ordóñez , J. Suárez , N. Jiménez, corresponden a la Formación Cayo. El rango de edad en la base de este nivel varía mucho para ser considerado como Miembro Calentura.



Río de la Derecha

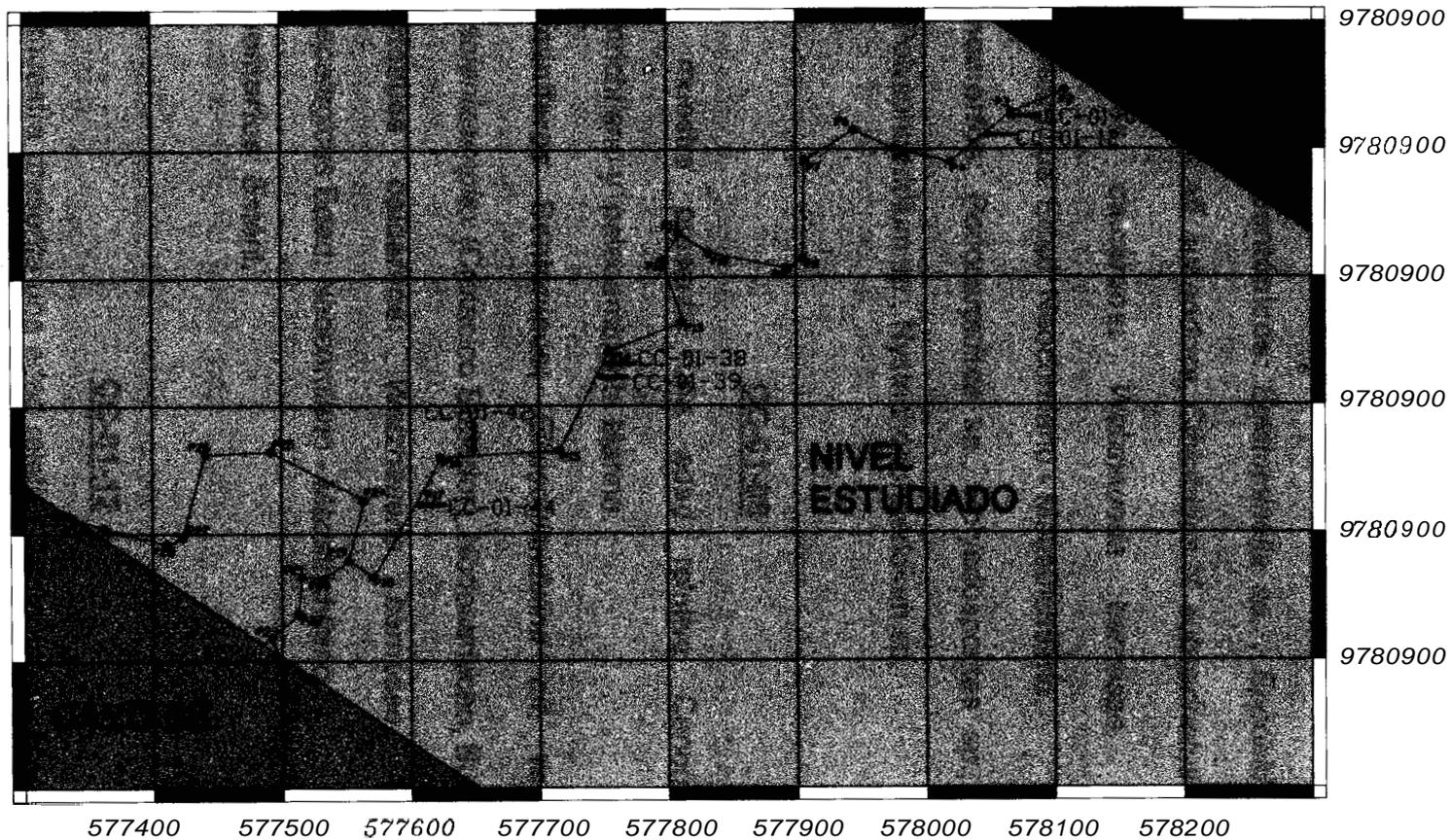


Fig. 3.15 Ubicación de muestras en el Río de la Derecha.

CC-01-07

Esta muestra presenta una edad relativa Cenomaniano – Maastrichtiano y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Epistominella sp.* , *Epponides simplex*, *Pleurosfomella aff. subnodosa*, *Cibicibides cf. subcarinafus*

Nanofósiles calcáreos: *Wafznaueria barnesae*, *Coccolifhus paenepelagicus*. Edad: Neocomiano - Maastrichtiano.

Palinomorfos: *Podocarpidites sp.*, *Polyadosporites sp.*, *Tricolpites sp.*, *Polysphaeridium sp.*, *Nystrichosphaeridium sp.*

CC-01-08

Esta muestra presenta una edad relativa Cenomaniano – Maastrichtiano y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Ellipsoglandulina aff. velascoensis*, *Entosoleniasimplex* (Cretacico Superior), *Nodosariaceo*, *Bulimina sp.*

Nanofósiles calcáreos: *Wafznaueria barnesae*, *Coccolifhus paenepelagicus* Edad: Neocomiano - Maastrichtiano.

Palinomorfos: Estéril.

cc-01-12

Esta muestra presenta una edad relativa Santoniano – Maastrichtiano y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: Estéril.

Nanofósiles calcáreos: *Watznaueria barnesae*, *Coccolithus paenepelagicus*, Edad: Neocomiano – Maastrichtiano.

Palinomorfos: *Gymnodinium nelsonense* (Santoniano - Maastrichtiano), *Gymnodinium sp.*, *Tricolporites sp.*, *Hystriosphæridium sp.*, *Cyathidites sp.*, *Echinatisporites sp.*

CC-01-38

Esta muestra presenta una edad relativa Campaniano Medio y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Bolivina incrassata* (Campaniano – Maastrichtiano), *Globorotalites spineus* (Campaniano – Maastrichtiano), *Marginulina cf. elongata*, *Lenticulina sp.*, *Globulina sp.*, *Dentalina aaf. lomeiana*, *Lagena sp.*

Radiolarios: *Amphipyndax pseudoconulus* (Campaniano), *Pseudoaulophacus floresensis* (Campaniano – Maastrichtiano medio), *Pseudoaulophacus lenticulatus* (Campaniano medio), *Dictyomitra multicostata*, *Dictyomitra aff. andersoni*.

Nanofósiles calcáreos: *Watznaueria barnesae*, *Coccolithus sp.*, *Micula cf. decussata*, *Tetralithus nitidus* (Campaniano), *Tetralithus sp.*, *Coccolithus pelagicus*.

Palinomorfos: Estéril.

CC-01-39

Esta muestra presenta una edad relativa Campaniano Medio y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Spiroplecfammina sp.*, *Bolivina cf. selmeensis*.

Radiolarios: *Dictyomitra multicosafa*, *Pseuaulophacus lenticulatus* (Campaniano medio), *Radiolario Nassellario Cytellario*.

Nanofósiles calcáreos: *Wafznaueria barnesae*, *Tetralithus nifidus* (Campaniano).

Palinomorfos: *Calialasporites sp.*, *Triletes sp.*

cc-01-42

Esta muestra presenta una edad relativa Campaniano y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Marginulina sp.*, *Gyroidina aff. globosa*.

Radiolarios: *Radiolario Spumellario Discoideo*.

Nanofósiles calcáreos: *Wafznaueria barnesae*, *Coccolithus sp.*, *Tetralithus nifidus* (Campaniano)

Palinomorfos: *Gymnodinium* sp., *Hystrichosphaeridium* sp., *Araucariacites* sp., *Dictyophyllidites* cf. *hanisii*.

CC-01-44

Esta muestra presenta una edad relativa Santoniano - Maastrichtiano y paleoambiente Marino.

Foraminíferos Bentónicos: *Marginulina* sp., *Epistominella* sp. (Cretácico superior – Holoceno).

Nanofósiles calcáreos: *Watznaueria barnesae* (Neocomiano - Maastrichtiano), *Coccolithus* sp.

Palinomorfos: *Dinogymnium acuminatum* (Santoniano - Maastrichtiano), *Tricolpites* sp., *Monoletes* sp., *Echinatisporites* sp., *Baltisphaeridium* cf. *sparsun*.

Fíg. 3.16 Microfósiles (Río de la Derecha)

1. *Bolivina incrassata*, muestra CC-01-038
2. *Dictyomitra multicosata*, muestra CC-01-038
3. *Arnhipyndax pseudoconulus*, muestra CC-01-038
4. *Pseudoaulophacus florensis*, muestra CC-01-038
5. *Pseudoaulophacus lenticulatus*, muestra CC-01-038
6. *Dictyomitra andersoni*, muestra CC-01-038
7. *Cibicides sp.*, muestra CC-01-038
8. *Marssonella oxycona*, muestra CC-01-039

Microfósiles (Rio de la Derecha)

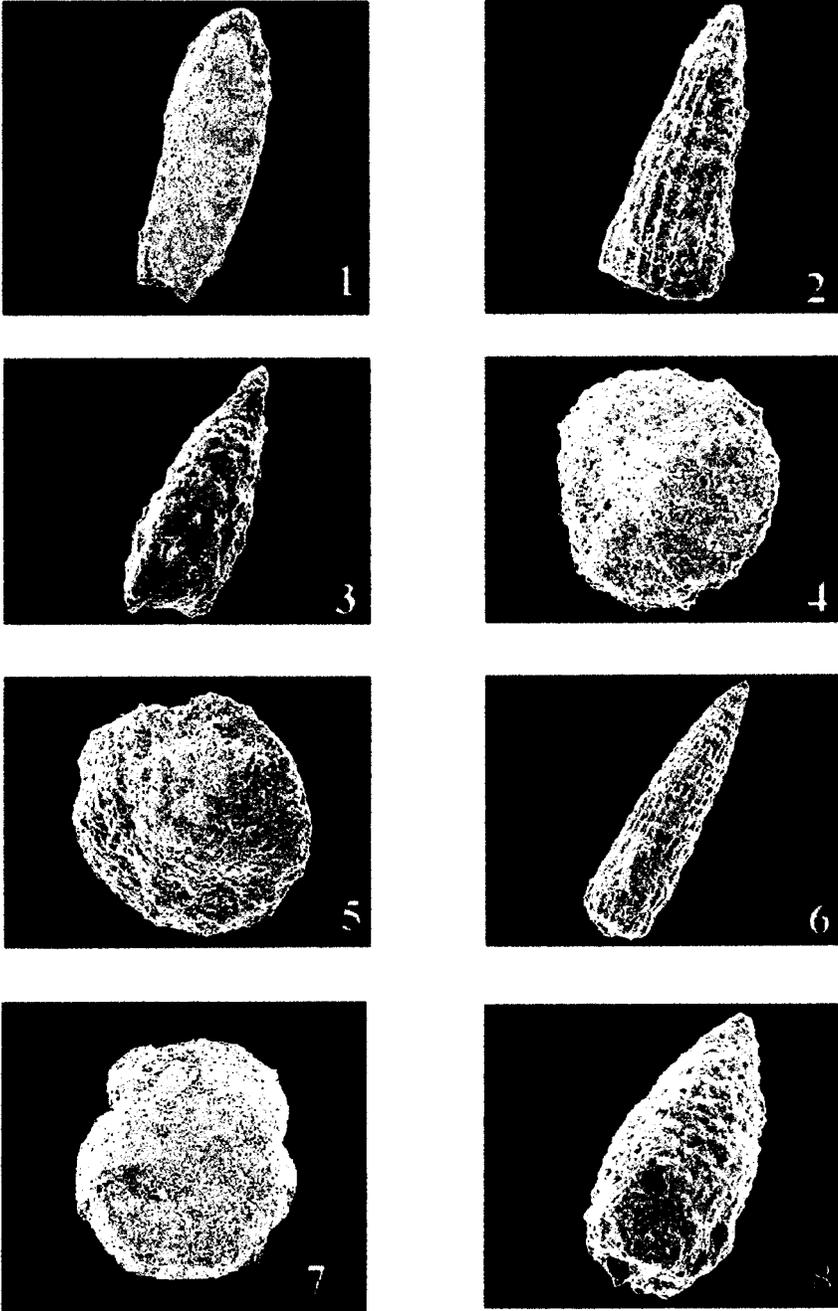


Fig. 3.16 Microfósiles (Río de la Derecha)

Macrofósiles

Se han encontrado molde de Inoceramus en las calizas de los siguientes ríos : Río Paco, Río Diablo y Río Grande. Estas calizas tienen como factor común la emanación de olor a hidrocarburo cuando éstas son sometidas a esfuerzos.

Se encontró la concha de un Inoceramus en el Rió Guaraguau. La muestra fue tomada de las siguientes coordenadas: (595885 , 9775745).

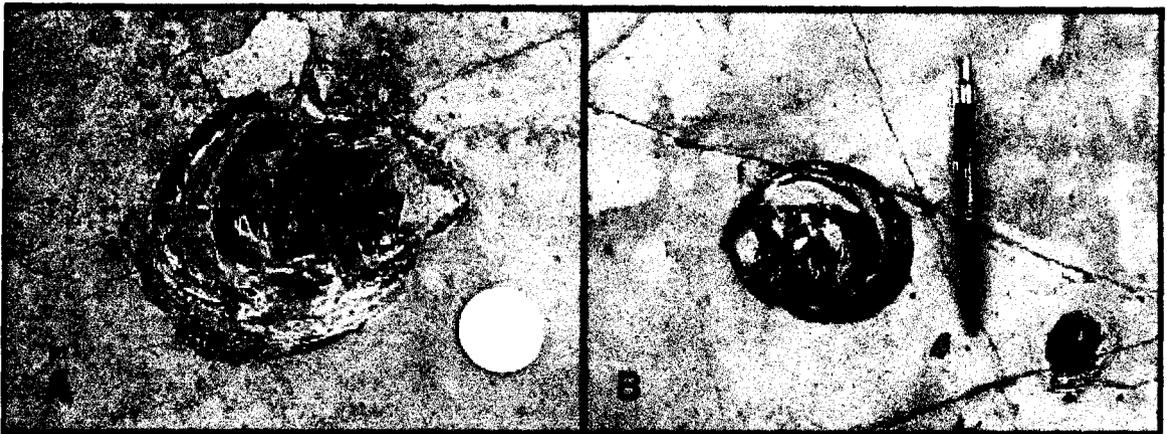


Fig. 3.17 Conchas de Inoceramus en estratos de caliza (Río Guaraguau)

La identificación de este Inoceramus fue realizada por La Dra. Annie Dhondt, del Museo Real de Ciencias Naturales de Bélgica a Bruselas. Los Inoceramus están muy aplastados pero parte de la concha esta preservada.

Según la ornamentación, se trata probablemente de ejemplares de *Inoceramus anglicus* según Woods (1911), sin que se trate de esta especie propiamente dicha.

En el trabajo de CRAME, J.A., 1985: "Lower Cretaceous inoceramid bivalves from Antarctic Peninsula region. Paleontology , vol. 28, p 475-525." El autor describe cuatro taxones de este grupo, pero es imposible precisar a cuál taxón pertenecen los *Inoceramus* de esta muestra, debido a su estado de preservación, pero Crame da una edad relativamente precisa para el "*Inoceramus anglicus Group*" : principalmente Albiano medio- superior, también posible Albiano inferior y Cenomaniano inferior.

El *Inoceramus anglicus* fue determinado también en la base de la Basal Napo de la sección del Río Misahuallí de edad base Albiano superior según Jaillard (1997).

3.4. Análisis Secuencial

Para el análisis secuencial del área en estudio, se procedió a realizarlo quebrada por quebrada, es decir, de forma detallada en cada uno de los sitios visitados.

Estratigrafía sector Las Iguanas (La Compañía)

Para el levantamiento estratigráfico en este sector, se tomó un afloramiento de aproximadamente 8 m. de altura, el mismo que se encuentra en el carretero hacia la Cooperativa Las Iguanas, en el sitio denominado La Compañía (Fig. 3.18). Específicamente, dicho afloramiento corresponde a las coordenadas: 615858 , 9769685.

Su estratigrafía comprende :

- En su base presenta capas decimétricas (15-20cm.) de calizas gris oscuras (CC-02-140), intercaladas con capas de 10 cm. aproximadamente de lutitas calcáreas de color gris verdoso; esta alternancia se observa por 2m.



Fig. 3.18 Afloramiento cooperativa Las Iguanas

- Posteriormente se tiene una capa de 30 cm. de grauwaca, color crema amarillento claro (CC-02-142), grano medio-grueso, ligeramente densa, friable; sigue capas decimétricas (25 cm.) de margas silicificadas color café (CC-02-141 ; 143), densa y se presenta en alternancias con capas centimétricas (9 cm.) de lutitas calcáreas color gris oscuro; esta secuencia se da por aproximadamente 1.60 m.; de allí continúa una capa de 50 cm. de grauwaca color pardo amarillenta, grano grueso.

- Luego se presenta una alternancia por 4 m. aproximadamente entre capas decimétricas (30 cm.) de caliza gris oscura (CC-02-144), con capas decimétricas (20 cm.) de lutita calcárea de color café terroso y capas decimétricas (25 cm.) de la grauwaca, pardo amarillenta.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA SECTOR LAS IGUANAS
SITIO LA COMPAÑIA

Coordenadas 615858 9769685

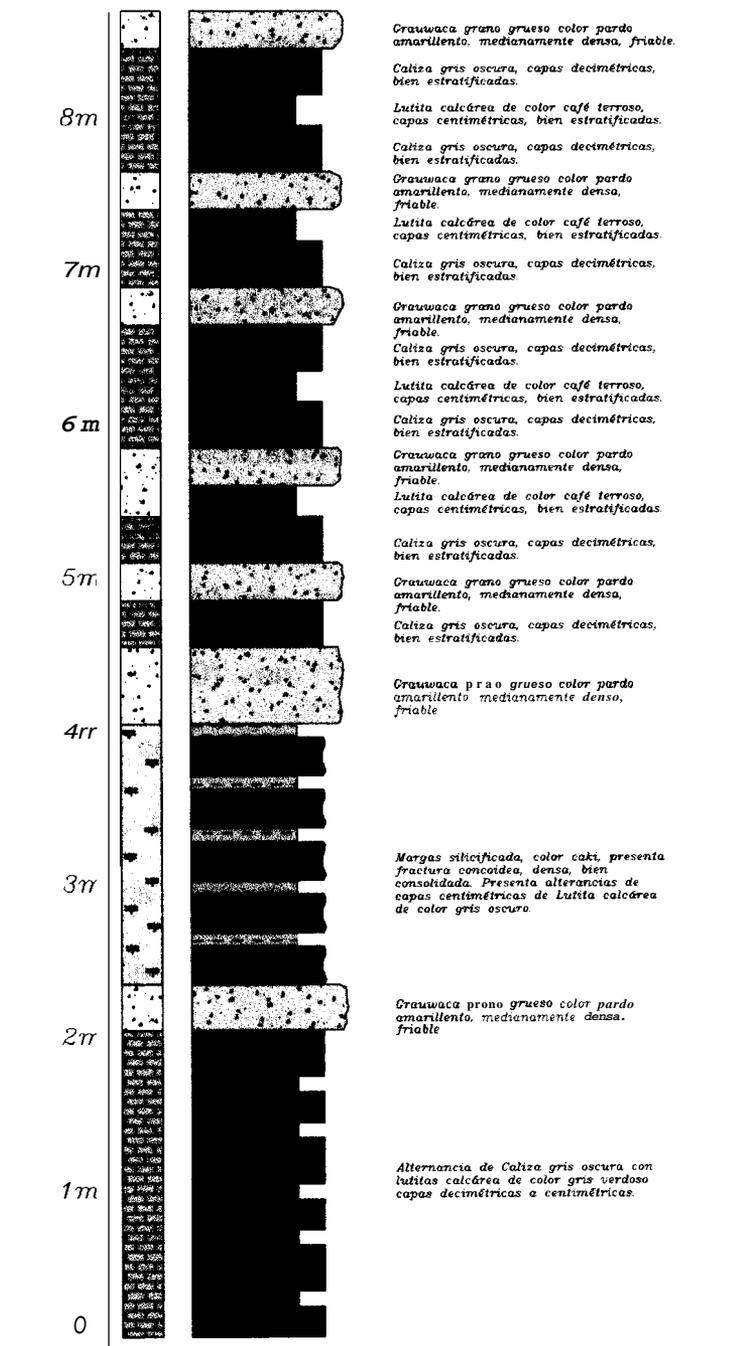


Fig. 3.19 Columna Estratigráfica Las Iguanas

Estratigrafía Río El Papayo

Se levantó la columna en este río a partir de las coordenadas : (Pi = 606320 , 9766996) , desde donde se realizó el registro aguas arriba, a lo largo del cauce del mismo, obteniéndose la siguiente secuencia:

- En las coordenadas (606320 , 9766996) se tiene un afloramiento de capas decimétricas (10 cm.) de margas cafés claras, bien estratificadas, consolidadas, cuya potencia total es de 40 cm.; Luego continúan margas gris verdosas (CC-02-189) en capas centimétricas por 40 cm. ; posteriormente continúan margas color caqui (CC-02-190) en capas decimétricas (20cm.), bien estratificadas, consolidadas que en total tienen un espesor global de **1.40** m. , pero que varían de tonalidad desde café claro pasando a gris verdoso para llegar a una tonalidad amarillenta - ^{Kaki} (caqui). El conjunto posee estratificación N 65" W / 20" S.

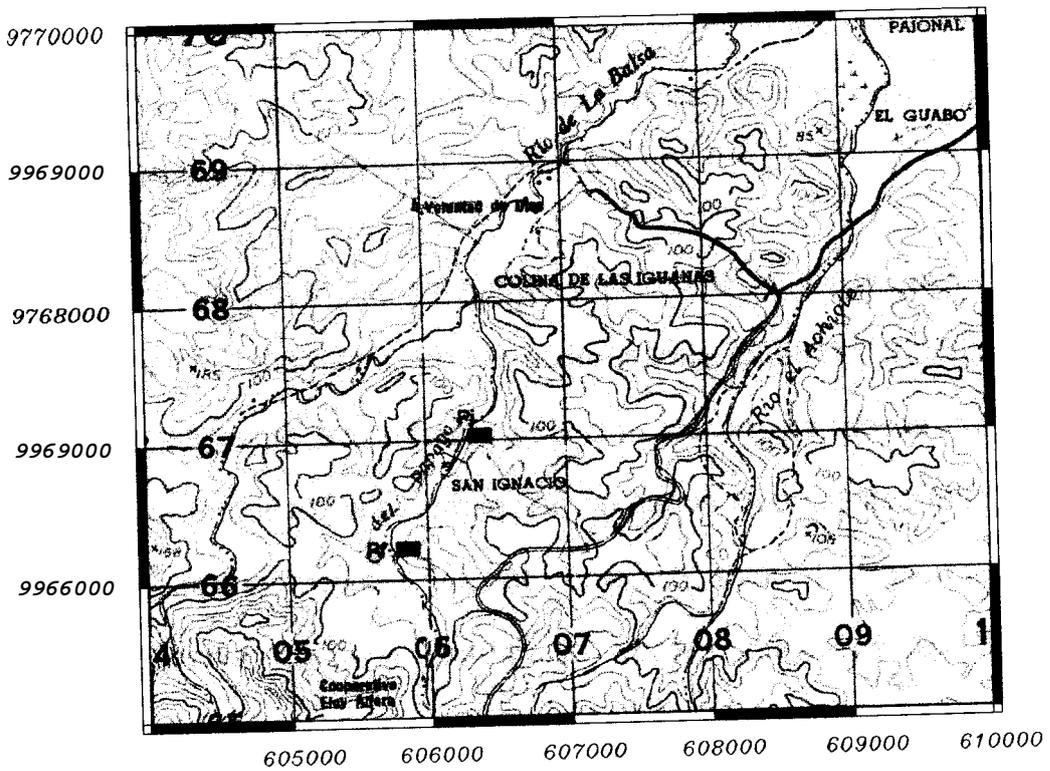


Fig. 3.20 Mapa Topográfico de levantamiento estratigráfico
Río El Papayo

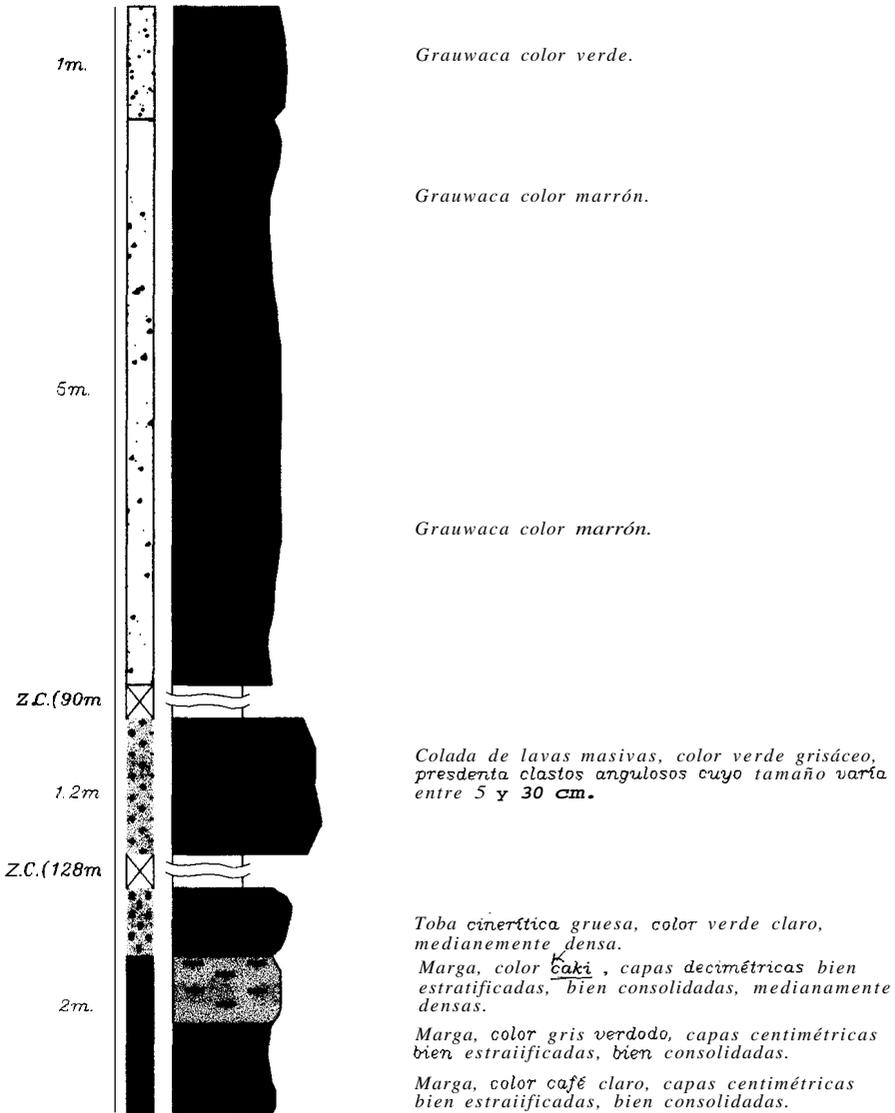
- Continúa un estrato de 60 cm. de toba cinerítica gruesa, color verde claro, medianamente grueso, manteniendo la misma estratificación en capas que van de centimétricas a decimétricas (8-15 cm.).
- Posteriormente aparece una zona cubierta que se extiende por unos 128 m. aproximadamente.
- Luego en el punto de coordenadas (605998 , 9966627), aparece un afloramiento de colada de lavas masivas, color verde

grisáceas, presenta clastos angulosos cuyos diámetros están entre 5 y 30 cm. Estas lavas están estratificadas en capas decimétricas (30 cm.).

- Se presenta nuevamente una zona cubierta por 90 m. aproximadamente. En las coordenadas (605813 , 9766293), se observa un afloramiento que consiste en grauwacas color café marrón, los que se presentan en capas decimétricas (30cm.) por aproximadamente 5m. de potencia total. Posteriormente se observa lavas y grauwacas verdes grisáceas con formas características en augen chert de la Fm. Cayo **SS.** , con lo que se establece aquí el contacto con dicha formación.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA RIO EL PAPAYO

Coordenadas : 605813 ; 9766293



Coordenadas : 606320 ; 9766996

Fig. 3.21 Columna Estratigráfica Río El Papayo

Estratigrafía Río Paco

El registro estratigráfico de este río se lo hizo a partir del punto de coordenadas: (Pi = 593978 , 9776816); desde donde se realizó el levantamiento de la columna estratigráfica a lo largo del cauce del río, aguas arriba y se obtuvo lo siguiente:

- En su base potentes paquetes de basaltos gris oscuros, compactos masivos, densos, los que se extienden por 10 m. aproximadamente; luego se presenta igualmente basaltos pero con un color gris verdoso, igualmente compacto, masivo, denso y se extiende por aproximadamente 90 m.
- Continúan tobas pardo amarillentas (CC-02-153), en bancos decimétricos (10-30 cm.), medianamente densos, con fragmentos de roca y cristales de plagioclasa, calcitizada, con estratificación ondulante paralela discontinua intercalada con capas centimétricas de chert café rojizo, esta secuencia se presenta por 5 m. aproximadamente.

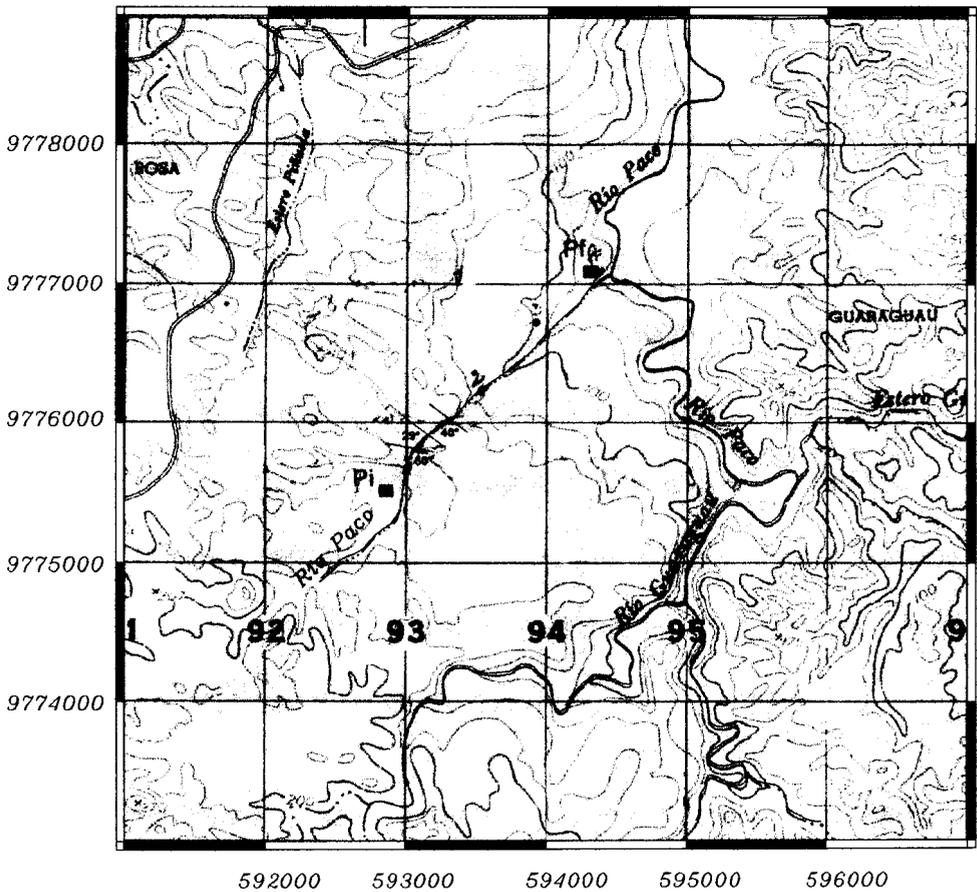


Fig. 3.22 Mapa Topográfico de levantamiento estratigráfico
Río Paco

- Posteriormente se presenta caliza negra (CC-02-154 ; 155 ; 156 ; 157), con estratificación lineal paralela continua en $N 70^{\circ} W / 36^{\circ} S$; presentando capas finas de 5cm., con esporádicas capas de hasta 15 cm. y en algunos casos de 20 cm.; dicha caliza se encuentra intercalada en capas decimétricas (13 cm.) de chert negro, la potencia total de la caliza es de 8m. aproximadamente. En la parte superior de este afloramiento posee una estratificación de

N 65" W / 40" S ; aquí se encuentran en las calizas restos de conchillas y moldes de *Inoceramus* (**CC-02-158 ; 159 ; 160 ; 161 ;162**)

- Continúa por 2 m. caliza marrón (**CC-02-164**), compacta, densa, en capas decimétricas (**20 cm.**), manteniendo la misma estratificación. Luego se presenta basaltos con textura porfirítica (**CC-02-163**), contiene fenocristales de feldespatos, denso y se extiende por 2 m. Sigue un aglomerado volcánico de color café, presenta fragmentos de roca de formas angulares, cuyo tamaño varía entre 10 cm. y 20 cm., y su potencia total es de 1.5 m.
- Posteriormente se presenta una zona cubierta de aproximadamente 26 m. Luego aparece toba cinerítica gruesa, gris verdosa (**CC-02-165**), medianamente densa, con estratificación N 70" W / 35" S ; contienen fenocristales de plagioclasa y se extiende por 8 m.
- Continúa 2 m. de toba cinerítica fina, color café terroso (**CC-02-166**), medianamente densa, suaves. Posteriormente se siguen presentando tobas pero son tobas cineríticas finas de color verde grisáceo, que se encuentran en capas decimétricas (**30-50 cm.**), bien estratificadas en N 85" W / 29" S ; medianamente densas y se extienden por 10 m. aproximadamente.

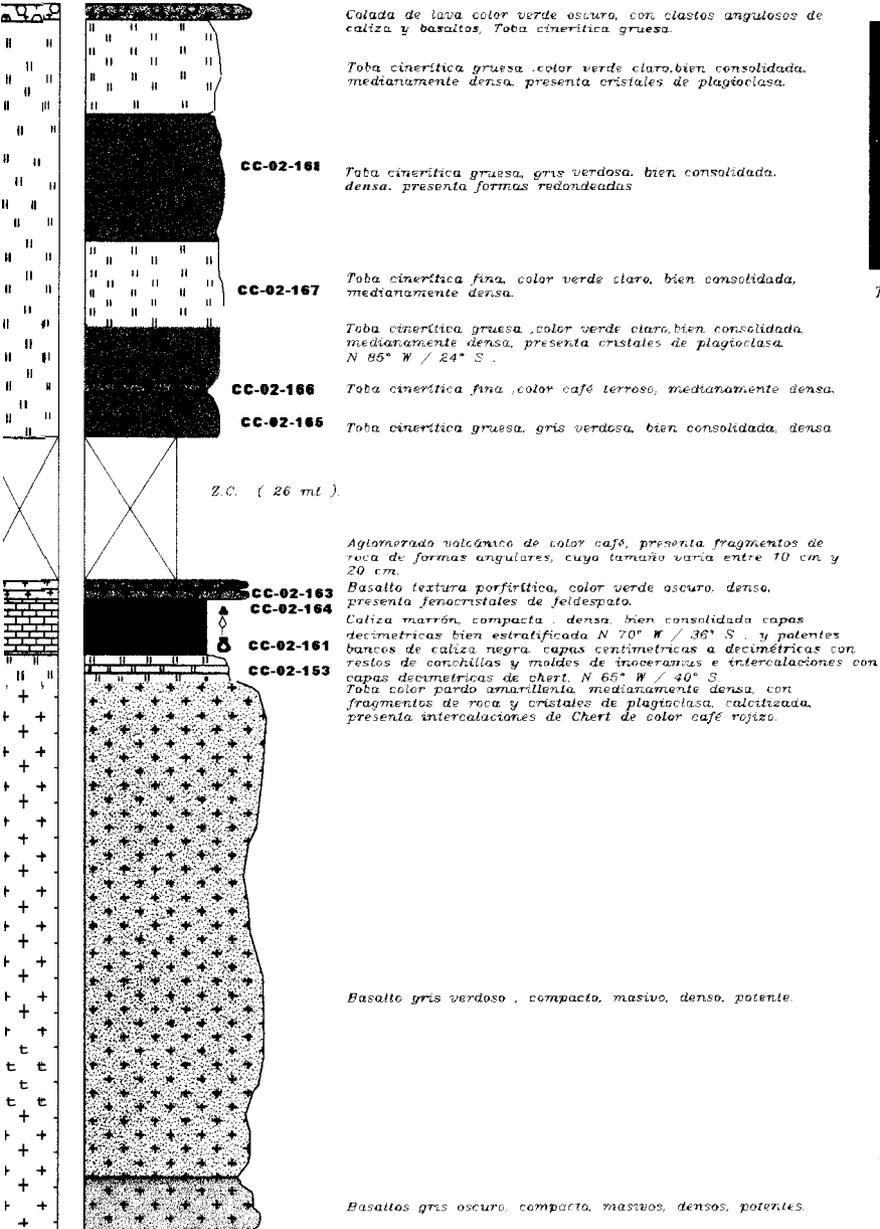
- Luego manteniendo la misma estratificación continúan tobas cineríticas finas, verde claras (CC-02-167), bien consolidadas, medianamente densas, contienen cristales de plagioclasa y poseen 17 m. de potencia total.
- A continuación aparece un potente estrato de toba vítrea silícea (CC-02-168), verde oscura, que se presenta en formas redondeadas, con un espesor total aproximado de 20 m.
- Por último en las coordenadas: (Pf = 593015 , 9775823); se tiene grandes paquetes de toba cinerítica gruesa, verde clara, bien consolidadas, medianamente densa con cristales de plagioclasa, que se extiende por aproximadamente 18m., para culminar en su parte superior con lavas color verde oscuro, con clastos angulosos de caliza negra y basaltos, toba cinerítica gruesa verde clara, y su potencia total es de 2 m. (Fig. 3.23).



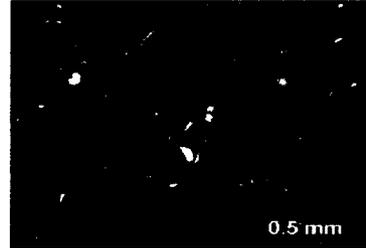
Fig. 3.23 Potentes paquetes de toba cinerítica verde clara en la base con lavas verde oscuras (a); clastos angulosos de caliza en lavas (b, c).

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA
RIO PACO**

Coordenadas : 593015 , 9775823

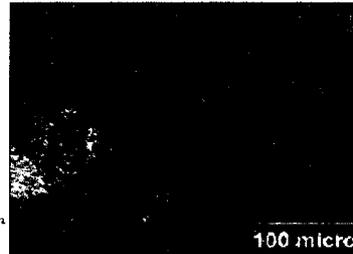


CC-02-167



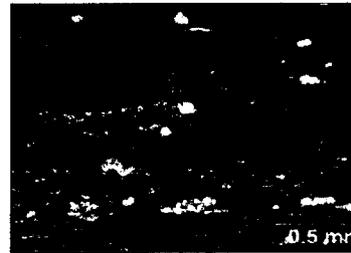
Toba cinerítica fina, verde clara, porosidad nula, textura matriz soporte, fractura irregular.

CC-02-164



Caliza micrítica, marrón, textura matriz soporte (caliza micrítica) presenta foraminíferos.

CC-02-161



Caliza negra, textura matriz soporte (caliza micrítica) mudsto contiene granos de glauconita, feldespatos y microfósiles.

Coordenadas : 593978 9776876

Fig 3.24 Columna estratigráfica Río Paco

Estratigrafía Río de la Derecha

El registro de este río comenzó a partir de las coordenadas: (Pi = 578269, 9781259); de aquí se recorrió aguas arriba (sur) a lo largo del curso del mismo.

El registro de la litología aquí existente, comienza con la siguiente secuencia:

- Lavas verde oscuras, parcialmente estratificadas (**N 55" W / 21" S**), en ciertas partes se observa formas redondeadas como almohadillas, y las mismas se extienden hasta el punto de coordenadas (578269 ; 9781259), a lo largo del canal del río con una potencia total aproximada de 200 m. (Fig. 3.25).

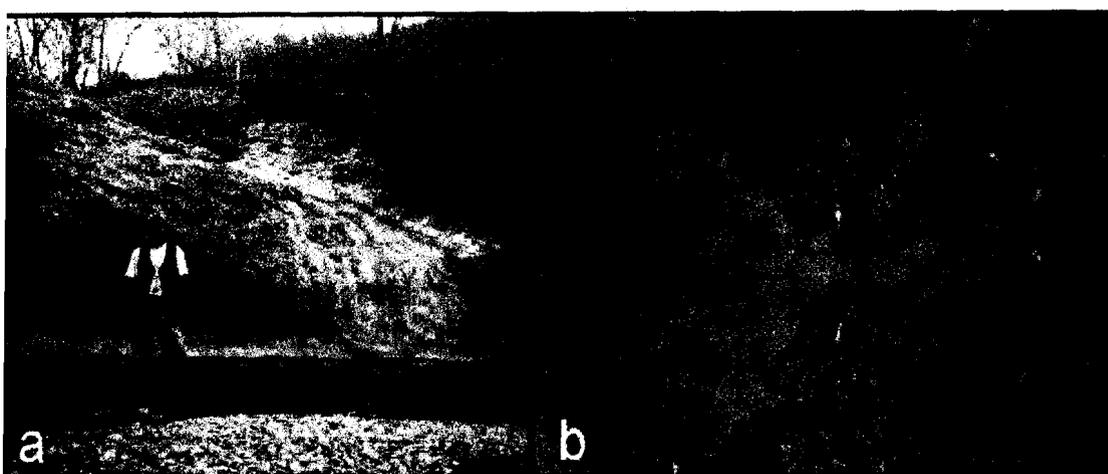


Fig. 3.25 Potente aglomerado volcánico(a), con clastos angulosos (b).

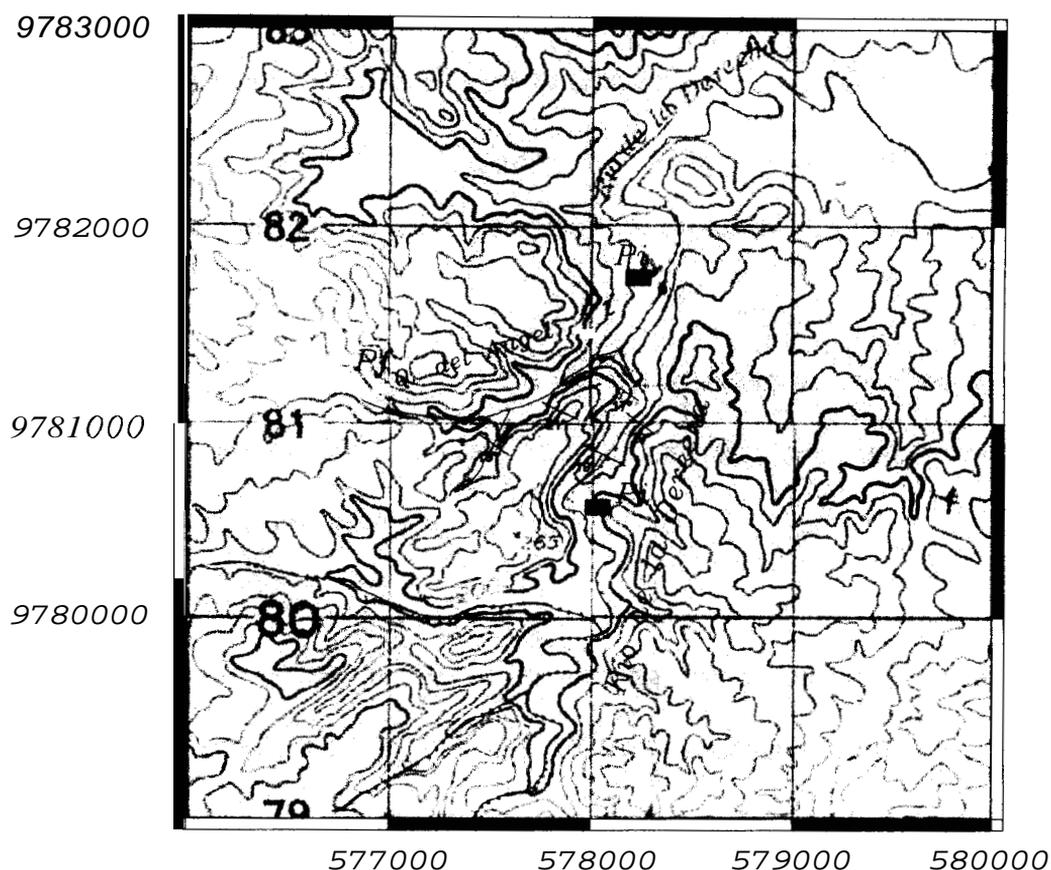


Fig. 3.26 Mapa Topográfico de levantamiento estratigráfico
Río de la Derecha

- Posteriormente se observa una zona de transición de las lavas antes mencionadas, pues de una textura masiva, no estratificada, pasan a capas estratificadas de textura afanítica, también se ven intercalaciones con esporádicas capas decimétricas de tobas verde clara, caicáreas.

- En la coordenada: (578239 , 9781189), se tiene una importante intersección entre el Río de la Derecha y un río afluente al mismo, al cual se lo denominará como quebrada Miguel Alvarado; del cual también se realizó un registro que se presenta posteriormente.
- Continuando por el cauce del Río de la Derecha, se observa capas decimétricas (20 – 25 cm.) de toba cinerítica fina, verde clara (EJ-C-01) con una potencia total de 1.80 m.
- Luego se presenta intercalaciones decimétricas entre tobas verde agua, calcáreas (EJ-C-02); tobas cineríticas gruesas , tobas cristalinas crema-verdosa, no calcárea (EJ-C-03); tobas marrón verdosa, poco calcárea (EJ-C-09), y margas gris verdosas, compactas, bien consolidadas, con presencia de calcita cristalina (EJ-C-10). Esta intercalación se da por aproximadamente 2.50 m. , de allí viene una capa de 48 cm. de toba cinerítica gruesa gris clara verdosa calcárea, compacta, masiva (Fig. 3.27).



Fig. 3.27 Intercalaciones decimétricas entre tobas y margas.

- Sigue bancos de lavas verdes oscuras bien estratificadas (EJ-C-04), en $N 60^{\circ} W / 23^{\circ} S$ correspondientes a la Fm. Piñón y su potencia total de 2 m. aproximadamente.
- A continuación se presenta un potente banco de margas verde grisáceas en capas decimétricas que van desde 50 cm. en su base para ir decrementando hasta llegar a capas de 20 cm. en su tope.

Se presenta una estratificación lineal, paralela continua en N 48" W / 29" S , y en algunas partes se presenta dichas margas de color negruzco, por alteración. Su potencia total es de aproximadamente 126 m. (Fig. 3.28).



Fig. 3.28 Potente bancos de margas verde grisáceas (capas decimétricas 50 cm).

- Posteriormente se observa capas más delgadas de las mismas margas que oscilan entre 15 y 25 cm. con estratificación N 63" W / 19" S , con una potencia total aproximada de 21 m.
- Luego de estas margas (argilitas verde claras) se ubican capas bien estratificadas de tobas cineríticas gruesas verdes grisáceas,

las mismas que se presentan en capas decimétricas que van entre 15 y 20 cm. , y poseen una potencia aproximada de 85 m.

- Finalmente en la coordenada: (Pf = 577985 , 9780610) se tiene contacto concordante entre tobas cineríticas finas, tobas vítreas color pardo amarillento grisáceo, cuya potencia es de 21 m. y las formas características de augen chert de la Formación Cayo SS (Fig. 3.29).



Fig. 3.29 Contacto concordante entre tobas y formas características de Cayo SS.

Quebrada Miguel Alvarado (Q. del Ángel)

El registro litológico de esta quebrada afluente principal del Río de la Derecha se lo realizó del punto común de intersección de ambos ríos, es decir, desde la coordenada:

(Pi = 578142 , 9781357) ; a partir del cual se obtuvo la siguiente secuencia:

- En su base bancos de 5m. de tobas cineríticas finas, verde claras (EJ-C-08) con estratificación lineal paralela continua en N 49" W / 25" S, con esporádicas capas decimétricas (30 – 40 cm.) de lutitas gris claras verdosas, calcáreas, consolidadas, no porosas (EJ-C-07). El conjunto tiene una potencia total de **16** m. aproximadamente.
- A continuación se presentan un considerable banco de lutitas gris clara verdosas, calcáreas, (EJ-C-07) bien laminadas en capas decimétricas (10 – 15 cm.) con estratificación N 56" W / 17" S. Este banco tiene un espesor de 3.5 m. Después, manteniendo la misma estratificación siguen 3 metros de marga gris verdosa, compacta, no porosa, con presencia de calcita cristalina (EJ-C-10). Continúa 1 m. de toba marrón verdosa compacta, densa, poco calcárea (EJ-C-09) (Fig. 3.30)



Fig. 3.30 Lutitas calcáreas gris claras intercalada con margas y tobas

- Posteriormente se presenta intercalaciones consistente en capas de lutitas calcáreas gris verdosas (EJ-C-12) con pequeños lentes de color gris oscuro y lentes arenosos en capas que van entre 70 cm. a 1.20 m. , además se presentan capas decimétricas (5 – 25 cm.) de tobas verde agua (EJ-C-02), calcáreas, también existe tobas marrón verdosas poco calcáreas (EJ-C-09) y toba cinerítica fina verde clara (EJ-C-11), calcárea (25 cm.). La potencia total de esta intercalación es de 3 m. aproximadamente.
- Luego aparece un potente afloramiento de 13 m. constituido de intercalaciones entre tobas cineríticas finas verdes claras en capas de 40 cm. , tobas cineríticas gruesas verde amarillenta (EJ-C-13),

a

toba cristalina en capas entre 25 – 30 cm. y lutitas calcáreas gris verdosas (EJ-C-14), bien consolidada, no porosa con lentes pequeños gris oscuros, en capas decimétricas agrupados en bancos de hasta 1.50 m. Este afloramiento presenta estratificación lineal paralela continua en N 49" W / 19" S.

- Continúa un potente afloramiento de aproximadamente 30 m. de lutita gris verdosa (EJ-C-15), calcárea, no porosa, bien consolidada, con lentes pequeños gris oscuro, sigue una capa de 1 m. de toba cinerítica fina, toba vítrea, verde clara con tonos lila en ciertas partes (EJ-C-16), y además se presenta una capa de 3 m. de margas gris verdosa, bien consolidada, no porosa (EJ-C-17). Dicho afloramiento posee una estratificación N 58" W / 20 ° S. (Fig. 3.31).



Fig. 3.31 Afloramiento de lutitas calcáreas gris verdosas intercaladas con tobas y margas

- Después se tiene la presencia de un gran afloramiento de margas gris verdosas, (EJ-C-18), calcáreas con lentes de color gris oscuro, negro, bien consolidadas, no porosas, presenta capas decimétricas (20 – 40 cm.) bien estratificadas en N 65° W / 21° S. El espesor total de estas margas es de 40 m. aproximadamente (Fig. 3.32).



Fig. 3.32 Potente afloramiento de margas

- Continúan intercalaciones de capas centimétricas a decimétricas (5 - 50 cm.) entre lutitas arenosas calcáreas, gris oscuras (EJ-C-19) con tono verdoso y tobas cineríticas gruesas, verde oscuro (EJ-C-20), en potentes bancos que están entre 6 a 21 m. , y que van disminuyendo su espesor a medida que se sigue avanzando a su parte superior, llegando a capas de 20 cm. Este afloramiento posee estratificación lineal, paralela, continua en $N 64^{\circ} W / 25'' S$ en su parte inferior y $N 80^{\circ} W / 16'' S$ en su parte superior. La potencia total de esta intercalación es de 40 m. aproximadamente (Fig. 3.33).



Fig. 3.33 Estratos decimétricos de tobas verde oscuras (a), en su parte superior lutitas calcáreas gris oscuras capas centimétricas (b).

- Posteriormente se presenta una zona cubierta de 7 m. Luego se presenta un potente afloramiento de 4 m. de toba cinerítica gruesa color verde oscuro (EJ-C-22), sigue 15 m. de marga gris verdosa, bien consolidada, no porosa (EJ-C-21). A continuación se encuentra 1 m. de toba cinerítica fina color pardo amarillenta grisácea (EJ-C-23) con una estratificación N 66" W / 16" S.
- Posteriormente se presenta una división en " Y " , específicamente en las coordenadas : (577719 , 9780855); desde donde se realizará el registro por cada uno de los ramales.

En el primer ramal denominado "Ramal A" se tiene:

- 11 m. de Toba cinerítica fina, toba vítrea color pardo amarillento grisáceo (EJ-C-23), sigue 10.5 m. de lutita verde clara, no calcárea, consolidada, con tonos marrón (EJ-C-24). De allí viene 6 m. de toba cinerítica fina, toba vítrea pardo amarillenta grisácea (EJ-C-25) y finalmente en las coordenadas: (577501 ,9780892) se tiene el contacto con las lavas en estructuras augen chert de la Formación Cayo SS.

En el segundo ramal denominado "Ramal B" se tiene:

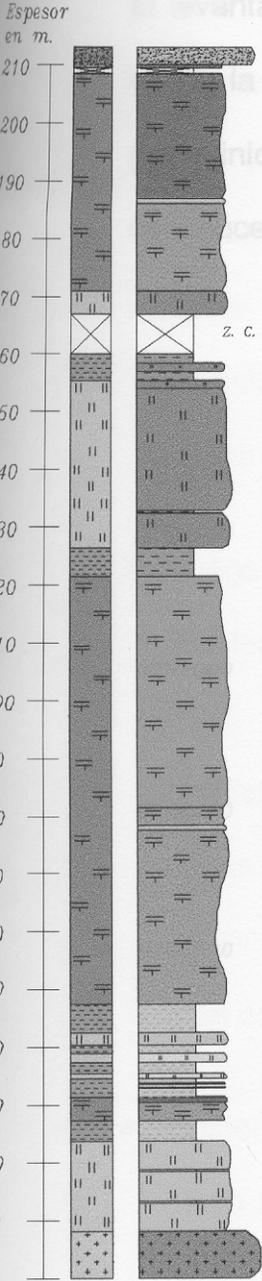
- 2.50 m. de margas verdes grisáceas (EJ-C-26), en capas decimétricas (10 – 20 cm.), presentan estratificación lineal, paralela continua, con medidas de rumbo y buzamiento de N 75° W / 17° S. Luego vienen aproximadamente 20 m. de la misma marga verde grisácea, en capas bien estratificadas de 50 a 60 cm. en N 55° W / 18° S.
- A continuación se presenta una zona cubierta de 1 m. Finalmente en el punto de coordenadas : (Pf = 577338 ,9781011) se presenta una capa de 50 cm. de la marga verde grisácea y sobre ella se tiene el contacto concordante con las estructuras augen chert características de la Formación Cayo SS (EJ-C-27) (Fig. 3.34)



Fig. 3.34 Contacto concordante entre margas y Cayo SS.

COLUMNA ESTRATIGRAFICA RIO DE LA DERECHA

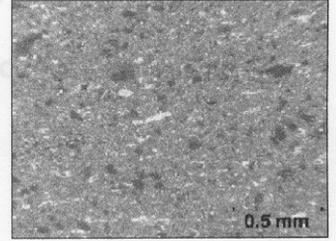
Coordenadas : 577338 . 9781011



- EJ-C-27** Contacto concordante con estructuras argen chert de la Formación Cayo SS.
- EJ-C-26** Marga verde grisácea, capas decimétricas. N 55° W / 18° S.
- EJ-C-23** Marga gris verdosa con esporádicas capas de toba cinerítica fina parás amarillenta. N 66° W / 16° S.
- EJ-C-21** Toba cinerítica gruesa, verde oscura.
- EJ-C-22** Z. C. (7 m).
intercalaciones de tobas y limolitas calcáreas.
- EJ-C-20** Toba cinerítica gruesa, verde oscura, capas decimétricas (30 y 60 cm). N 80° W / 16° S.
- EJ-C-19** Limolita calcárea , gris oscura, capas centimétricas a decimétricas. N 64° W / 25° S.
- EJ-C-18** Marga gris oscura tono verdosa , capas decimétricas. N 65° W / 21° S.
- EJ-C-17** Marga gris verdosa con esporádicas caps de tobas cineríticas fina verde claro. N 58° W / 20° S.
- EJ-C-16**
- EJ-C-14**
- EJ-C-11** Ludita calcárea gris clara verdosa, intercalada con tobas verde clara, marrón y margas gris verdosa. N 48° W / 19° S.
- EJ-C-13**
- EJ-C-02**
- EJ-C-12**
- EJ-C-09**
- EJ-C-10**
- EJ-C-07**
- EJ-C-08** Toba cinerítica fina, verde clara, presenta esporádicas capas decimétricas de lutita gris oscura verdosa. N 49° W / 25° S.
- Lavas verde oscura, parcialmente estratificada, presentan formas redondeadas. N 55° W / 21° S

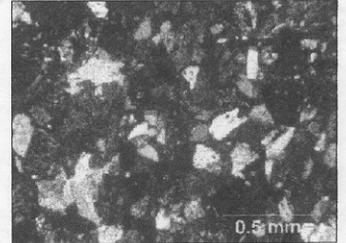
Coordenadas : 578142 , 9781357

EJ-C-26



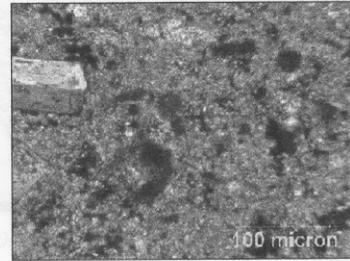
Marga, marrón, porosidad nula, matriz calcárea muy fina, presenta textura de vasijas rotas, contiene microfósiles y parches de espatita.

EJ-C-20



Toba cristalina, verde oscuro, porosidad nula, textura grano soporte, presenta plagioclasas angulosas (filo de hachas).

EJ-C-17



Marga, gris verdosa, porosidad nula, matriz calcárea entremezclada con arcilla, presenta textura de vasijas rotas, contiene cuarzo, fragmento de rocas y pirocleno.

Fig. 3.35 Columna estratigráfica Río de la Derecha.

Estratigrafía Río El Diablo

El levantamiento de la columna estratigráfica en este río se lo realizó desde la coordenada : (Pi = 571310 , 9785718) que es nuestro punto inicial y a partir de aquí se seguirá en dirección norte a lo largo del cauce del río.

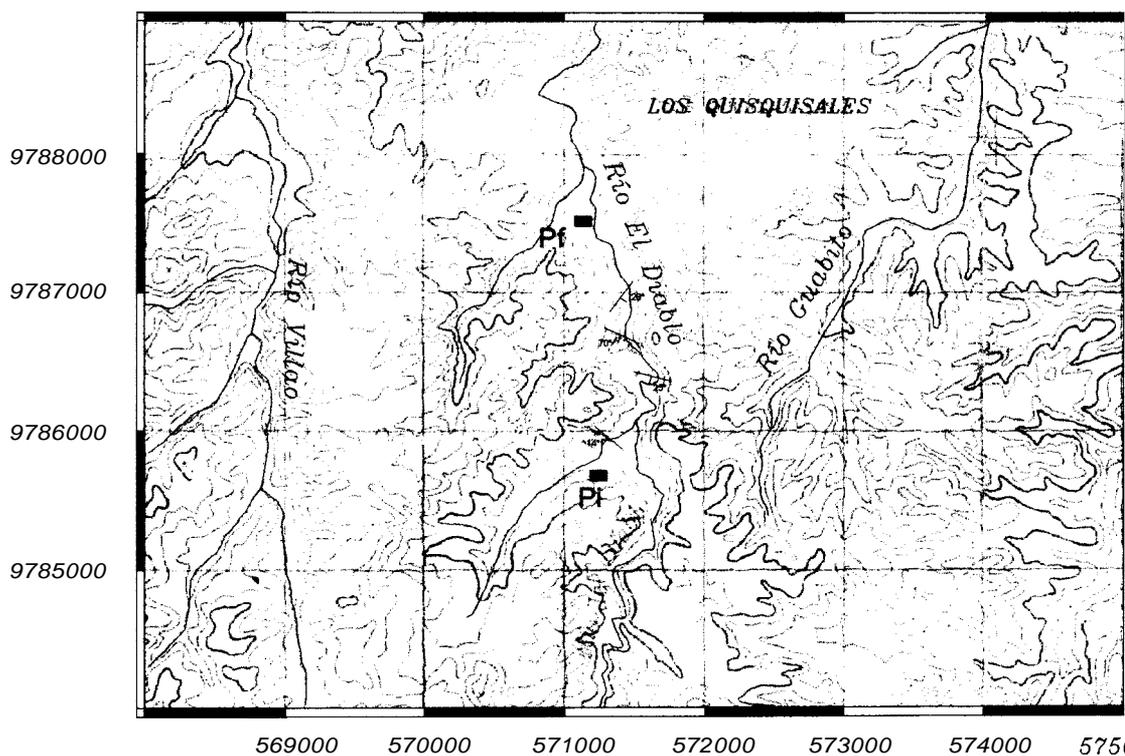


Fig. 3.36 Mapa Topográfico de levantamiento estratigrafico
Río El Diablo

- El registro comienza en la coordenada ya mencionada, donde existe potentes paquetes de lavas color verde claro a gris oscuro y

a veces alternando con lavas grises claras, este conjunto de lavas alcanza un espesor de **15.5** m. aproximadamente.

- Posteriormente se presenta una zona cubierta que se extiende por 9m., para luego observarse un afloramiento de **4.8** m. de altura, donde existe intercalaciones entre capas decimétricas (20 cm.) de tobas verdes grisáceas, capas decimétricas de margas pardo amarillentas (26 cm.), conjuntamente con calizas gris verdosas en capas de **15** cm.
- Luego se presenta nuevamente una zona cubierta, esta vez por **11** m., después de los cuales aparecen margas café lechosas (CC-02-226), en capas decimétricas (30 cm.), bien consolidadas, con bandas subparalelas color gris oscuro, intercaladas con delgadas capas (**11**cm.) de chert negro y además capas decimétricas (35cm.) de calizas grises verdosas, dicho afloramiento posee un espesor total de 7m. y se encuentra estratificado en N 70" E / **10" S**.
- Posteriormente aparece una pequeña zona cubierta (60cm.), para luego aparecer un potente afloramiento de **14** m. que consiste en alternancias entre capas decimétricas (**40** cm.) de margas café claras lechosas (CC-02-222 ; 223), con bandas subparalelas gris oscuras, estratificadas en N **54°** E / **14" S** ; con argilitas silicificadas

gris verdosas en capas de 25cm. y tobas en capas de 20 cm. estratificadas en N 56" E / 20" S.

- Continúa una zona cubierta con una longitud total de 10.7 m. luego de la cual aparece un afloramiento de lutitas grises oscuras, silicificadas, muy finas (CC-02-221), estratificadas en capas decimétricas (20 cm.) con N 10" E / 13" S, el espesor total de estas lutitas es de 2 m. aproximadamente, de allí nuevamente se presenta una zona cubierta por una longitud total de 21 m.
- Posteriormente aparece un afloramiento con un espesor total de 8 m. constituido principalmente por calizas grises (CC-02-214) y calizas negras (CC-02-215 ; 217; 219) en capas centimétricas (26 cm.), alternando con capas decimétricas(30 cm.) de tobas verdes, y delgadas capas (11cm.) de tobas pardo amarillento (CC-02-216; 218) y capas centimétricas (9 cm.) de chert negro, aquí además se observan moldes de *Inoceramus* un poco alterados. El conjunto se encuentra estratificado en N 28° E / 28" S. (Fig 3.37).

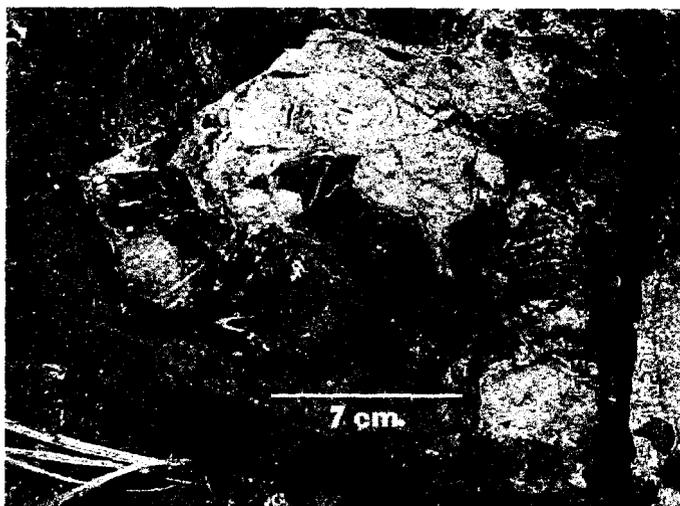


Fig. 3.37 Fragmentos de Inoceramus en caliza negra muestra CC-02-215 coordenadas (571050,9786960)

- Sigue una zona cubierta de aproximadamente 8.5 m. luego de la cual se presenta un potente afloramiento de margas café claras lechosas (CC-02-212), en capas decimétricas (26 cm.), las mismas presentan bandas subparalelas milimétricas color gris oscuro, con intercalaciones de lutitas pardo amarillentas, dicho afloramiento posee un espesor total de 4.7 m. y está estratificado en N 30" E / 10" S.
- Posteriormente se presenta una zona cubierta por 1.05 m., y luego se observa un afloramiento de 6 m. que consiste en capas decimétricas (10 cm.) de tobas color café marrón (alteradas), intercaladas con lutitas crema amarillentas (CC-02-211), friables,

terrosas en capas centimétricas (6 cm.), con estratificación N 30" E / 10" S.

- Ocurre nuevamente una zona cubierta por 46m. y luego aparece un afloramiento de calizas cafés claras, capas decimétricas (30cm.) intercaladas con capas centimétricas (8cm.) de lutitas y arcillolitas de color pardo amarillento, laminadas (CC-02-205 ; 206; 207), friables, dicho afloramiento tiene un espesor total de 7m. y poseen estratificación N 70" W / 23" S. (Fig. 3.38).

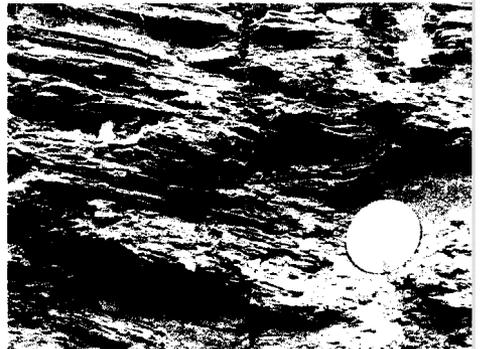


Fig. 3.38 Intercalaciones de capas centimétricas de lutitas Y arcillolitas pardo amarillentas, bien laminadas.

- Posteriormente existe una zona cubierta de 35 m. en total y de allí un afloramiento de 7 m. que consiste en intercalaciones de capas

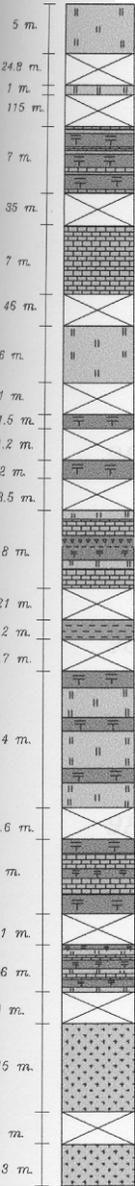
decimétricas (40 cm.) de caliza gris, margas color crema (30 cm.), calizas marrón (30 cm.) (CC-02-200 ; 201; 203) y lutitas calcáreas color pardo amarillento. Están estratificadas en N 80" W / 25" S.

- Continúa una zona cubierta por aproximadamente 115 m. donde posteriormente aparecen tobas cineríticas gruesas, verde grisáceas (CC-02-198), compactas, masivas, y más hacia el norte tobas soldadas gris verdosas (CC-02-199), levemente estratificadas en N 45" W / 14" S ; consolidadas, con intercalaciones de lutitas de color verde claro, friables (CC-02-197).
- Coordenadas finales del levantamiento (Pf = 571074 ,9787483).

COLUMNA ESTRATIGRAFICA RIO EL DIABLO

desde el punto de coordenadas (551210, 9809015) aguas

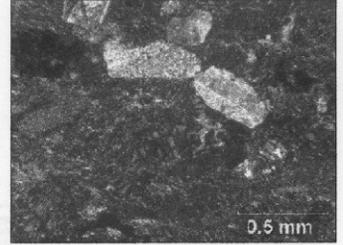
Coordenadas : 571074 ; 9787483



CC-02-199
CC-02-198
CC-02-197

Toba soldada, toba cinerítica gruesa gris verdosos levemente estratificados, consolidados, denso, con intercalaciones de lutitas de color verde claro, friables. N 45° W / 14° S.
Toba cinerítica gruesa verde grisáceo, compacta, masiva.

CC-02-199



Toba soldada, gris verdosa, porosidad nula, textura matriz soporte (vítrea muy fina), presenta fragmentos de rocas volcánicas (tobas, basaltos).

CC-02-200,
201, 203

Intercalaciones de calizas gris, lutitas calcáreas, margas y calizas de color crema N 80° W / 25° S.

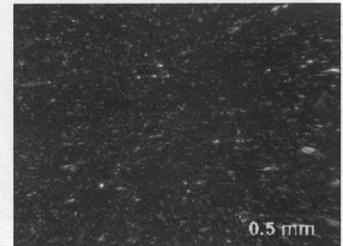
CC-02-205,
206, 207

Calizas café claras con intercalaciones de lutitas y arcillolitas de color pardo amarillentas laminadas, friables. N 70° W / 23° S.

CC-02-211

Tobas alteradas, color marrón, intercaladas con lutitas color crema amarillentas, friables, terrazas N 30° E / 10° S.

CC-02-218



Caliza negra, porosidad nula, matriz micrítica teñida con hidrocarburo, textura mudstone, fractura irregular, cementación calcárea.

CC-02-212

Margas color café claro lechosas, presentan bandas subparalelas color gris oscuro, no densa, bien consolidada con pátinas de oxidación de color negro azulado, con intercalaciones de lutitas pardo amarillentas. N 30° E / 10° S.

CC-02-216
CC-02-218

Intercalaciones de calizas negras, calizas grises, lutitas calcáreas gris clara, tobas color café, chert y tobas. N 28° E / 28° S.

CC-02-214
CC-02-215,
217, 219

CC-02-221

Lutitas silicificadas fractura concoidea, gris oscura, presentan venas de calcita. N 10° E / 13° S.

CC-02-223

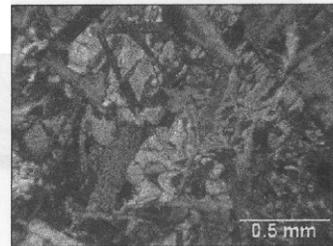
Margas color café claro lechosas con bandas subparalelas color gris oscuras, no densas, fractura concoidea. Con intercalaciones de argilitas silicificadas color gris verdoso y tobas. N 54° E / 14° S.

CC-02-222

CC-02-226

Caliza grisea con intercalaciones de bandas subparalelas color gris oscura y chert. N 70° E / 10° S.

CC-02-210



Basalto gris, textura subofítica, presenta cristales alargados de plagioclasa, también en ciertas partes se ve masas de calcedonia (alteración).

Coordenadas : 571310 ; 9785718

Fig. 3.39 Columna estratigráfica Río Diablo

Estratigrafía Río Grande

El levantamiento de la columna estratigráfica de este río, se lo realizó desde el punto de coordenadas: (Pi = 551210 , 9809015) aguas arriba a lo largo del cauce del mismo hasta llegar al punto de coordenadas:

(Pf = 550860, 9808422).

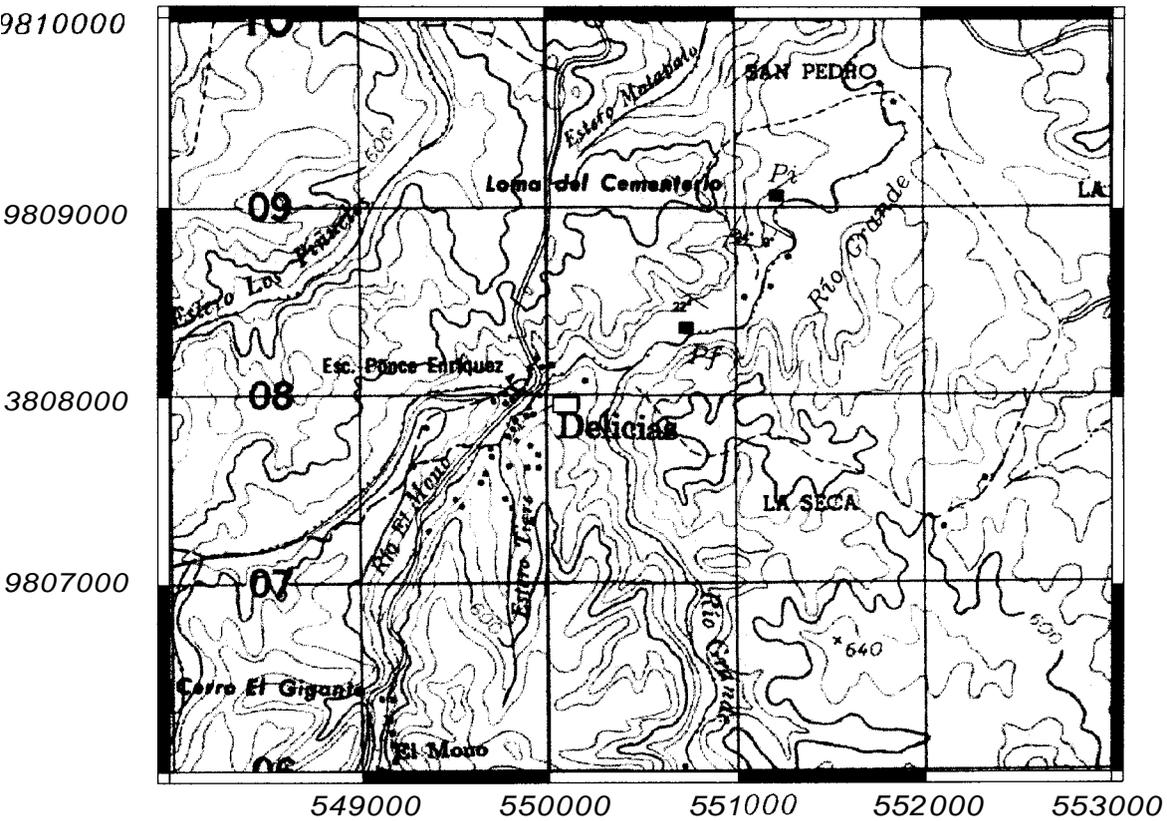


Fig. 3.40 Mapa Topográfico de levantamiento estratigráfico Río Grande

- o El registro comienza con la observación de potentes afloramientos de lava volcánica en forma de almohadillas, parcialmente estratificadas en N 60" W / 9" S , color verde oscuras grisáceas y se extienden por aproximadamente 10 m.
- o A continuación se encuentra calizas negras (EJ-RG-O1 ; 02), compactas, densas con pequeños cristales de pirita (0.5 – 2 mm.), se presenta en capas decimétricas entre 10 y 25 cm., bien estratificadas en N 75" W / 9" S . Este afloramiento tiene una potencia total de 25 m.
- Posteriormente se presenta tobas verde claras calcáreas (EJ-RG-10 ; 11), bien estratificadas en capas decimétricas (10 – 20 cm.), con medidas de rumbo y buzamiento de N 32" E / 24" S ; intercalados con capas centimétricas (5-9 cm.) de lutitas café amarillentas y se extiende por aproximadamente 15.20 m.
- Luego aparece nuevamente la caliza negra (EJ-RG-09), en capas decimétricas (15 – 20 cm.), bien estratificadas, consolidadas y densas, cuya potencia es de 1m. Seguidamente aparece 3 m. de toba calcárea verde clara en capas decimétricas (20 – 30 cm.), con estratificación ondular paralela continua, manteniendo su estratificación N 32" E / 24° S.

- A continuación aparece una zona cubierta por 4 m., para después aparecer lava volcánica masiva calcárea color verde oscura grisácea y se extiende por 1.50 m.; de allí se observa capas decimétricas (25 cm.) de caliza negra intercalada con tobas calcáreas verde claras en capas decimétricas (20 cm.), esta intercalación se extiende por 2.5 m., manteniendo iguales medidas de rumbo y buzamiento.
- Posteriormente se observa margas café marrón (EJ-RG-03), bien estratificadas en bancos decimétricos (25cm.) por una potencia total de 3 m. De allí se encuentra 2 m. de grauwaca café amarillenta (EJ-RG-04). Aquí las capas se encuentran estratificadas en N 60" W / 9" S.
- Sigue intercalaciones entre capas decimétricas (20 - 30 cm.) de caliza negra con toba negra (EJ-RG-08), compacta, medianamente densa, dicha intercalación abarca 2.5 m. Además aquí se observa una de zona de intensa actividad tectónica, así lo demuestran los plegamientos allí existentes, donde incluso estas intercalaciones entre caliza negra y toba negra forman parte de un pequeño anticlinal, cuya medidas de rumbo y buzamiento en un flanco de N 325° / 19" S y en el otro flanco de N 180" / 30" N ; y la separación entre ellos es de 25 m. aproximadamente (Fig. 3.41).

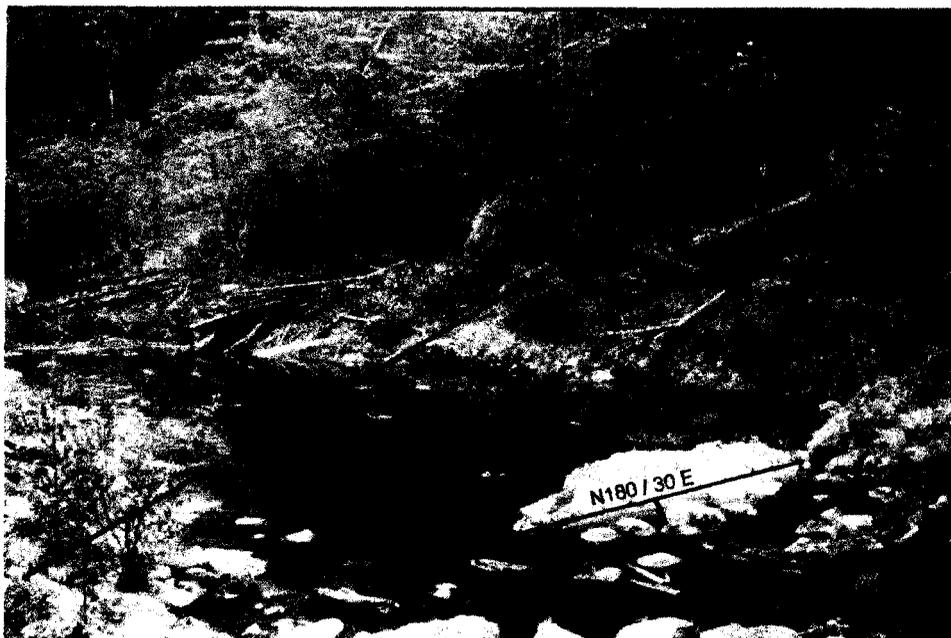


Fig. 3.41 Plegamiento, nótese estratos buzando en diferentes direcciones(pequeño anticlinal)

- Luego se presenta un potente afloramiento de margas gris claras (EJ-RG-05) en capas decimétricas (**30 – 40 cm.**), intercaladas con caliza negra con capas también decimétricas (**10 – 20 cm.**), se encuentran con estratificación lineal discontinua paralela y se extiende por **4.5 m.**; de allí aparece **30 cm.** de caliza verde grisácea bien estratificada en capas decimétricas (**10 cm.**), luego nuevamente aparece la caliza gris clara en capas decimétricas (**10 – 15 cm.**), con estratificación nodular ondulante discontinua y que se extiende por 60 cm. aproximadamente (Fig. **3.42**).



Fig. 3.42 Efectos de actividad tectónica (estratificación nodular ondulante discontinua)

- Luego aparecen capas decimétricas (15 – 25 cm.) de caliza negra (EJ-RG-07), en bancos de hasta 75 cm. de la misma, que presenta moldes de *Inoceramus*, intercalada con lutita gris clara (EJ-RG-12), calcárea en capas de 20 cm.; esta secuencia se repite durante 15 m. aproximadamente (Fig. 3.43).



Fig. 3.43 Molde de Inoceramus en caliza negra, muestra EJ- RG-07

- Posteriormente aparece 1 m. de caliza color café lechosa, se encuentra en capas decimétricas (15 – 20 cm.), presentan estratificación lineal paralela discontinua y en algunas partes masivas, luego sigue 10 cm. de lutita calcárea.
- A continuación se encuentra 10.5 m. de caliza negra (EJ-RG-13), con capas decimétricas (20 – 30 cm.), levemente estratificadas, en ciertas partes meteorizada a gris verdosa. Siguen tobas verdes grisáceas (EJ-RG-14), bien finas con bajo contenido calcáreo y se presenta en capas de 40 cm. por una potencia total de 2.40 m. Luego aparece una capa de 60 cm. de lutita café lechosa (EJ-RG-15), semicompacta, no calcárea, no porosa, de allí nuevamente

aparece la toba verde grisácea por 2.60 m. Este afloramiento se encuentra con medidas de rumbo y buzamiento de N 52" W / 23" S (Fig. 3.44).



Fig. 3.44 Capas decimétricas de caliza negra intercaladas con tobas y lutitas

- Posteriormente se tiene una zona cubierta por 35 m. para después nuevamente aparece tobas verdes grisáceas (EJ-RG-16), estratificadas en capas decimétricas que están entre 10 y 50 cm. y su potencia total se extiende hasta 2.40 m. Siguen manteniendo su estratificación N 52° W / 23° S.

- Sigue a continuación un potente paquete de basalto negro (EJ-RG-17), muy fino de aproximadamente 2 m. de espesor. Se tiene tobas verde claras, finas, compactas (EJ-RG-18), no calcáreas, en capas decimétricas (15 cm.) en bancos de 1.20 m. intercalados con capas decimétricas (10 cm.) de basalto negro en bancos que van de 30 a 50 cm., esta intercalación se prolonga por 3.20 m. aproximadamente. El conjunto está estratificado en N 64" W / 47" S.
- A continuación aparece nuevamente una zona cubierta y se extiende por 43 m. Luego otra vez aparece la toba verde clara, fina, compacta (EJ-RG-18), no calcárea, en capas decimétricas (15 cm.) que se extiende por 1.30 m. aproximadamente. Luego continúan lutitas no calcáreas color verde oscuro, estratificados en capas centimétricas (10 cm.) con un espesor total de 1 m. De allí siguen las tobas verde claras, finas, no calcáreas en capas decimétricas (20 cm.) con una potencia total de 2.70 m. Mantienen la estratificación N 64" W / 47" S.
- Luego aparece caliza negra en capas decimétricas (10 – 15 cm.), con una potencia de 40 cm. Sigue un paquete de 2.80 m. de toba verde grisácea, fina (EJ-RG-19), no calcárea, estratificada en capas decimétricas (10 – 20 cm.) (Fig. 3.45).



Fig. 3.45 Potentes paquetes de tobas verde grisáceas

- Posteriormente aparece intercalaciones entre toba cinerítica gruesa gris verdosa (EJ-RG-20), con bandas calcáreas, estratificadas en capas decimétricas (20 – 50 cm.), con lutitas calcáreas color verde oscuro en capas decimétricas (40 – 60 cm.). Poseen estratificación : N 56° W / 22° S (Fig. 3.46).



Fig. 3.46 Intercalaciones de tobas y lutitas calcáreas

- Finalmente ocurre la presencia de toba verde grisácea (EJ-RG-19), fina, con potencia de 25 cm., luego 50 cm. de toba cinerítica gruesa gris verdosa (EJ-RG-20), sigue las lutitas calcáreas verdes oscuras con un espesor total de 1.20 m. que están en contacto concordante con las lavas y grauwackas correspondientes a la Fm. Cayo SS (Fig. 3.47).

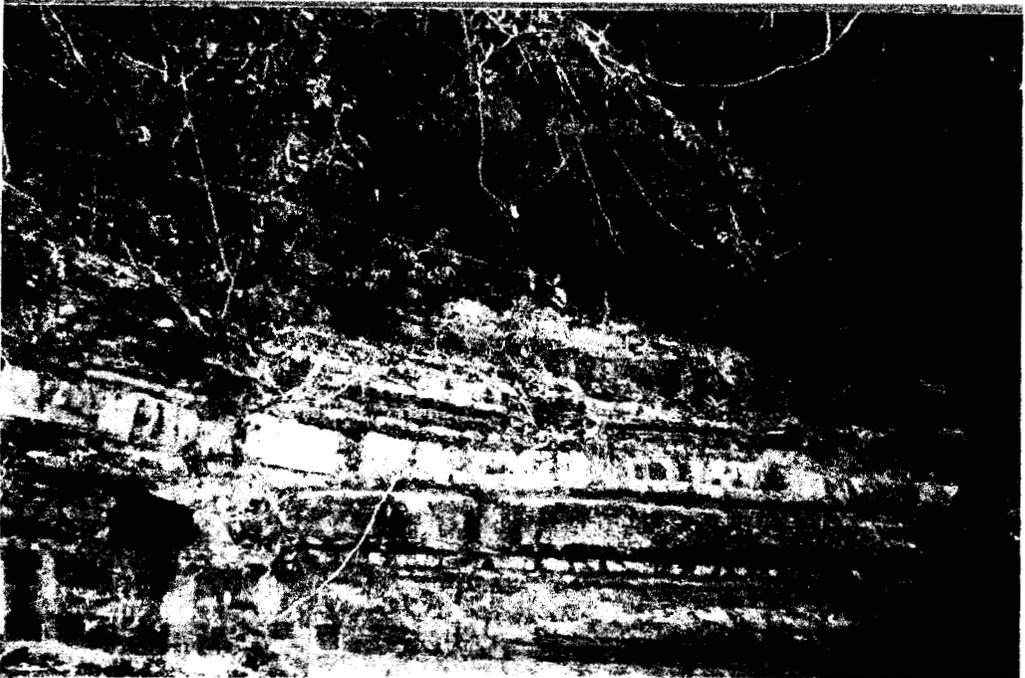
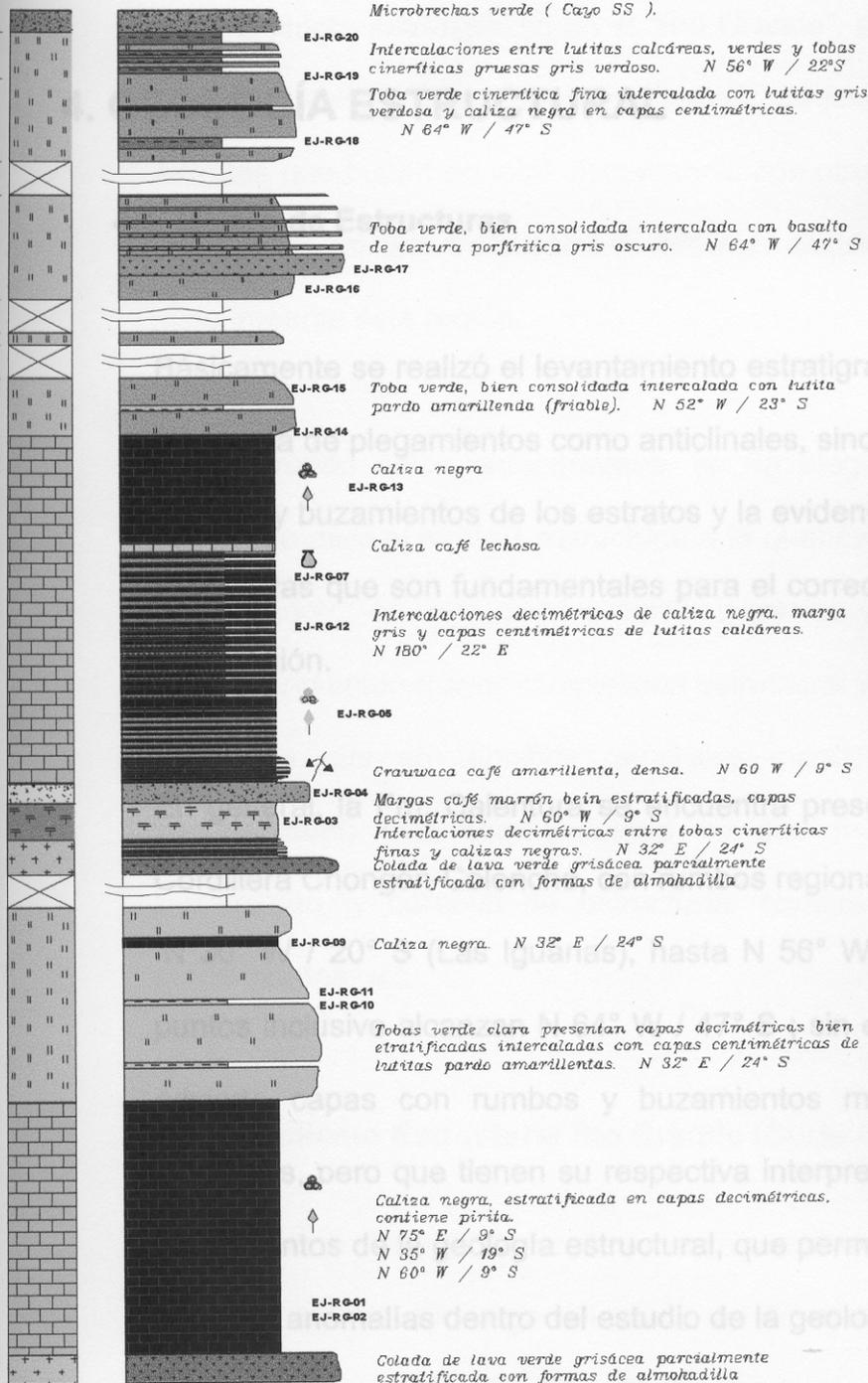


Fig. 3.47 Contacto concordante entre tobas y formas características de Cayo SS

COLUMNA ESTRATIGRAFICA RIO GRANDE

Coordenadas : 550860 ; 9808422

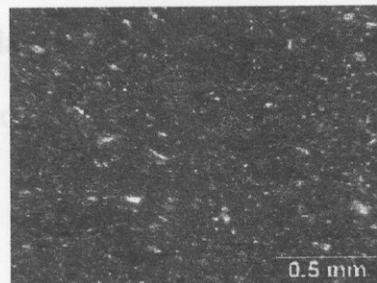


EJ-RG-17



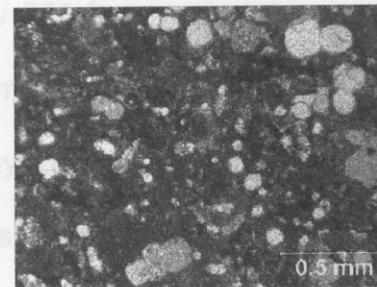
Basalto gris, textura subofítica, presenta cristales alargados de plagioclasa.

EJ-RG-08



Toba cinerítica fina, negra porosidad nula, textura matriz soporte, fractura irregular.

EJ-RG-02



Caliza fosilífera, negra, porosidad nula, textura mudstone, fractura irregular, cementación calcárea.

Coordenadas : 551210 ; 9809015

Fig. 3.48 Columna estratigráfica Río Grande

CAPÍTULO 4

4. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

4.1. Mapeo de Estructuras

Básicamente se realizó el levantamiento estratigráfico considerando la presencia de plegamientos como anticlinales, sinclinales, el registro de rumbos y buzamientos de los estratos y la evidencia de fallas y demás estructuras que son fundamentales para el correcto análisis geológico de la región.

En general, la Fm. Calentura se encuentra presente a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche, con rumbos regionales que van entre N 30" W / 20" S (Las Iguanas), hasta N 56" W / 22" S , en ciertos puntos inclusive alcanzan N 64" W / 47" S ; sin embargo, también se advierte capas con rumbos y buzamientos muy diferentes a los generales, pero que tienen su respectiva interpretación en base a los fundamentos de la geología estructural, que permiten la determinación de estas anomalías dentro del estudio de la geología regional.

La mayor zona donde se presenta estos rumbos y buzamientos diferentes, se ubican en el sector de Manglaralto, cuando se realizó el levantamiento estratigráfico en el “Río Grande”, aquí además se pudo observar estructuras como anticlinales, pequeños plegamientos y estratos que buzaban en total discordancia con otros bancos y paquetes adyacentes, lo que demuestra la actividad tectónica en la que se ha visto inmersa esta región.

Considerando estos antecedentes, se ha elegido como lugar más adecuado para el análisis estructural a la quebrada correspondiente a “Río Grande”, en vista que los demás sectores y quebradas de otros ríos no presentan mayor complejidad estructural y si existen, éstas son leves, ya que en términos generales mantienen a lo largo del levantamiento una homogeneidad en sus medidas de rumbo y buzamiento, y carecen de estructuras características como fallas, plegamientos, etc.

Levantamiento Estructural Río Grande (Corte Geológico)

Se comenzó este levantamiento estructural con el trazo de una poligonal abierta a lo largo del cauce del río, en la misma se tomaron datos y registros de litología de afloramientos, además el control

estructural mediante medidas de rumbo y buzamiento, las cuales se las realizó en la mayoría de los afloramientos. Ver fig. 4.1

4.1.1. Fallas

Con datos de campo y una vez procesados en oficina se llegó a la determinación de una posible falla, la cual es fácilmente identificable por la alineación de capas y estratos que se encuentran aflorando a lo largo de la poligonal trazada y que presentan medidas de rumbo y buzamiento muy variables. Otro aspecto importante que conduce a definir la falla, tiene que ver con la litología presentada en los afloramientos registrados, los cuales permiten establecer una clara correlación entre algunos de ellos, de tal forma que se define a muchos de estos afloramientos como pertenecientes a un solo paquete de estratificaciones, que han sido trasladados y en algunos casos rotados hasta ser ubicados en puntos distantes, con medidas de rumbo y buzamiento totalmente cambiadas a las que en un principio tenían y además variantes con relación a afloramientos próximos.

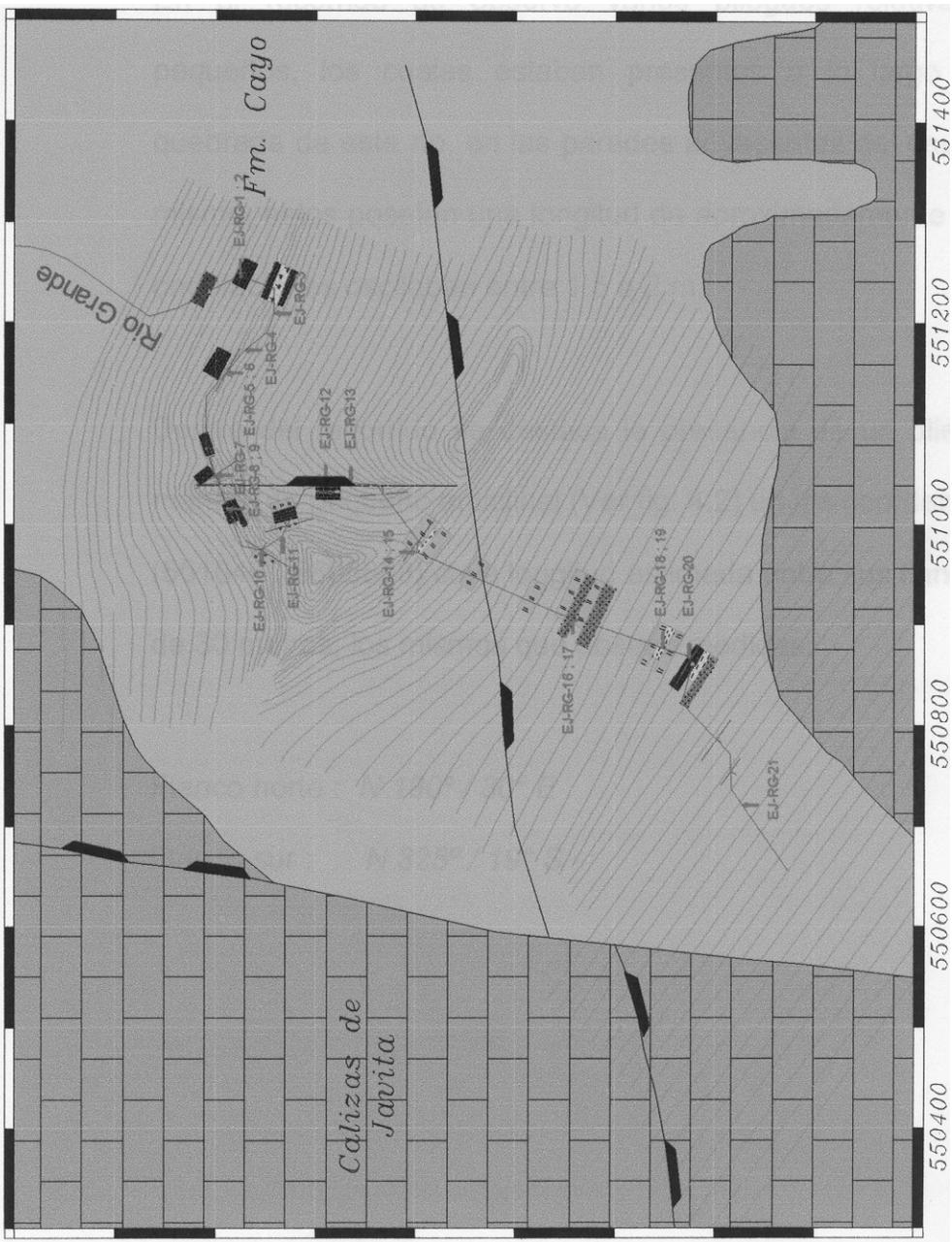


Fig. 4.1 Mapa Geológico-Estructural con trazo de poligonal en Río Grande

4.1.2. Pliegues

En el recorrido se observó varios pliegues relativamente pequeños, los cuales estaban presentes a lo largo de la quebrada de este río, en las paredes adyacentes del cauce del mismo, estos poseían una longitud de aproximadamente 4 m. y ondulaciones oscilaban entre 1.5 a 2 m.

Dentro del recorrido se destaca la presencia de un pliegue a manera de pequeño anticlinal (Ver fig. 4.2) en las coordenadas : (551046 ,9808898) cuya longitud estimada entre sus flancos es de 30 metros, los mismos que poseen medidas:

Flanco norte : $N 180^\circ / 30^\circ E$

Flanco sur : $N 325^\circ / 19'' S$

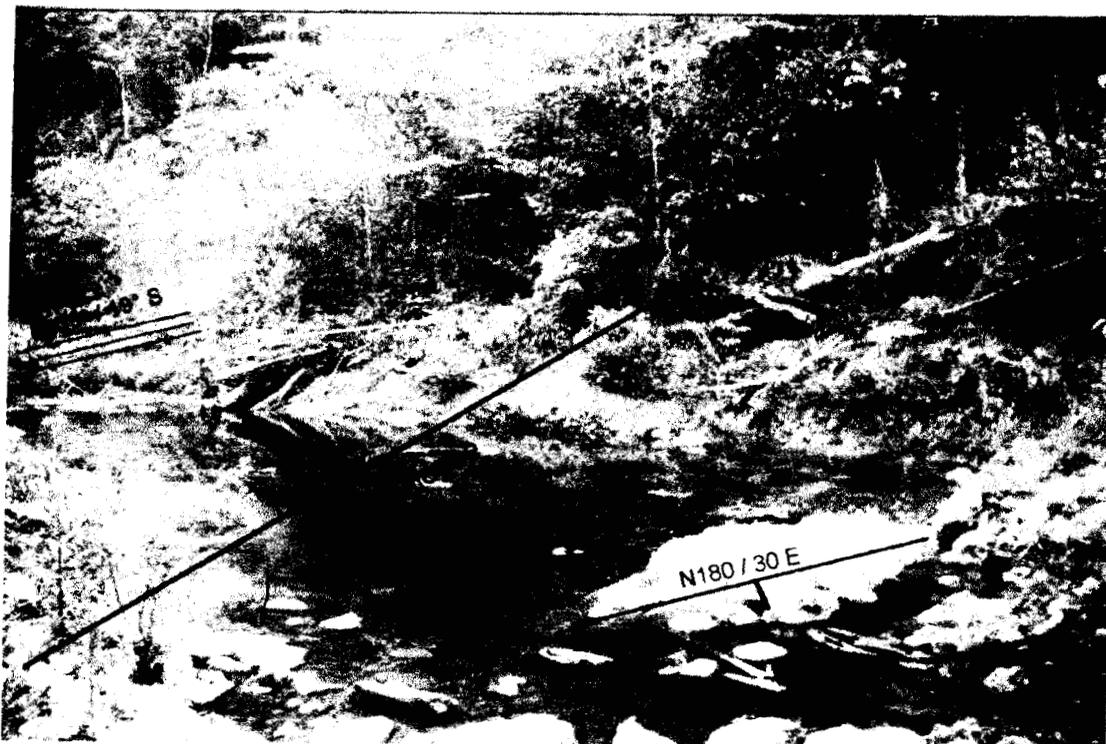


Fig 4.2.- Pliegue a manera de pequeño anticlinal entre calizas negras y tobas negras

Este pliegue anticlinal está conformado principalmente por intercalaciones decimétricas de caliza negra (EJ-RG-09) en capas entre 20 y 30 cm. con tobas finas negras (EJ-RG-08), en capas que van de 10 a 15 cm.

Análisis de pliegues y estructuras

Con valores de rumbos y buzamientos que se han tomado a lo largo del trazo de la poligonal de Río Grande se ha logrado colocar dichos datos al análisis mediante el programa

computarizado "StereoNett" (fig. 4.3 ; StereoNett Versión 2.40 ; Nov. 30 / 1999) , el mismo que nos permite obtener un resultado figurativo de los regímenes estructurales que han actuado en dicha región.

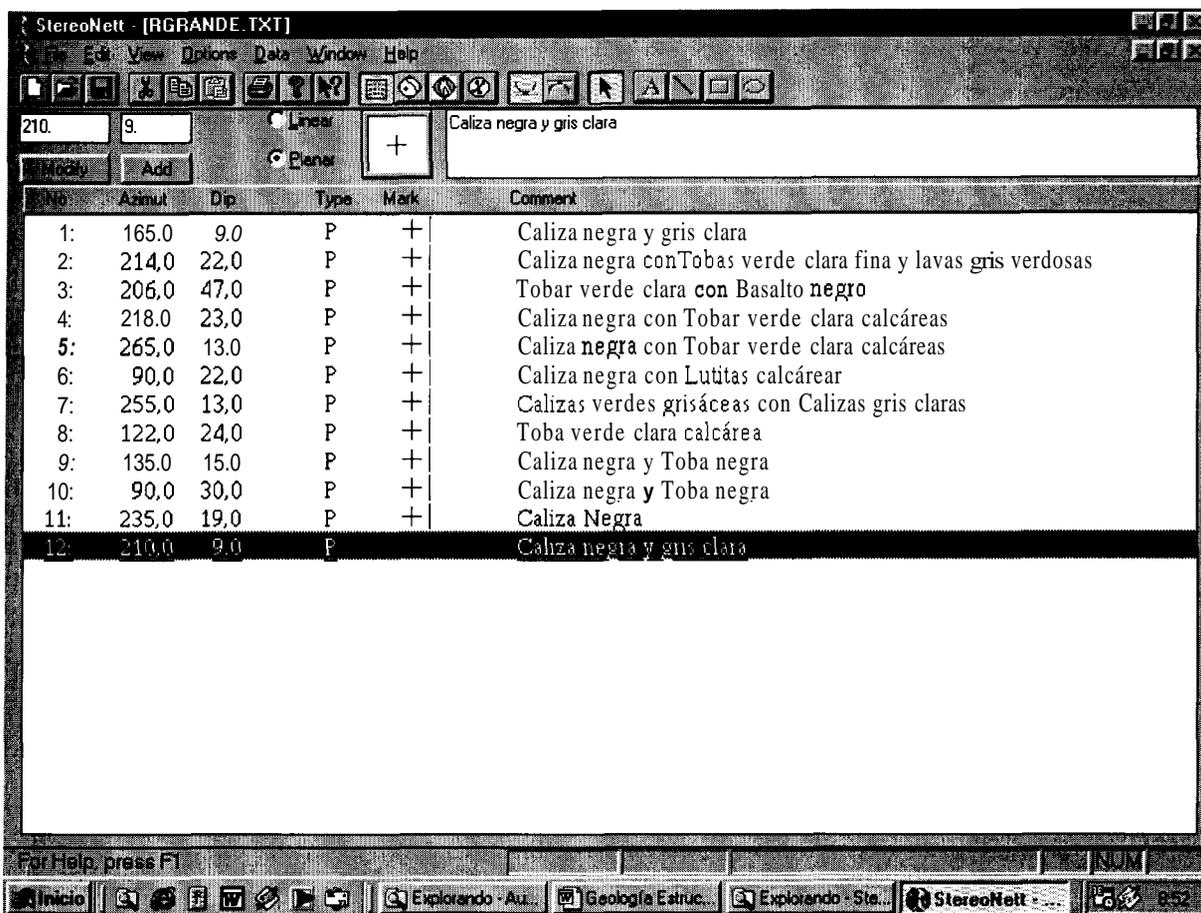


Fig. 4.3.- Programa StereoNett Versión 2.40 (Datos Río Grande)

Los gráficos obtenidos permiten establecer que existe una tendencia de los estratos hacia la dirección de rumbo noreste con una ligera tendencia hacia el noroeste. Ver fig. 4.4

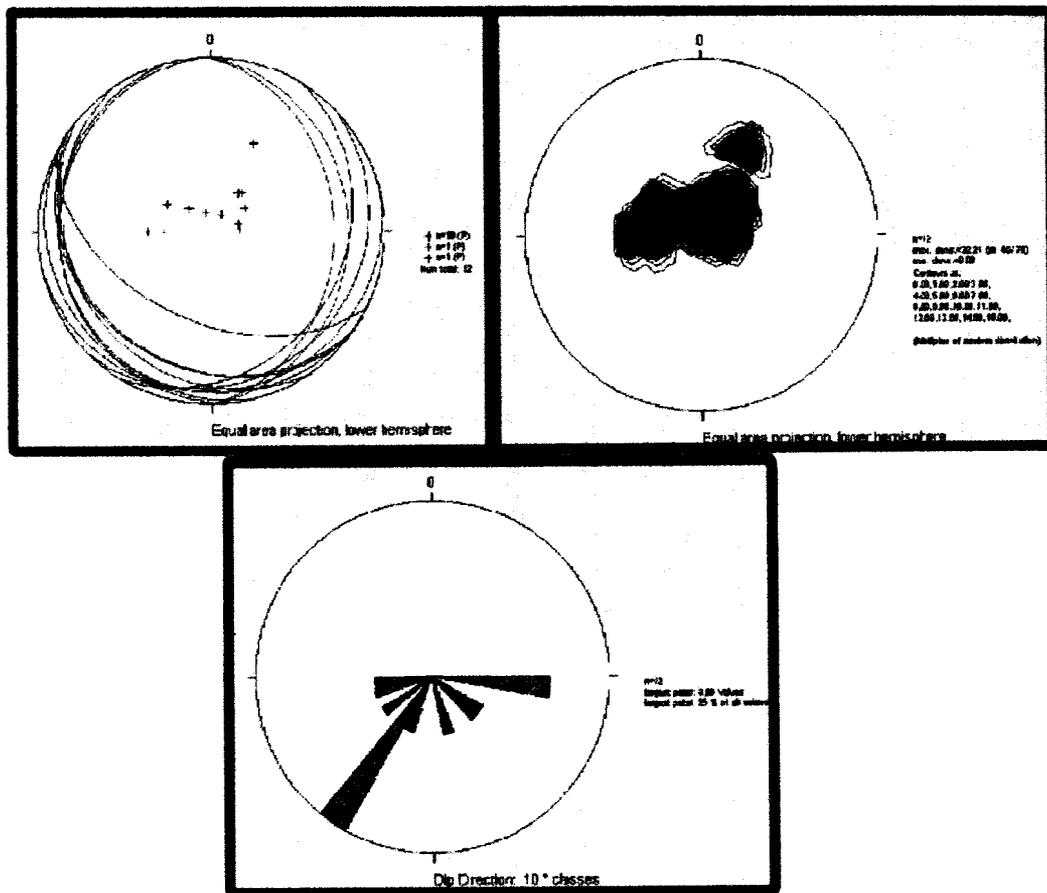


Fig. 4.4.- Estereógramas del análisis estructural de capas en Río Grande

De igual manera se ha analizado los datos de rumbo y buzamiento registrados en los ríos El Diablo y de la Derecha, encontrándose sin mayor novedad en el resultado observado en el campo, donde no se notó ninguna estructura anómala y mas bien se vió capas concordantes cuyo rumbos y buzamientos variaban ligeramente (ver Fig.4.5). Cabe recalcar que en el río de la Derecha se tiene la presencia de margas verde grisáceas, lutitas verdes-lilas, limolitas calcáreas y tobas verde claras.

En cuanto al análisis realizado en el río El Diablo, se observa que sus resultados dan a notar la existencia de anomalías estructurales, y esto es algo considerable porque la tendencia mayoritaria de las capas ubicadas en el tramo del levantamiento geológico posee rumbos hacia el noreste (entre 10° y 70° hacia el noreste) y buzamientos hacia el sur (entre 10° y 28° sur); sólo a partir del punto de coordenadas (571050 , 9786960), hacia el norte se tiene que el rumbo de las capas cambia hacia el noroeste (entre 45° y 80° noroeste), con igual buzamiento hacia el sur (entre 14° y 23°).

Todo esto determina la presencia de importantes anomalías estructurales, ya que sus medidas de rumbo principalmente difieren de los demás registros obtenidos en el levantamiento de los ríos Villegas, Guaraguau, Paco y Grande; que son los que presentan calizas bituminosas negras a lo largo de su cauce. Así tenemos que en río El Diablo el sector donde se presentan las

calizas negras, calizas grises, lutitas gris claras, poseen medidas de rumbo y buzamiento $N 28^\circ E / 28^\circ S$.

Lamentablemente las condiciones que se presentan a lo largo de la quebrada del Río El Diablo, no permitieron la visualización de estructuras significativas para hacer un estudio más a detalle, pues la estrechez del cauce en la mayoría del recorrido, además de la vegetación allí presente y los varios tramos de zona cubierta, fueron factores determinantes para la no realización del mismo; inclusive no permitió el levantamiento con brújula y cinta, por lo que se lo hizo sólo con GPS. Ver fig. 4.6

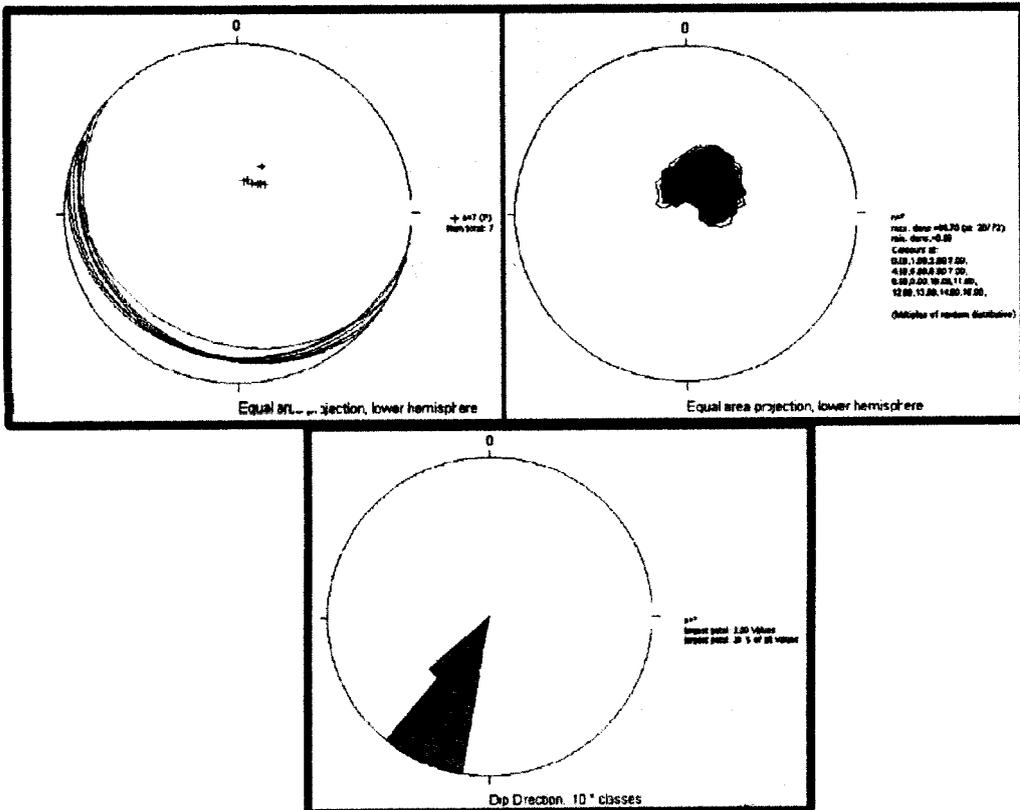


Fig. 4.5.- Estereogramas del análisis estructural de capas en Río de la Derecha

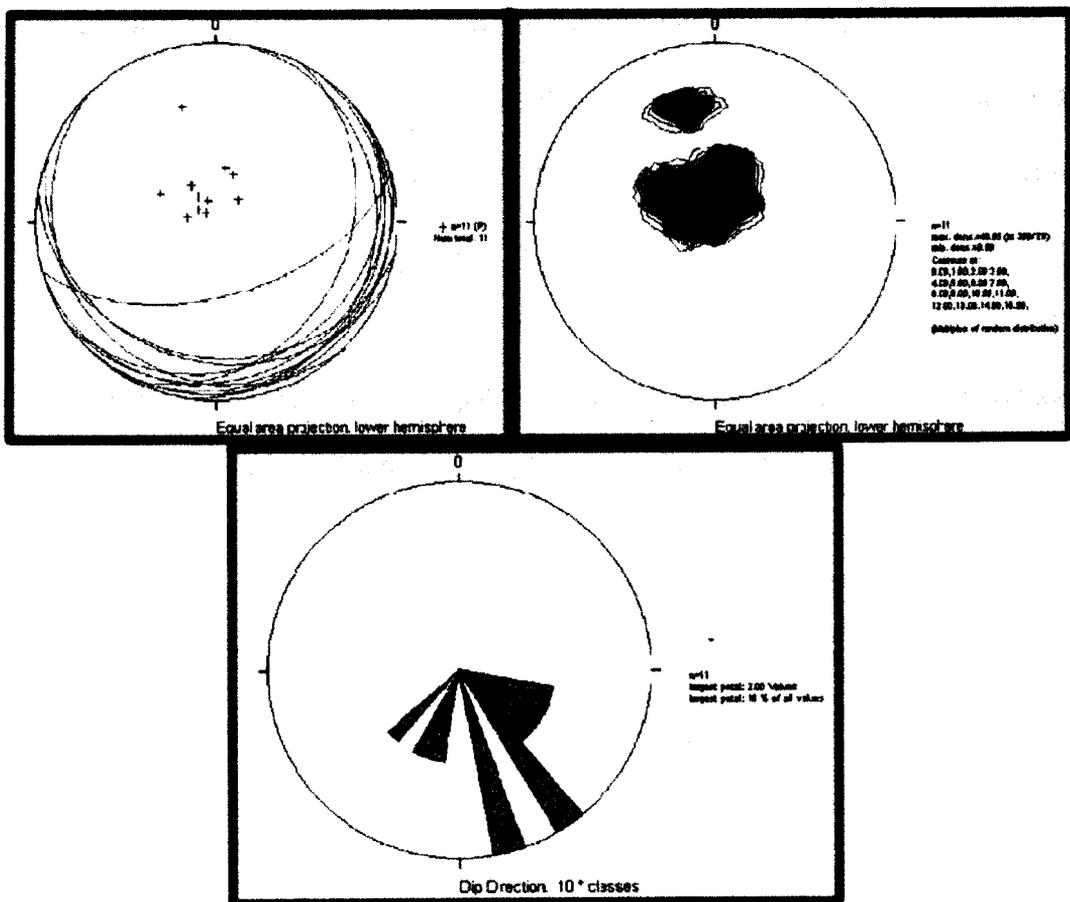


Fig. 4.6.- Estereógramas del análisis estructural de capas en Río El Diablo

4.2. Corte Geológico

En el área de estudio se realizó los cortes transversales a la Cordillera Chongón Colonche y de esta forma se obtuvo el levantamiento geológico en quebradas de los ríos ya mencionados a través de las columnas estratigráficas que se han presentado en este trabajo.

Debido a que en un principio se colocó límites al sector a estudiar, se conformó el estudio con la obtención de las columnas estratigráficas; sin embargo, a medida que el proyecto tomaba consideraciones a escala mayor, es decir, que paso a ser correlacionado a lo largo de toda la Cordillera Chongón Colonche y no entre partes aisladas de la misma, se trató de integrar un “corte total” que abarque de una manera global e integral lo que presenta dicha Cordillera.

Dentro de la cordillera Chongón Colonche existen muchas áreas idóneas para poder realizar un corte transversal a la misma, partiendo desde la parte norte de ésta hacia el sur donde se encuentra la cuenca Progreso.

Se ha tomado como un corte representativo de la Cordillera Chongón Colonche el realizado por Benítez (1986) presentado en su Corte Geológico en el Río Bachilero. Lo importante de tomar este corte como referencia es que además es correlacionable con la línea sísmica LV – 25 que fue registrada por Western Geophysical en 1981 y reinterpretada por R. Marksteiner y A. Aieman en el informe de Amoco Ecuador Oil Co. en 1993. Ver Fig. 4.7

Corte Julio Moreno – Río Bachillero

El corte **A-B** es un corte transversal de la cordillera Chongón Colonche de rumbo N 120 ubicado en las siguientes coordenadas A (571000 , 9756300) y B (583600 , 9780000), Orográficamente, es el rasgo mas sobresaliente en la Costa del Ecuador. En general La cordillera Chongón Colonche está conformada por una estructura homoclinal con rumbo promedio N110 y buzamiento entre 15 a 25 hacia el Sur. Esta presenta la siguientes Formaciones de Norte a Sur: Cayo (Calentura , Cayo SS), Guayaquil, Grupo Las Masas (Formaciones San Eduardo, las Masas y Javita). Ver fig. 4.8

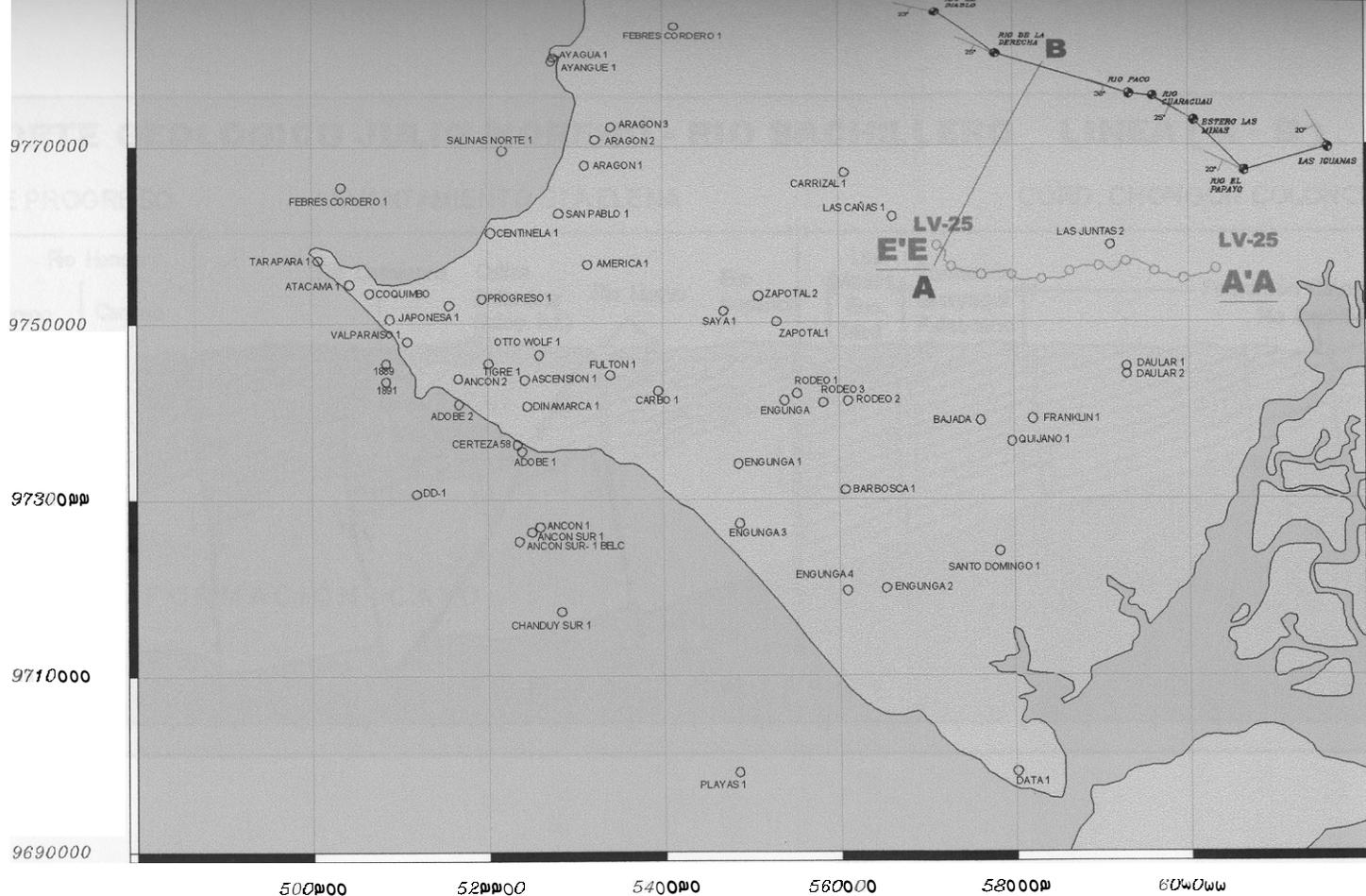


Fig. 4.7.- Mapa de ubicación del Corte A-B, línea sísmica LV-25, levantamientos de columnas en ríos y pozos petroleros

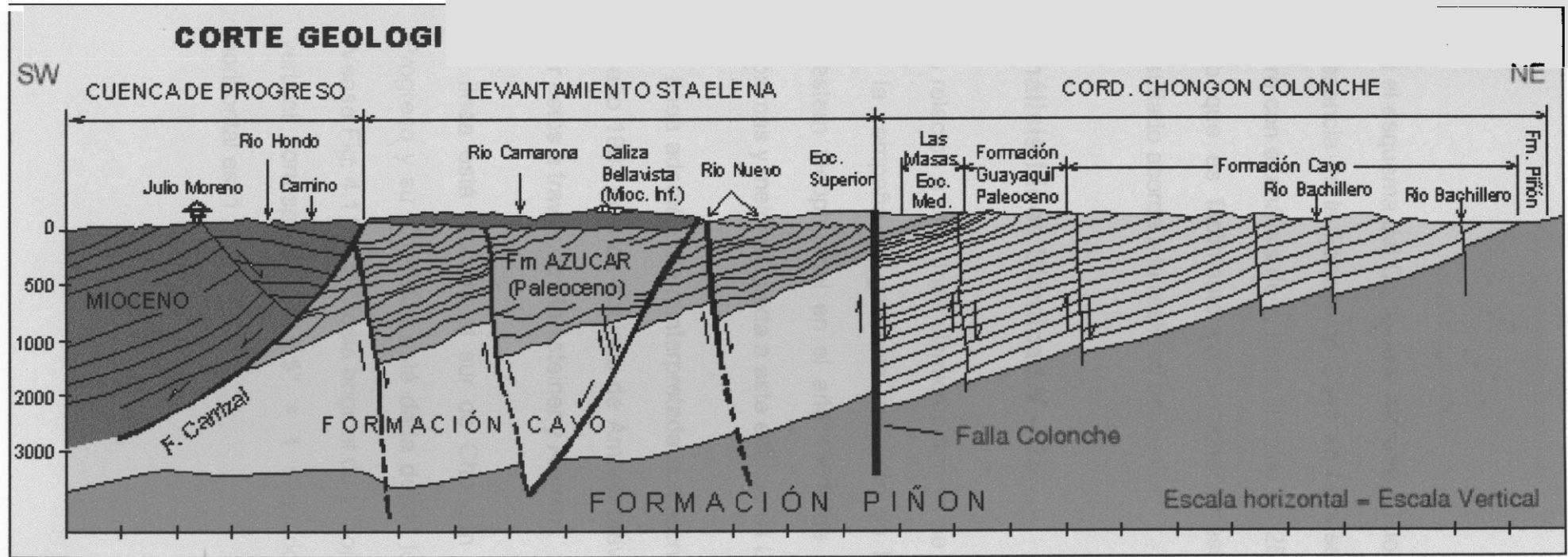


Fig.4.8.- Esquema del Corte Julio Moreno – Río Bachillero de dirección NE- SW perpendicular a la Cordillera Chongón Colonche (Modificado de Benítez, Corte Geológico en el Río Bachillero, 1986)

En el esquema del Corte Julio Moreno – Río Bachillero, se observa la presencia de la Formación Cayo en la base de la cuenca progreso, pero con el análisis de la línea sísmica LV-25 se confirma esto, es por ello que es fácilmente correlacionable estos dos cortes para un resultado acorde a la realidad del sector.

Análisis Línea Sísmica LV – 25

En relación a esta línea sísmica como ya se mencionó, fue registrada en la campaña de geofísica realizada en la costa ecuatoriana por Western Geophysical en el año 1981, de la cual una de las más próximas y mejor ajustada a este estudio es LV – 25.

La línea además fue reinterpretada con tecnología más avanzada en el año 1993 con los equipos de Amoco previo al informe presentado por estos a través de Marksteiner y Aleman.

La línea está ubicada al sur de Chongón Colonche en la cuenca Progreso y su extensión está dada desde los puntos A'A hasta E'E (Véase Fig. 4.1 1). La escala original de la hoja tomada para el análisis vertical corresponde a: $2.5'' = 1$ segundo ; mientras su escala horizontal es: 1 : 50.000.

Con el fin de determinar los topes de cada una de las formaciones presentes en la línea sísmica, se procedió a partir del análisis de velocidades que se registraron en diferentes puntos o locaciones a lo largo de la misma, bajo la dirección del Ing. Gerardo Berrones geofísico del CIGG se realizó la estimación de profundidades, para ello, se necesitaba determinar las velocidades de la onda transmitida en cada uno de los diferentes intervalos o medios a través del subsuelo. Es así que aplicando el método de cálculo de velocidades de Dix, se logró obtener velocidades ajustadas al medio y por ende la obtención de las profundidades de tope y piso de las capas allí presentes.

ii) de velocidades

Tabla 10.- Valores obtenidos en la locación 930 de LV - 25

LV- 25
VelocityID :18
Location : 930

time (ms.)	VRMS (m/s)	Vint(m/s)	V media (m/s)	Espesor (m.)	Prof. Total (m.)
0	2000				
540	2100	2100	2100	567	567
860	2558	3184	2504	509,6	1076,6
1100	2900	3885,7	2805	466,3	1543
1700	3550	4504	3405	4351,3	2894
5000	4200	4498	4126,6	7422	10316

Tabla 11.- Valores obtenidos en la locación 780 de LV - 25

LV- 25
 VelocityID :15
 Location : 780

time (ms.)	VRMS (m/s)	Vint(m/s)	V media (m/s)	Espesor (m.)	Prof. Total (m.)
0	2000				
460	2150	2150	2150	494,5	494,5
820	2350	2583	2340	465	959,5
980	2350	2356	2343	188,5	1148
1300	2450	2731	2438	437	1585
1420	2550	3452	2524	207,1	1792
1660	2600	2878	2575	345	2137
2180	2950	3860,5	2882	1004	3141
2460	3250	5004,4	3123,4	700,6	3841,8
3620	3550	4114,4	3441	2386,4	6228
5000	4000	4991,2	3868,8	3444	9672

Tabla 12.- Valores obtenidos en la locación 80 de LV - 25

LV- 25
 VelocityID :15
 Location : 80

time (ms.)	VRMS (m/s)	Vint(m/s)	V media (m/s)	Espesor (m.)	Prof. Total (m.)
0	2200				
380	2550	2550	2550	484,5	484,5
780	3000	3372,3	2971,7	674,5	1159
1020	3001	3004	2979	360,5	1519,5
1460	3002	3004,3	2987	661	2180,4
1740	3100	3567,6	3080,3	499,5	2680
2480	3650	4696	3562,4	1737,5	4417,4
3380	4200	5434,8	4061	2445,7	6863
5000	4400	4790,5	4297,3	3880,3	10743,3

Cálculo de profundidades de topes de formaciones, datos tomados de *LV-25 Velocity ID : 15*

Location : 780

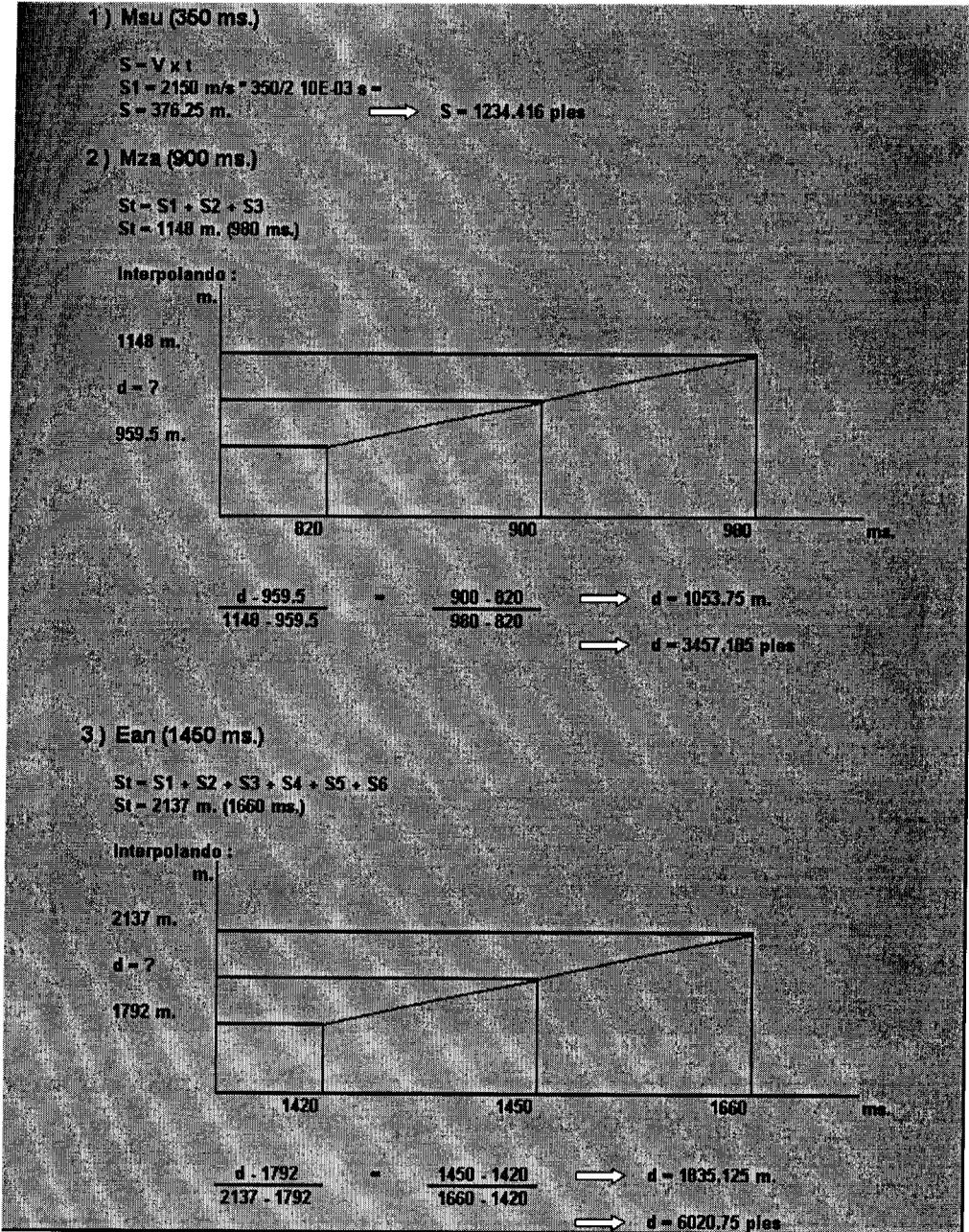


Fig. 4.9.- Esquema ilustrado del cálculo de profundidades de topes de formaciones en la locación 780

Cálculo de profundidades de toques de formaciones, datos tomados de *LV-25*
Velocity ID : 15

Location : 780

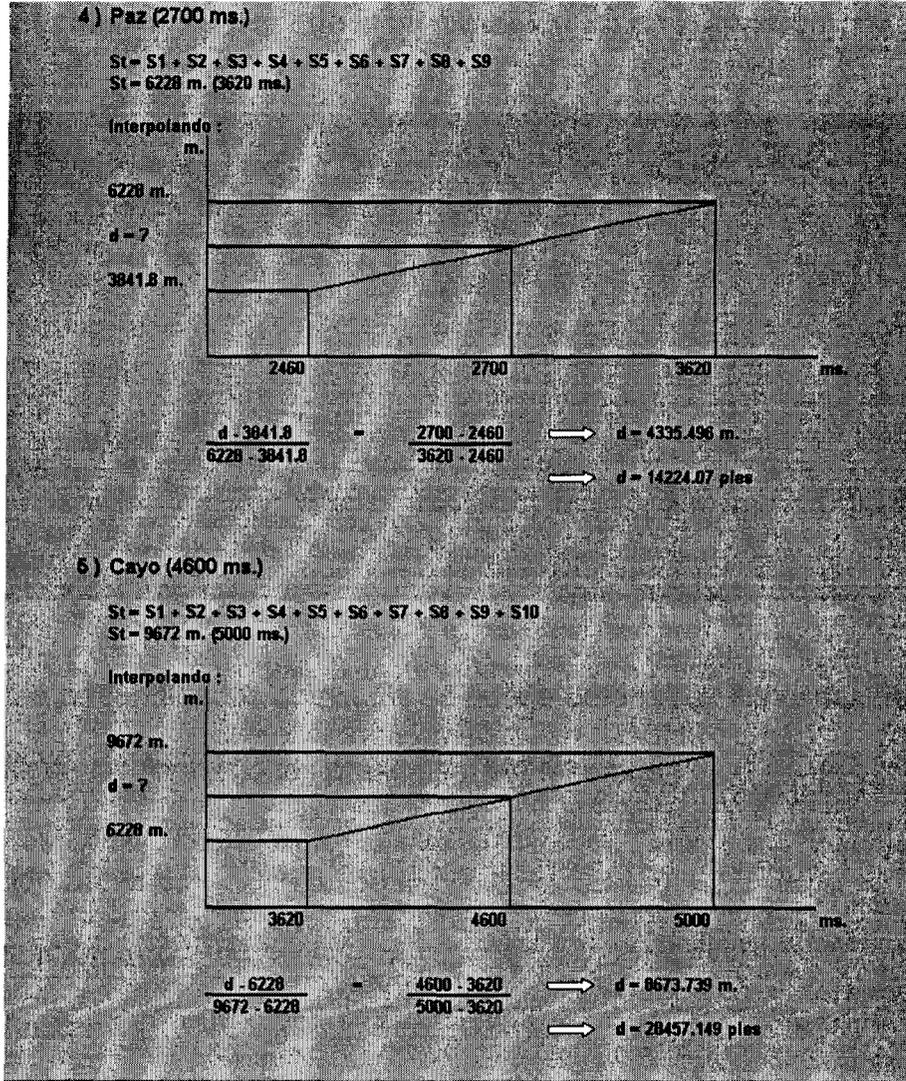


Fig. 4.10.- Esquema ilustrado del cálculo de profundidades de toques de formaciones en la locación 780

Por lo tanto en resumen se obtiene el siguiente cuadro de profundidades de toques y pisos geológicos de las diferentes formaciones registradas en LV – 5 con su respectiva edad y además de acuerdo al gradiente geotérmico del área se ha establecido la temperatura de cada una de ellas.

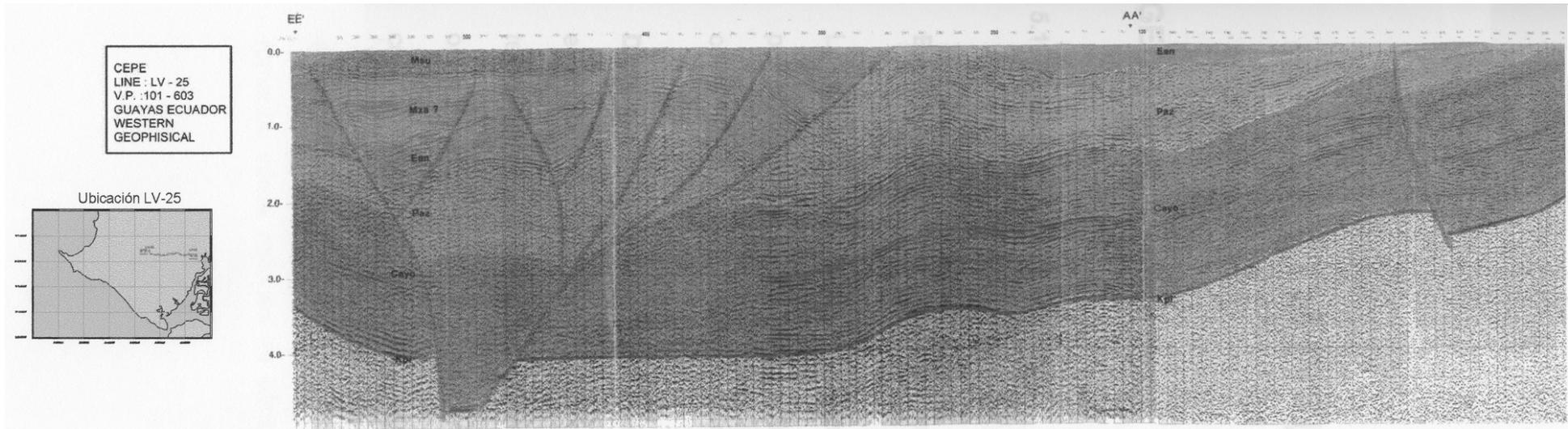
Tabla 13.- Cuadro de resumen total de topes de profundidades a lo obtenidas a partir de la sísmica LV – 25 en la locación 780

FORMACIÓN	EDAD (Ma.)	PROFUNDIDAD		TEMPERATURA	
		metros	pies	°C	°F
Msu	Mioceno inf. - Mioceno med. 11.0 - 20.0	376,250	1234,416	33,516	92,330
	Eoceno sup. - Oligoceno med. sup.	1053,750	3457,185	43,457	110,223
Mza	Eoceno medio 40.0 - 51.0	1835,125	6020,750	54,921	130,859
Ean	Paleoceno 55.5 - 66.0	4335,496	14224,070	91,608	196,895
Paz	Santoniano - Campaniano 72.5 - 87.0	8673,739	28457,149	155,261	311,471
Cayo	Cenomaniano - Turoniano 89.0 - 99.0	9012,265	30091,797	162,571	324,629
Calentura					

Con estas profundidades obtenidas se puede determinar los espesores de cada una de las formaciones presentes, así tenemos :

- Formación Subibaja : 376.250 m.
- Formación Zapotal : 677.5 m.
- Grupo Ancón : 738.375 m.
- Formación Azúcar : 2500.371 m.
- Formación Cayo : 4338.27 m.
- Formación Calentura : 338.526 m.

Además también permitió realizar un análisis de simulación geoquímica para la determinación de ventanas de generación de aceite y gas como se verá en el capítulo 7



WEST

Fig. 4.11 Línea Sísmica **LV – 25** , procesada por Western Geophysical en mayo 1981, reinterpretada por Marksteiner y Aleman en Coastal Ecuador Technical Evaluation and Agreement, Amoco Ecuador Oil Co. 1993

CAPÍTULO 5

5. GEOQUÍMICA

5.1. Generalidades

Evolución de la Materia Orgánica

La materia orgánica preservada en los sedimentos como resultado del progresivo enterramiento sufre alteraciones estructurales y composicionales en función del aumento de temperatura. Ver fig. 5.1

Diagénesis.- Proceso que ocurre en condiciones de poco enterramiento (normalmente solo algunos cientos de metros) y bajas temperaturas ($< 50^{\circ} \text{C}$). Durante este proceso los sedimentos que originalmente tenían grandes cantidades de agua tienden a alcanzar condiciones de equilibrio. (Hunt 1996).

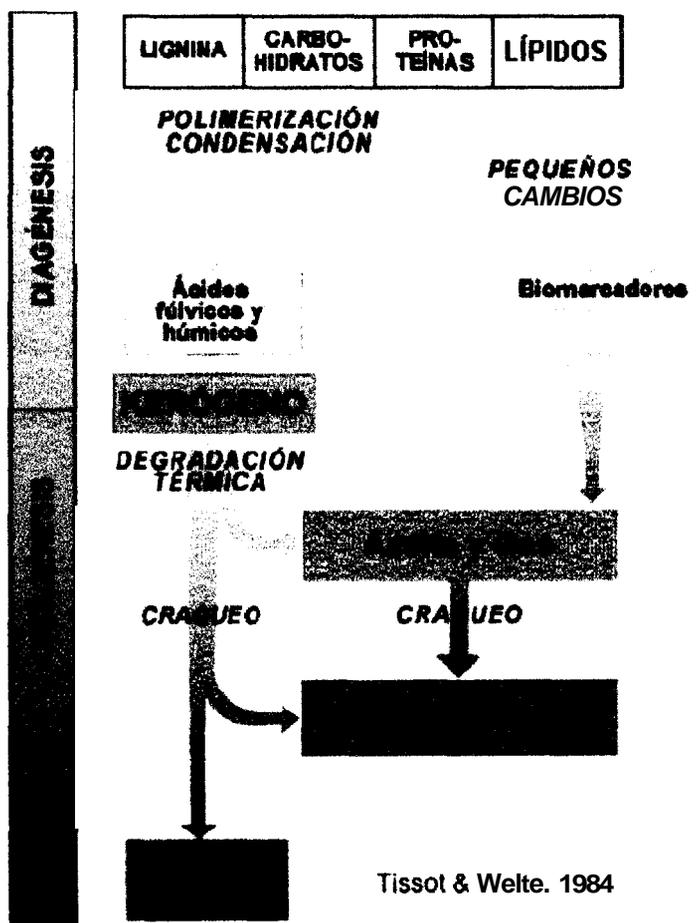


Fig. 5.1.- Formación del Kerógeno y Generación del Petróleo

Catagénesis.- Proceso de alteración termal de la materia orgánica por enterramiento y calentamiento en el rango aproximado de 50 a 150° C y tomando vanos millones de años (Tissot y Welte, 1984 y Hunt, 1996).

Durante este tiempo la degradación termal del kerógeno genera bitumen, aceite y gas.

Metagénesis.- Es el último estado de alteración térmica significativa de la materia orgánica. Durante esta etapa la generación de gas (esencialmente metano) predomina, dejando un residuo carbonoso (coque). La metagénesis ocurre en el rango de temperaturas superiores a 200 – 250° C.

Rocas Madres

Una roca madre (o generadora) está definida como cualquier roca capaz de generar y expulsar petróleo para formar acumulaciones comerciales de aceite y/o gas (Hunt, 1996).

La capacidad de una roca para generar petróleo o gas está fundamentalmente controlada por la cantidad y calidad de la materia orgánica que ella contiene. Por lo tanto la formación de las rocas madre está intrínsecamente relacionada con el ciclo del carbono en el planeta.

La evaluación de rocas sedimentarias indicadoras de posibles rocas madres de hidrocarburos, se basa en la cantidad de la materia orgánica (kerógeno), calidad de ésta y su madurez térmica.

Al contrario de las muestras del subsuelo, las muestras de afloramientos pueden sufrir del intemperismo superficial que resulta en la oxidación. La oxidación reduce el nivel de enriquecimiento orgánico de la muestra, el potencial generador total y su aparente productividad de crudo y puede también influenciar el nivel observado de madurez térmica.

Por lo tanto se vuelve sumamente importante que se tomen las muestras lo más frescas posibles. Como mínimo las características del afloramiento deberían ser descritas en detalle. Esto ayudará a la interpretación final de los resultados obtenidos.

Condiciones ideales para la formación de Rocas Madres

- Alta productividad biológica dentro o hacia el sitio del depósito.
- Condiciones anóxicas en el ambiente de depósito.
- Tasas de sedimentación medias a bajas.
- Ambiente de baja energía (Sedimentación de grano fino).

Estados de Madurez de las Rocas Generadoras

El estado de madurez está relacionado con el grado de transformación que la materia ha sufrido, en función de la cual, la materia orgánica ha sido encasillada en una escala que fluctúa entre inmaduro y calcinado, factor que se lo obtiene mediante los análisis de:

- IAT (Indicie de Alteración Térmica), que está basado en una escala de colores de los pólenes y esporas.
- %Ro (Reflectancia de la Vitrinita), que es una medida más confiable que la anterior basado en el poder reflector que presentan ciertas partículas orgánicas: la vitrinita.
- T_{máx} (Temperatura máxima de generación de hidrocarburo), que es la temperatura correspondiente al máximo de evolución del Pico S₂ en la pirólisis; Esta temperatura aumenta con el grado de evolución. Generalmente, el intervalo de temperaturas entre 400 y **435°C** corresponde a la zona inmadura.

La zona de generación de cantidades significativas de hidrocarburos líquidos y gaseosos (zona madura) está caracterizada por temperaturas situadas entre 435 y 470°C, esta es la ventana de generación de

Hydrocarbon; temperatures superior to 470°C, represent the zone propicia for the generation of gas. (zona senil). Observe the fig. 5.2.

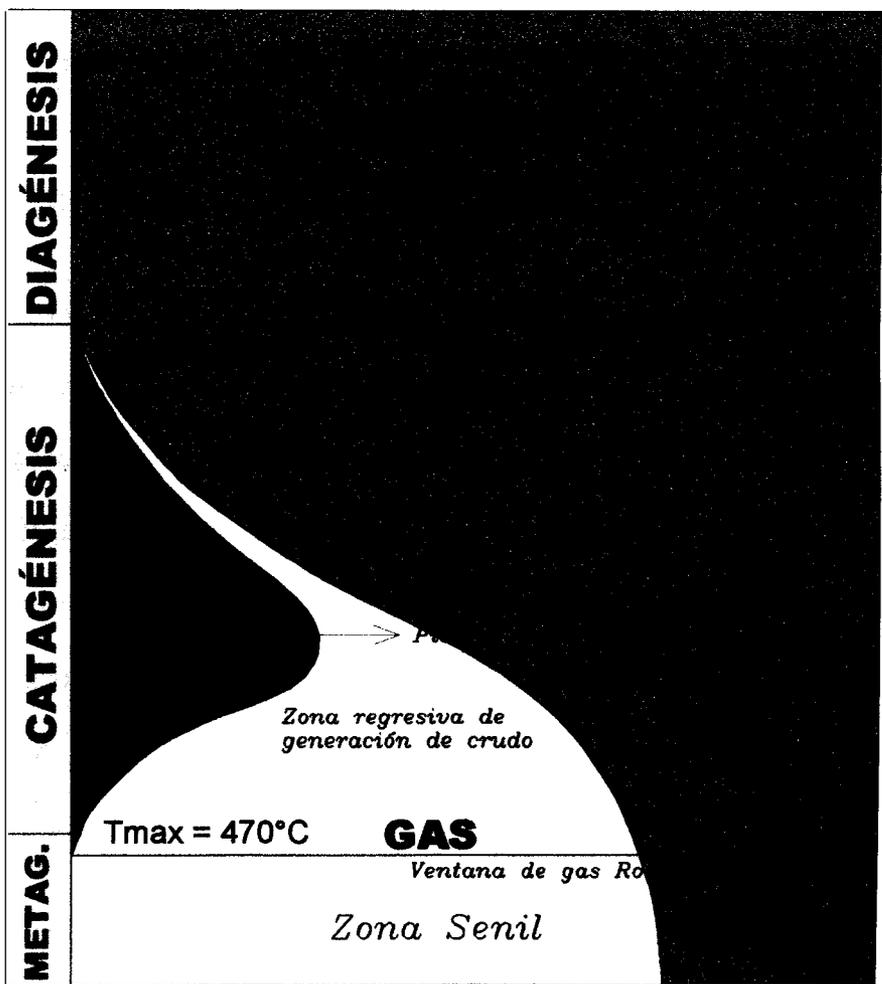


Fig. 5.2.- Formación del Kerógeno y Generación del Petróleo

5.2. Pirólisis

Simulación en laboratorio del proceso natural de maduración de la materia orgánica. Este proceso involucra experimentación de temperaturas mayores de las que normalmente son registradas en superficie, pudiendo asimilar las reacciones termoquímicas ocurridas en un corto espacio de tiempo.

Descripción del Equipo (Rock – Eval)

El Rock Eval VI es un equipo de nueva generación basado en tecnología de la IFP, la cual mediante la técnica de pirólisis sirve para detectar el potencial Hidrocarburífero de una muestra sólida.

El Rock Eval VI está controlado con el software ROCKSIX, todas las partes están controladas eléctricamente con un DC. Los dos hornos pueden ser calentados hasta 850 ° C (la versión anterior El Rock Eval II sólo llegaba hasta los 650° C). Estos son controlados por dos termocuplas: una en la pared, otra en el pistón bajo el crisol.

La muestra pesada se la pone en un crisol, el cual se inserta en un muestreador automático.

1) Primer paso

Durante la pirólisis, los hidrocarburos libres gaseosos y líquidos contenidos en la roca son volatilizados y detectados por medio de un FID (S1).

Los hidrocarburos pesados y los kerógenos son craqueados (S2), al mismo tiempo, el **CO** y **CO₂** producidos son detectados mediante una celda infrarroja (**S3, S3'** y **S3CO₂**).

2) Segundo Paso

Durante la oxidación, el **CO** y **CO₂** resultantes de la combustión de la roca y el carbón orgánico residual son detectados durante un gradiente de temperatura por medio de una celda infrarroja (**S4CO, S4CO₂**).

El carbón mineral (MIN **C**) es detectado durante este paso. Bajo la acción de la temperatura, el carbón mineral en **CO** y **CO₂**.

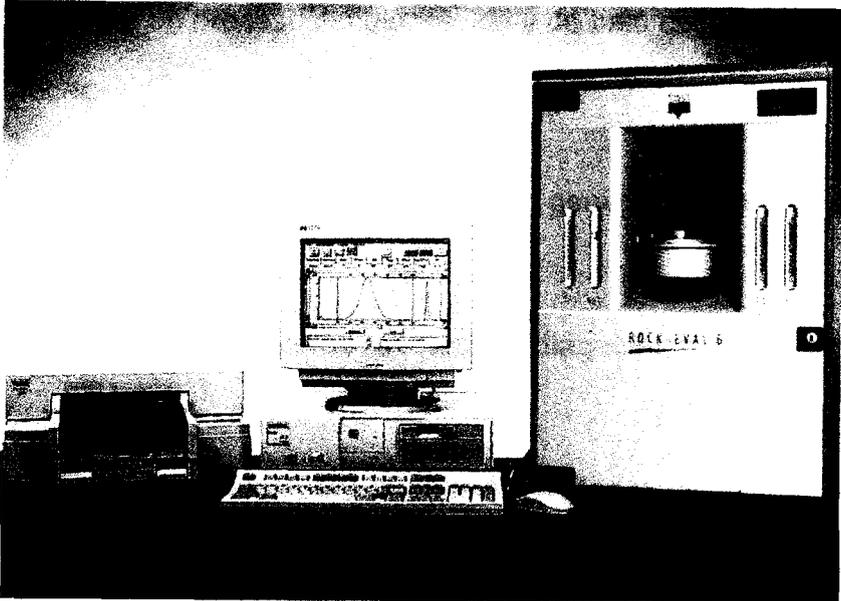


Fig. 5.3 Equipo Rock-Eval 6
(Laboratorio Geoquímica CIGG)

En conclusión el equipo determina los parámetros geoquímicos como : S_1 , S_2 , S_3 , $T_{\text{máx}}$ y TOC, los cuales serán detallados mas adelante. Al final de cada secuencia de muestras analizadas, se puede imprimir los resultados y gráficos que sirven para el reporte final.

En los análisis por Pirólisis aplicados a muestras de ripios o testigos de corona son necesarios muy pequeñas cantidades de roca (muestras de 20 a 100 mg.)

La Pirólisis es un proceso simple, rápido y de bajo costo que posibilita establecer:

- a) Reconocer los varios tipos de rocas generadoras o estimar el potencial petrolero de las mismas.
- b) Caracterizar el grado de evolución diagenética de la materia orgánica.
- c) Seleccionar intervalos para otros análisis Geoquímicos
- d) Determinar zonas con indicios o acumulaciones de petróleo.

Determinación de Parametros Geoquímicos

Básicamente tenemos que la pirólisis es un procedimiento analítico que permite rápidamente y a partir de una pequeña cantidad de muestra de roca evaluar, diferentes tipos de materia Orgánica, grado de evolución térmica y el potencial generador de Hidrocarburo.

El equipo de pirólisis Rock Eval VI determina los siguientes parámetros geoquímicos:

S₁ = Corresponde a la medida en (mg HC/g roca) de los hidrocarburos libres que pueden ser volatilizados a temperaturas

menores de 300°C, antes de iniciar el craqueo del kerógeno. El S1 se incrementa con la madurez a expensas del S2.

S₂ = Corresponde a los hidrocarburos producidos durante el craqueo del kerógeno (medidos en mg HC/g roca) y representa el potencial actual de una roca para generar petróleo. Esta es una medida **mas** realista del potencial petrolífero de una roca que el TOC, que incluye el carbón no relacionado al hidrógeno.

POTENCIAL DE PETRÓLEO	TOC % (peso)	S1 (mgHC / g Roca)	S2 (mgHC / g Roca)
Pobre	0.0-0.5	0.05	0.0-2.5
Favorable	0.5-1.0	0.5-1.0	2.5-5.0
Bueno	1.0-2.0	1.0-2.1	5.0-10.0
Muy Bueno	2.0-4.0	2.0-4.0	10.0-20.0
Excelente	> 4	> 4	> 20

Tabla 14 Cuadro de resumen de potencial de generación de petróleo con datos de TOC y Pirólisis

S₃ = Corresponde a una medida del CO₂ producido durante la pirólisis del Kerógeno (mg. CO₂/g. roca).

Temperatura Máxima (T_{máx})

Corresponde a la temperatura del horno (°C) en el momento de la generación máxima durante el análisis (S2). Se considera una medida de la madurez térmica del Kerógeno y normalmente está controlada por el tipo de materia orgánica. En general rocas generadoras inmaduras presentan valores de T_{máx} < 435°C, rocas en estado de madurez temprano valores entre 435-445°C, rocas en pico de generación entre 445-450 °C, rocas en el final de la ventana de aceite 450-470°C y rocas sobremaduras > 470°C.

índice de Hidrógeno (IH)

[$IH = (S2/COT) \times 100$, en mg HC/g COT]

Es un indicador de la cantidad de hidrógeno en el Kerógeno. Altos valores del IH indican alto potencial generador para HC líquidos.

índice de Oxígeno (IO)

[$IO = (S3/COT) \times 100$, en mg CO₂/g COT]

Es un indicador de la cantidad de oxígeno en el Kerógeno. En general rocas con altos valores de IO y bajos de IH tienen poco potencial de HC líquidos.

Índice de Producción (IP)

$$[IP = S1 / (S1 + S2)]$$

Es una medida de la conversión del kerógeno en petróleo, correspondiendo por lo tanto una tasa de transformación. El IP aumenta con la profundidad en la medida en que el potencial generador de kerógeno (**S2**) es convertido en hidrocarburos libres (**S1**). Como consecuencia del proceso de expulsión y de la entrada en la ventana de gas, este índice normalmente disminuye.

Valores de IP por encima de 0,1 son considerados como indicativos del inicio de la ventana de generación. Para valores de T_{máx} menores de 435°C, valores de IP mayores de 0.1 son considerados anómalos, estando probablemente relacionados a contaminaciones naturales (petróleo migrado) o de lodo de perforación.

Los datos de IH e IO son interpretados en diagrama de Van Krevelen modificado para definir el tipo de Kerógeno predominante (I, II o III). Este diagrama es útil para evaluar rocas inmaduras o en el inicio de la ventana de aceite. En rocas en pico o sobremaduras el contenido actual de hidrógeno está disminuido.

El índice de Hidrógeno y el índice de Oxígeno poseen buena correlación con las relaciones atómicas H/C y O/C, obtenidas por el análisis elemental de los Kerógenos aislados de las rocas.

Pueden definir tres tipos de materia orgánica directamente de las muestras de roca a través del diagrama tipo Van Krevelen. Fig. 5.4

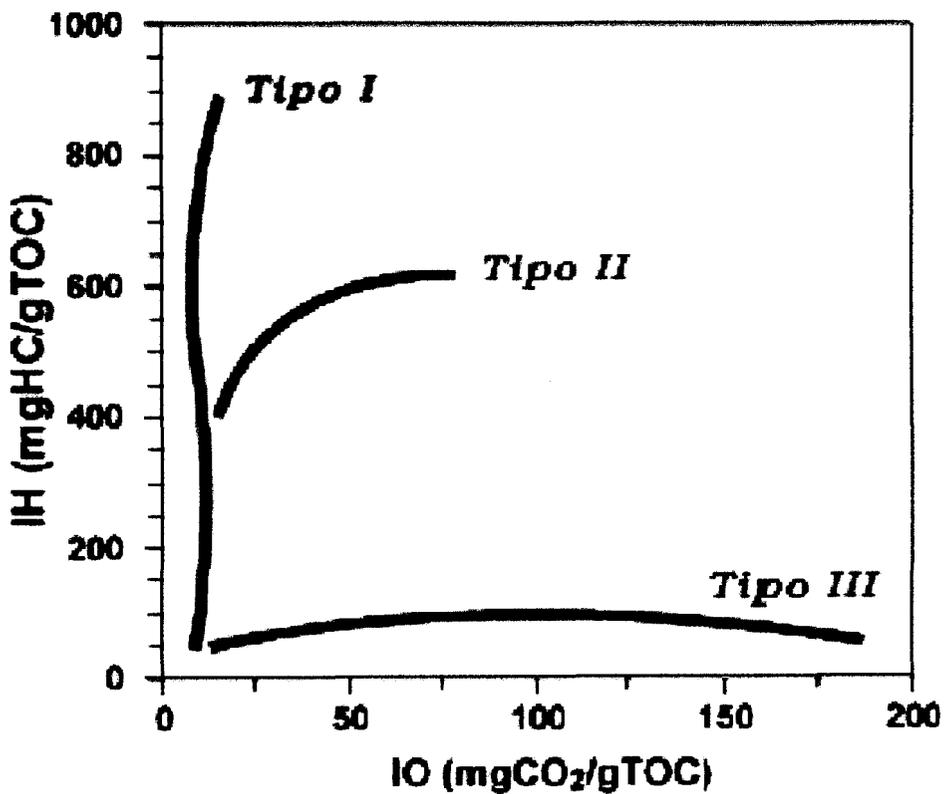


Fig. 5.4 Diagrama de Van Krevelen

Tipo I

Se refiere a aquel con un alto contenido inicial de hidrógeno. Este tipo de kerógeno tiene un predominio de lípidos debido principalmente a la acumulación selectiva de material algal. Es poco frecuente, siendo especialmente común en ambientes lacustres de agua dulce (estratificados) o hipersalinos.

Tipo II

Es el más frecuente en muchas rocas generadoras del mundo. En general posee altos contenidos de hidrógenos y bajos / moderados contenidos de oxígeno. Este tipo de kerógeno normalmente se relaciona con sedimentos marinos donde ocurre la mezcla de materia orgánica derivada de fitoplancton, zooplancton y bacterias.

Tipo III

Se refiere a aquel que posee un bajo contenido inicial de hidrógeno y alto contenido de oxígeno. Este tipo de Kerógeno normalmente se asocia a materia orgánica derivada de plantas continentales (superiores) depositadas en deltas y otros ambientes marinos proximales (ejemplo: Estuarios).

Un cuadro de resumen de los tipos de kerógeno se lo puede observar en la fig. 5.5

TIPOS DE KERÓGENO			
	I	II	III
C alifático	74%	51%	38%
C aromático	14%	30%	49%
H/C	1,640	1,340	1,060
O/C	0,060	0,190	0,280
N/C	0,003	0,041	0,015
S/C	0,001	0,003	0,001

Fig. 5.5 Cuadro de resumen tipos de kerógeno

5.3. Determinación del TOC

El Carbono Orgánico Total (TOC) describe la cantidad de carbono orgánico en una muestra de roca en incluye tanto el kerógeno como el bitumen.

Kerógeno.- Es la fracción remanente (insoluble) de la materia orgánica, después que una muestra de roca pulverizada ha sido atacada con solventes orgánicos (Peters y Cassa, 1994).

Bitumen.- Es la fracción orgánica de un sedimento que es extraíble con solventes orgánicos (Tissot y Welte, 1984).

Estos parámetros se lo determina mediante el equipo LECO ó Rock Eval y se lo expresa en % Peso.

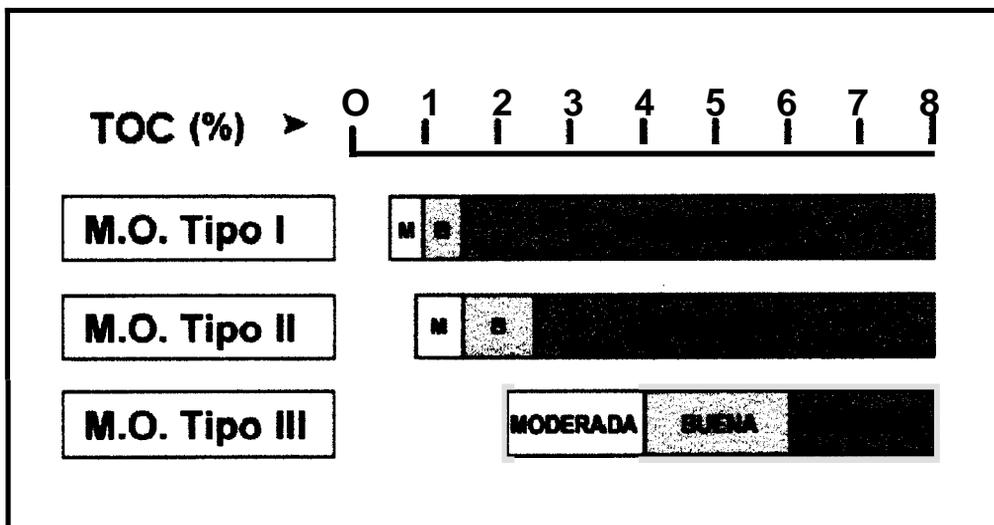


Fig. 5.6 Clasificación de las Rocas Madres usando datos de TOC y Pirólisis (Espitalié 1995)

Basándose en el porcentaje de TOC se puede aplicar la siguiente escala:

% Carbono Orgánico Total	ESCALA
<i>0 - 1</i>	<i>Improductiva</i>
<i>1 - 2</i>	<i>Pobre</i>
<i>2 - 2.75</i>	<i>Moderada</i>
<i>2.75 - 3.5</i>	<i>Buena</i>
<i>3.5 - 5</i>	<i>Muy Buena</i>
<i>5</i>	<i>Excelente</i>

Tabla 15 .- Escala de los Tenores de TOC en la roca.

5.4 Petrografía del Kerógeno

La petrografía orgánica es una herramienta esencial para la evaluación de una roca generadora, ésta consiste en observaciones microscópicas del Kerógeno.

Análisis visual del Kerógeno

Observación al microscopio (bajo luz transmitida y fluorescencia) de secciones delgadas con concentrados de kerógeno obtenidos. Las

secciones delgadas contienen kerógeno aislado de la matriz mineral por acidificación. De esta forma se puede caracterizar el tipo de materia orgánica y el grado de madurez usando la fluorescencia y el índice de alteración térmica (IAT).

CAPÍTULO 6

6. GEOLOGÍA HISTÓRICA

Para enfocar lo ocurrido en la zona de estudio, se debe remontar a períodos como el Jurásico (hace 60 Ma.), Cretácico, tiempos en que ocurrieron fenómenos muy importantes que marcaron diferencias entre la geografía (relieve del terreno, movimientos de corteza terrestre, zona de alto y bajo nivel del mar, etc.) y además las condiciones del ambiente en que se desarrollaba la vida en el planeta (clima, vegetación, corrientes marinas, temperatura, etc.).

Por lo tanto se ha convenido separar el estudio de la geología histórica en dos puntos principales como son el Paleoambiente y la Evolución Tectónica de Placas y Deriva Continental.

6.1. Paleoambiente

Fundamentalmente para la determinación del paleoambiente registrado en el área de estudio, es necesario enfocarse principalmente en el Eustatismo, que es el fenómeno que consiste en las variaciones del nivel absoluto del mar a escala del planeta. Este término fue creado por Suess en 1906 para explicar las diferencias de

nivel marino entre el Cretácico superior y tiempos más antiguos o actuales.

El fenómeno eustático tiene relaciones genéticas con la tectónica de placas, el volcanismo y la orogénesis. Pero también importantes relaciones con los medios sedimentarios y el tipo de sedimentación, sea porque esos últimos están influidos también por la tectónica de placas global, la misma que induce cambios en la geodinámica externa: medio oceánico, clima biotopos.

Conclusiones Generales sobre las causas del Eustatismo

Los factores más influyentes sobre el eustatismo son :

- 1) La tectónica global, que controla el número de placas.
- 2) Las variaciones de volumen de las dorsales medio-oceánicas (tectono-eustatismo).
- 3) Las variaciones del agua disponible debidas a las glaciaciones (glacio-eustatismo).
- 4) El acortamiento de las placas continentales ligadas a la orogénesis, que induce variaciones en la superficie de **los** océanos.

Otros dos factores, aún no definidos, que podrían influir sobre el nivel marino, son las deformaciones del geoide (eustatismo geoidal) y el relleno sedimentario de los océanos.

Dichos fenómenos no tienen los mismos periodos, la misma amplitud, ni las mismas velocidades, pero pueden interactuar.

La tectónica global, al determinar épocas de placas convergentes o divergentes, es considerada como responsable de los ciclos eustáticos de primer orden, es decir, de largo periodo (más de 500 Ma.), incluye indirectamente a las variaciones eustáticas ligadas a las orogénesis continentales.

El tectono-eustatismo, ligado al volumen de las dorsales, puede explicar variaciones de unas centenas de metros. **A** pesar de que está demostrado solo a partir del Cretácico superior, es admitido como el mayor factor para las variaciones eustáticas de segundo orden (Ciclos mayores, período de 3 a 50 Ma.). Sin embargo, fenómenos de subsidencia tectónica, posiblemente controlados por el tectono-eustatismo influyen muy probablemente sobre dichos ciclos.

El origen de las variaciones eustáticas de tercer orden (secuencias, períodos de 0.5 a 3 Ma.) plantea un problema todavía no resuelto.

Los ciclos eustáticos de cuarto orden (parasecuencias, período de 0.01 a 0.5 Ma.) son considerados como controlados principalmente por el clima (glaciaciones, ciclos de Milankovich) o por fenómenos tectónicos locales.

Eustatismo y Tectónica de Placas

Las causas supuestas del eustatismo tienen relaciones con la tectónica de placas.

a) Relaciones con la acreción oceánica y las orogénesis

En períodos de placas divergentes, la dislocación de los súpercontinentes crea nuevos océanos y nuevas dorsales activas y voluminosas. El nivel marino es alto.

En períodos de placas convergentes, las colisiones tienden a reducir el número de las placas, y luego de las dorsales. El nivel eustático es bajo. Además, la orogénesis aumenta la superficie de los océanos, haciendo bajar más el nivel marino.

A la escala de la era geológica, el control de la tectónica de placas sobre el eustatismo está bien establecido para los tiempos fanerozoicos. Ver fig. 6.1.

En el Pre-Cámbrico terminal, existe un super-continente y el nivel marino es bajo. En el Cámbrico, el super-continente se dislocó, creando seis continentes dispersados. El nivel marino sube y culmina en el Ordovícico.

Durante el Paleozoico superior (Ordovícico superior-Devónico) ocurrieron dos fases mayores de colisión (orogénesis Caledoniana-Acadiana, y Hercínica-Uraliana-Apalachiana), que formaron el súper-continente de la Pangea. El nivel Eustático bajó mucho y alcanzó un mínimo en el Permo-triásico. En el Mesozoico, la dislocación de la Pangea provocó un alza mayor del nivel marino. Las grandes transgresiones del Jurásico medio-superior y del Cretácico medio-superior coinciden con la expansión rápida de los océanos Tethysiano y Atlántico respectivamente. La regresión del límite Jurásico-Cretácico corresponde a un período de débil expansión Tethysiana, el océano Atlántico siendo todavía cerrado.

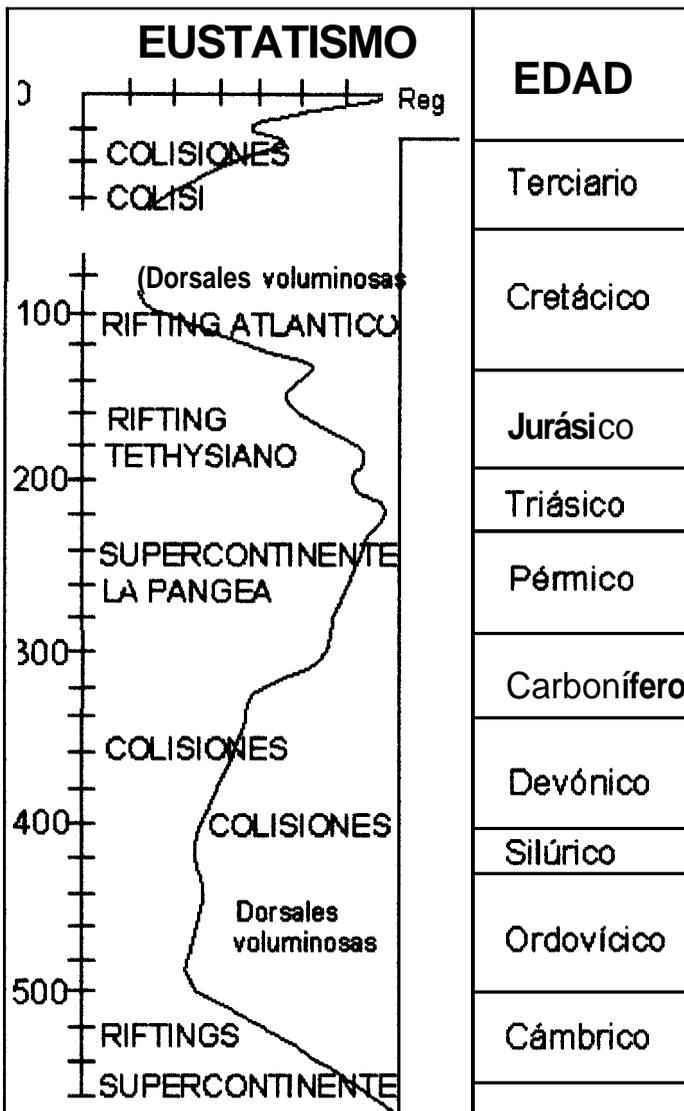


Fig 6.1.- Relación Eustatismo-Geodinámica Terrestre

El Cenozoico está caracterizado por un nuevo período de colisiones, haciendo desaparecer las dorsales Tethysianas, e induciendo una nueva regresión mayor.

b) Relaciones con la ubicación de los continentes

Por otro lado, notemos que las glaciaciones tienen real efecto solo cuando continentes, cuya ubicación está controlada por la tectónica de placas, existen en los polos. Finalmente, el eustatismo geoidal es sensible cuando la repartición de los continentes es irregular, es decir, cuando existen super-continentes.

Consecuencias del Eustatismo sobre la sedimentación y la vida

El fenómeno eustático tiene relaciones genéticas con la tectónica de placas, el volcanismo y la orogénesis. Pero tiene también importantes relaciones con los medios sedimentarios y el tipo de sedimentación, sea porque esos últimos están influidos también por la tectónica global, o también porque induce cambios en la geodinámica externa: medio oceánico, clima, biotopos.

Relaciones entre Eustatismo y Clima.

Relaciones con las temperaturas.

En épocas frías, el isótopo O^{16} del oxígeno del agua (el más abundante) se encuentra atrapado en el hielo de los glaciares y en los campos de hielo.

A la escala de los ciclos de primer orden (≥ 50 Ma.), se nota una nítida asociación entre temperaturas altas y nivel marino alto por un lado, y temperaturas frías y regresiones eustáticas por el otro lado (ver fig.6.2).

Durante el Meso-Cenozoico, el clima más cálido se observa durante el Cretácico superior. Durante la gran regresión terciaria, las temperaturas de los océanos bajan progresivamente, como lo demuestran las medidas del O^{18} de los foraminíferos en el Océano Pacífico. Además se observó que las regresiones del límite Cretácico-Terciario o del Oligoceno medio corresponden a notables enfriamientos del clima, mientras que las transgresiones del Eoceno medio y del Mioceno son coetáneas de épocas más calurosas.

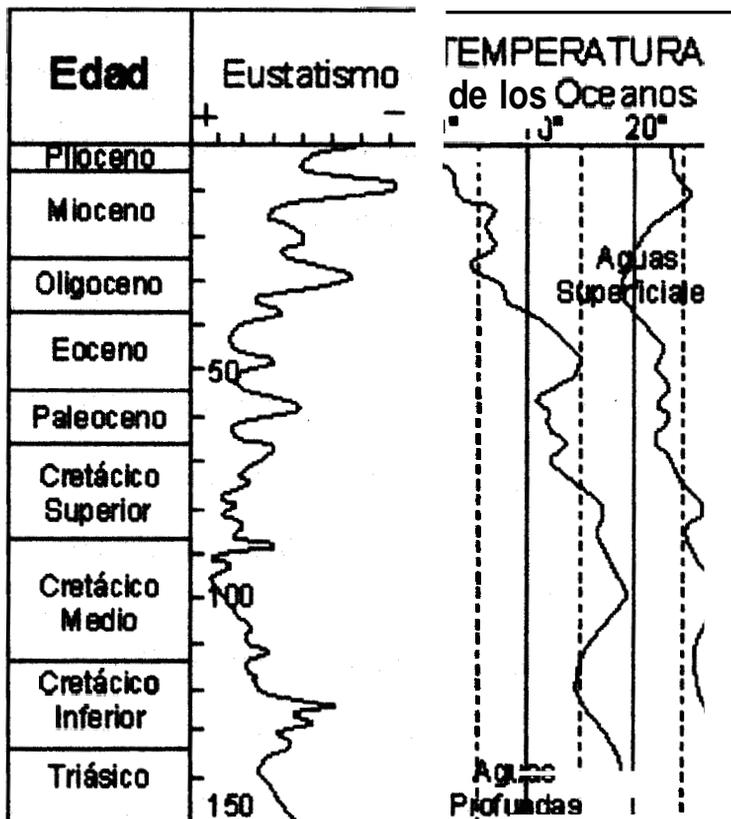


Fig. 6.2 Variaciones de la temperatura de las aguas oceánicas desde 150 Ma.

En cuanto a los ciclos de alta frecuencia, la causa principal, por lo menos durante el Neógeno, es el glacio-eustatismo. Sus relaciones con el clima son evidentes.

Relaciones con la Lluviosidad.

Durante las transgresiones, la superficie mayor de los océanos aumenta la cantidad de evaporación. La nubosidad aumenta, y las

precipitaciones son más abundantes, induciendo un clima húmedo. Paralelamente, la superficie de las tierras emergidas disminuye, aumentando el papel de regulador térmico de los océanos, e induciendo un clima con débiles variaciones térmicas diarias o estacionales.

Esas condiciones favorecen el desarrollo de los organismos autótrofos y el crecimiento de una abundante Vegetación, que absorbe los rayos solares, favoreciendo el alza de las temperaturas.

Finalmente, el CO_2 presente normalmente en la atmósfera refracta o refleja parcialmente los rayos solares. En condiciones de clima húmedo, el CO_2 está fijado por la vegetación (fotosíntesis), los rayos solares son menos reflejados y la temperatura aumenta.

Al contrario, durante las regresiones, la gran superficie de tierras emergidas favorece los climas de tipo continental (con fuertes contrastes térmicos diarios o estacionales), la disminución de la evaporación favorece un clima seco, y la vegetación o los organismos autótrofos absorben menos el CO_2 o los rayos solares, induciendo un clima más frío. Por ejemplo, el Permo-Triásico, que corresponde a una época de muy bajo nivel marino con un súper-continente, está caracterizado por un clima árido (desiertos, evaporitas) con fuertes contrastes térmicos.

Relaciones entre Eustatismo y sedimentación detrítica o carbonatada.

Las variaciones climáticas inducen también cambios en el tipo de sedimentación.

a) Períodos de bajo nivel eustático

En períodos de regresión eustática, el clima es desfavorable a la vegetación, y las erosiones tanto mecánica como química aumentan. Esta situación de desequilibrio está llamada **rhexistasia**. Además, el descenso del nivel marino provoca la excavación del curso de **los** ríos. Por lo tanto, la sedimentación se vuelve más detrítica y más importante. En el mar ocurren lagunas sedimentarias sobre los altos fondos, debido a que están expuestos a las olas o a las corrientes de superficie.

A la escala de los ciclos de 1ºer orden, los períodos de tectónica convergente (colisiones), que corresponden a la formación de súper-continentes y a bajos niveles eustáticos, inducen climas áridos con erosión activa. El detritismo importante es frecuentemente entrampado en los continentes (Ejemplo del Permo-Triásico).

b) Épocas de alto nivel eustático

En épocas de alto nivel marino, el clima es más favorable a la vegetación y la erosión disminuye. Esta situación de equilibrio en los continentes corresponde a la **biostasia**. La escasez de aportes detríticos permite el desarrollo de la sedimentación carbonatada. Además, los pocos aportes detríticos están entrampados en los márgenes de los continentes (deltas, plataformas clásticas). En consecuencia, se observan reducciones sedimentarias o hiatos en los fondos oceánicos, como se lo ha puesto en evidencia en el Eoceno medio.

Por otro lado, las transgresiones, al crear amplios dominio marinos someros y al inducir temperaturas más calientes, favorecen el desarrollo de organismos calcáreos (bivalvos, foraminíferos, nanofósiles), ya que las conchas de dichas faunas constituyen una gran parte de la sedimentación calcárea, las épocas de transgresión corresponden generalmente al desarrollo de extensas plataformas carbonatadas (Ejemplos del Triásico medio-superior, del Jurásico medio y superior, del Cretácico medio y superior, del Eoceno medio). Notemos que las épocas de transgresión a menudo coinciden con períodos anorogénicos de dislocación continental (acreción oceánica activa). El detritismo es débil, lo que favorece también la sedimentación carbonatada.

Además la actividad importante del fitoplancton, al fijar el CO_2 hace bajar el contenido de dicho gas en las aguas superficiales de los océanos. Luego, el potencial de disolución de los carbonatados disminuye en esta agua superficiales. Sin embargo, el alza de la superficie de la CCD tiene efectos inversos en las aguas profundas.

Relaciones entre Eustatismo y profundidad de compensación de los carbonatados (C.C.D.)

La cantidad de gas disuelto que puede contener un líquido se incrementa cuando aumenta la presión y/o baja la temperatura. Por ejemplo, en los océanos, la cantidad de dióxido de carbono (CO_2) contenida en el agua aumenta con la profundidad: las aguas superficiales contienen 6 a 8 veces menos de CO_2 que las aguas profundas.

La presencia de dicho gas disuelto en el agua favorece la disolución del carbonato de Calcio, de acuerdo a la reacción siguiente:



Los organismos calcáreos muertos caen en el agua, y llegan en aguas mas ricas en CO_2 . Al inicio, la disolución es generalmente débil, hasta alcanzar una cierta profundidad en la cual aumenta abruptamente. Se produce entonces la disolución de la Calcita de acuerdo a la reacción mencionada, dicha superficie se llama la Lysoclina. Pocas centenas de metros más abajo, el aporte de la Calcita es totalmente eliminado por disolución: es la Profundidad de Compensación de la Calcita (Calcite Compensation Depth = CCD). Debajo de esta profundidad, sólo se depositan sedimentos no calcáreos (lutitas, cherts, radiolaritas, etc.). Ver fig 6.3

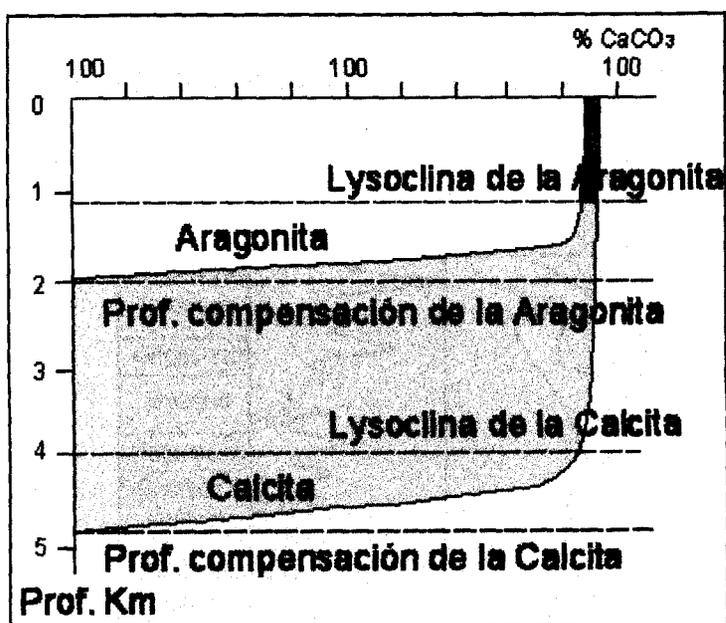


Fig. 6.3 La disolución de los Carbonatos con la profundidad en los Océanos

El mismo fenómeno ocurre con la Aragonita, pero las profundidades de la Lysoclinay de la disolución total de la Aragonita (ACD) es mucho menor.

El valor de la CCD y de la ACD varía con el tiempo y el espacio. A la escala de los ciclos eustáticos de primer y posiblemente de segundo orden, se observan evoluciones paralelas del nivel marino y de la profundidad de la CCD estaba cerca de 3.5 Km. debajo del nivel marino en el Cretácico superior, época de transgresión máxima. (está actualmente a 4.5 ó 5 Km. de profundidad). También la CCD bajó durante la gran regresión del Oligoceno. En consecuencia, las **épocas** de alto nivel marino, a pesar de ser épocas de clima caliente, son favorables al depósito de sedimentos silíceos en los fondos oceánicos.

Ver fig. 6.4

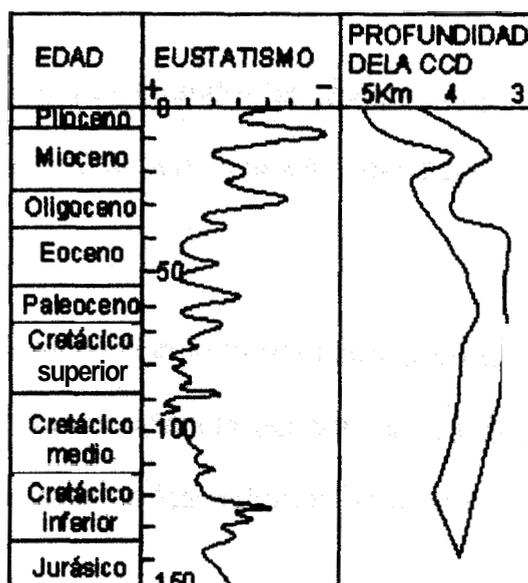


Fig. 6.4 Profundidad de la superficie de la CCD desde el Jurásico en varios océanos.

Sin embargo, la superficie correspondiente a la CCD parece subir cuando se enfrían las aguas oceánicas. Durante las Últimas glaciaciones (aguas frías, productividad reducida de los organismos calcáreos y CCD alta), el área en donde se podían depositar sedimentos calcáreos estaba muy restringida, respecto al actual.

Relaciones entre Eustatismo y Eventos Anóxicos Mundiales

El depósito de lutitas negras ricas en materia orgánica, se produce en las cuencas marinas cuando existe:

- 1) Un importante flujo de materia orgánica
- 2) Un detritismo muy fino (arcillas)
- 3) Un medio anóxico

Y son preservadas cuando el medio queda confinado. Esas condiciones se reúnen en cuencas cerradas o durante “eventos anóxicos”.

Los eventos anóxicos han sido estudiados en detalle desde hace 30 años, debido a su importancia económica, ya que dan lugar a rocas madres de la mayoría de los sistemas petroleros.

La Anóxia en Cuenclas Cerradas

El estudio de las arcillas negras depositadas en las cuencas cerradas ha dado lugar a un modelo genético para explicar su formación. Ver fig. 6.5

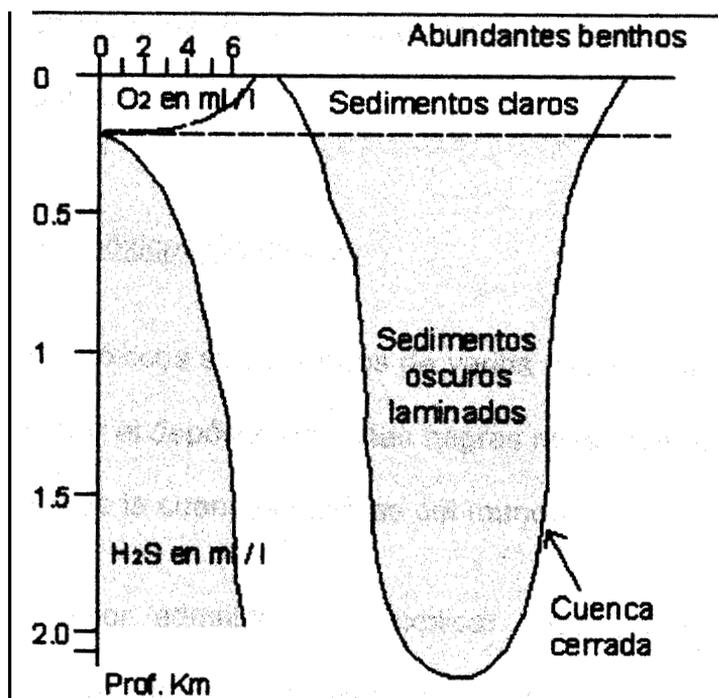


Fig. 6.5 Modelo explicativo de la Anoxia en las Cuenclas (tipo Mar Negro)

La ausencia de intercambios con otros dominios marinos, provoca una baja del gradiente térmico, una estratificación de las aguas, y un estancamiento. Las aguas superficiales, alimentadas en oxígeno por el agua dulce de los ríos, permiten vivir a los organismos marinos.

Cuando mueren, se acumula al fondo, en donde la destrucción de la materia orgánica consume todo el oxígeno disponible, y libera dihidrógeno sulfurado (H_2S).

Las cuencas cerradas se forman mayormente durante fases regresivas. Sin embargo, la materia orgánica es localizada, y su depositación depende de condiciones paleogeográficas y/o tectónicas, no del eustatismo.

Los Eventos Anóxicos Oceánico

Los eventos anóxicos son períodos de varios millones de años que se caracterizan por el depósito de lutitas negras ricas en materia orgánica en la mayoría de la cuencas marinas del mundo.

El modelo mejor admitido para explicar tales eventos oceánicos supone que, en cuencas relativamente confinadas, el oxígeno es consumido por los organismos planctónicos, y por la degradación de la materia orgánica. Las aguas superficiales son alimentadas en O_2 por el viento, las olas o las corrientes, mientras que las aguas profundas son oxigenadas por la llegada regular de las aguas frías y densas provenientes de los polos. Por lo tanto, se forma una zona deficitaria en oxígeno (capa con mínimo de O_2) en donde se depositan sedimentos negros ricos en materia orgánica. Ver fig. 6.6

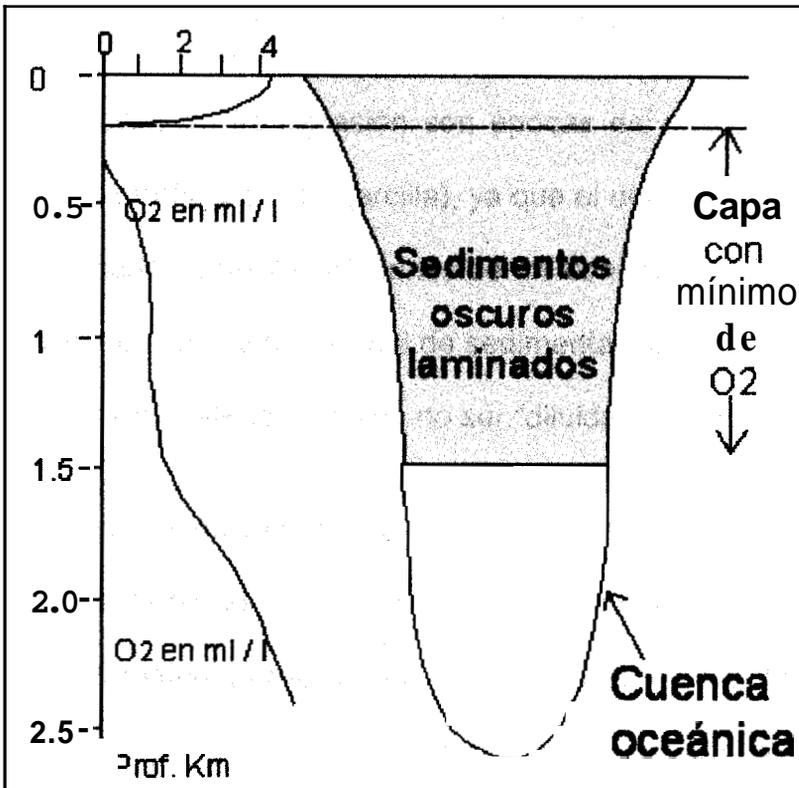


Fig. 6.6 Modelo de la capa con mínimo de O_2 para explicar la Anoxia en los océanos

Relaciones entre Eustatismo y Eventos Anóxicos Oceánicos

En la mayoría de los casos, los eventos anóxicos oceánicos coinciden con épocas de alza de nivel del nivel marino (transgresiones), por las siguientes razones:

- El alza del nivel marino crea amplios dominios marinos someros favorables al desarrollo de organismos productores de materia

orgánica. Además, la inundación de tierras previamente emergidas, da lugar al retrabajamiento de la materia orgánica vegetal.

- Las épocas de transgresión son épocas de erosión reducida. El material detrítico es fino (arcilla), ya que el detritismo grueso queda entrampado sobre los márgenes de los continentes. Además, en la mayoría de los casos, la tasa de sedimentación es reducida, lo que permite a la materia orgánica no ser “diluida” en la sedimentación.
- Factores tectónicos y/o paleogeográficos (océanos estrechos, dorsales potentes, etc.), al limitar las circulaciones oceánicas, juegan también un papel en la ocurrencia de los eventos anóxicos. Sin embargo, están ligados a la geodinámica que controla el eustatismo.

Por ejemplo, la gran transgresión del Cretácico medio, coetánea de importantes eventos anóxicos, fue ligada al aumento de volumen de las dorsales. Ver fig. 6.7

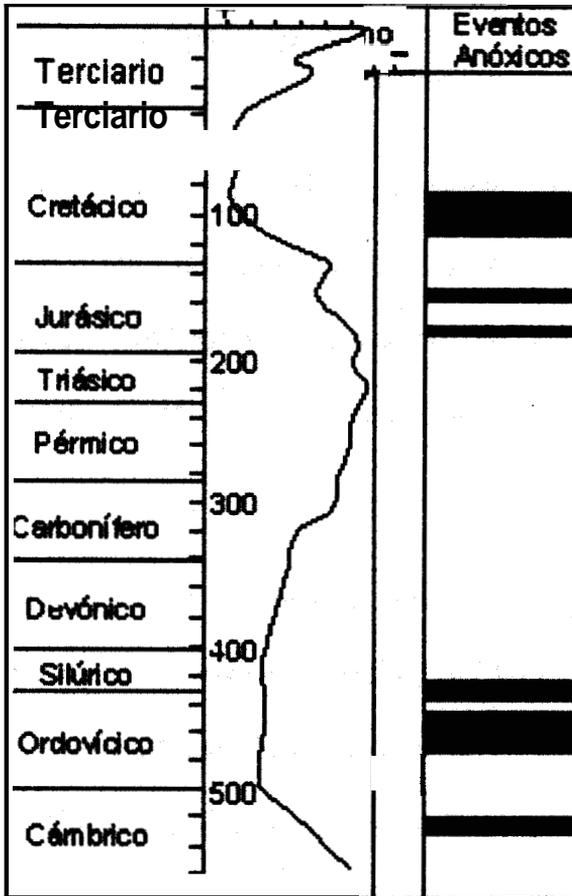


Fig. 6.7 Los eventos anóxicos oceánicos ocurren durante las transgresiones mayores

Al contrario, en tiempos normales, las condiciones físico-químicas de los océanos (mayormente temperatura y salinidad) varían de un lugar a otro, induciendo corrientes que tienden a uniformizar dichas condiciones, y oxigenan a las aguas. En épocas de transgresión o de alto nivel marino, dichas circulaciones son reducidas, y el medio se vuelve menos oxidante. El clima cálido reduce el volumen de las aguas frías derivadas del hielo polar, induciendo un gradiente térmico menor en los océanos. Además un alto nivel marino permite buenas

comunicaciones entre las cuencas oceánicas y favorece su homogenización sin la ayuda de las corrientes.

El estudio de los eventos anóxicos revela que esos últimos se producen mayormente durante las épocas de dislocación continental.

En el Paleozoico superior y el Terciario, el bajo nivel marino y el detritismo importante debido a las colisiones impidió la ocurrencia de tales fases.

En el Paleozoico inferior, eventos anóxicos son conocidos en el Cámbrico superior, el Ordovícico medio y el Silúrico inferior. Durante el Jurásico, se produjeron eventos anóxicos en el Liásico (Hettanginiano basal, Sinemuriano medio, y sobre todo Toarciano inferior) y el Caloviano. Durante el Cretácico, se notan eventos anóxicos en el Aptiano superior-Albiano y el límite Cenomaniano-Turoniano (un evento menor parece haber ocurrido en el Coniaciano superior).

Los Efectos Generales del Eustatismo

Se analizará los efectos de situaciones de bajo y alto nivel del mar sobre el sistema sedimentario de una margen, sin tener en cuenta sus variaciones. Para esto, se toma como ejemplo un tipo muy clásico de margen, constituido por :

- 1) Un continente, donde ocurre erosión y transporte
- 2) Una plataforma somera subhorizontal en donde se acumulan los sedimentos.
- 3) Un talud caracterizado por una pendiente notable por donde parte de esos sedimentos pueden transitar para re-depositarse.
- 4) Una cuenca subhorizontal (llanura abisal, por ejemplo).

Entonces se examinan las situaciones de bajo ó alto nivel del mar sobre esta margen.

En caso de **bajo nivel del mar**

- El área sometida a la erosión se extiende, proporcionando más partículas detríticas.
- La plataforma emerge por lo menos parcialmente, y está erosionada o, por lo menos, meteorizada.
- Los sedimentos se depositan en el ambiente muy inestable del talud y muchos de ellos se re-depositan en la cuenca misma, mezclados con elementos re-trabajados de la plataforma.

En resumen, en períodos de bajo nivel del mar, la erosión domina y los sedimentos mayormente detríticos, se depositan en el borde externo de la plataforma o en la cuenca. Ver fig. 6.8

Podemos notar inmediatamente, que una bajada fuerte del nivel del mar tiene efectos muy parecidos a los de un evento tectónico. Es a menudo muy difícil distinguir entre ambos fenómenos.

En caso de **alto nivel del mar**

- El área sometida a la erosión disminuye, y las partículas detríticas son menos abundantes.
- La conjunción del aumento del espacio (y superficie) disponible y la disminución del detritismo favorece la sedimentación de origen biológico sobre la plataforma.
- Ya que los sedimentos están entrampados sobre la plataforma, los fenómenos de re-depositación serán menos abundantes, y la sedimentación fina autóctona predomina en la cuenca.

En resumen, en período de alto nivel del mar, la plataforma es el sitio mayor de acumulación de sedimentos finos, a veces carbonatados. Ver fig. 6.8

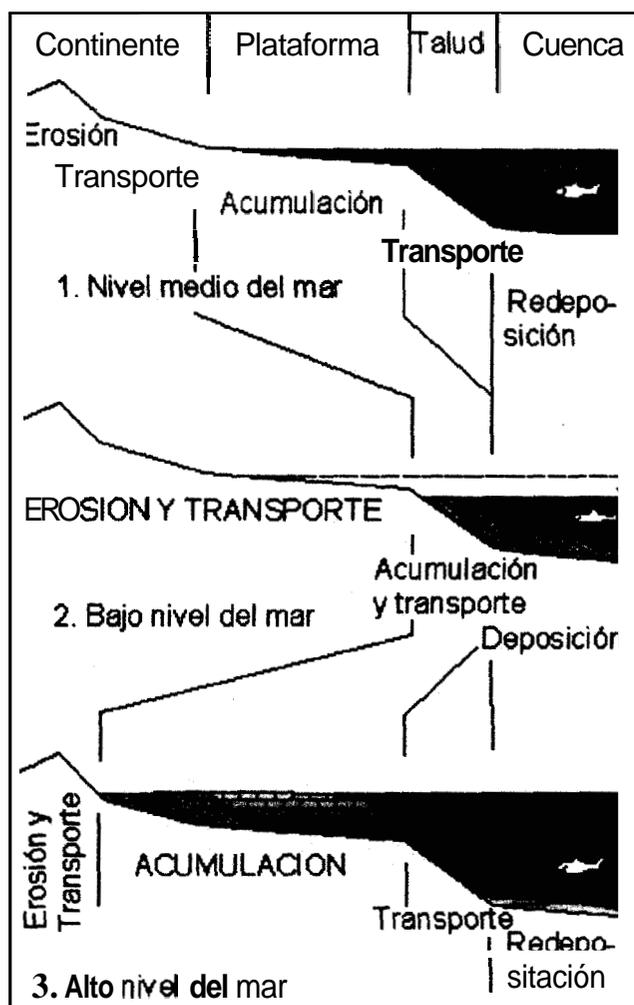


Fig. 6.8 Efectos de alto y bajo nivel marino sobre el sistema sedimentario

6.2. Evolución Tectónica

Placas Tectónicas y Deriva Continental

El rompimiento del super-continente Pangaea, el cual se registró desde el Jurásico (Fig. 6.9), ha continuado a lo largo del tiempo hasta

en la actualidad donde se registran movimientos de las placas tectónicas que han dado origen a nuevas formas continentales.

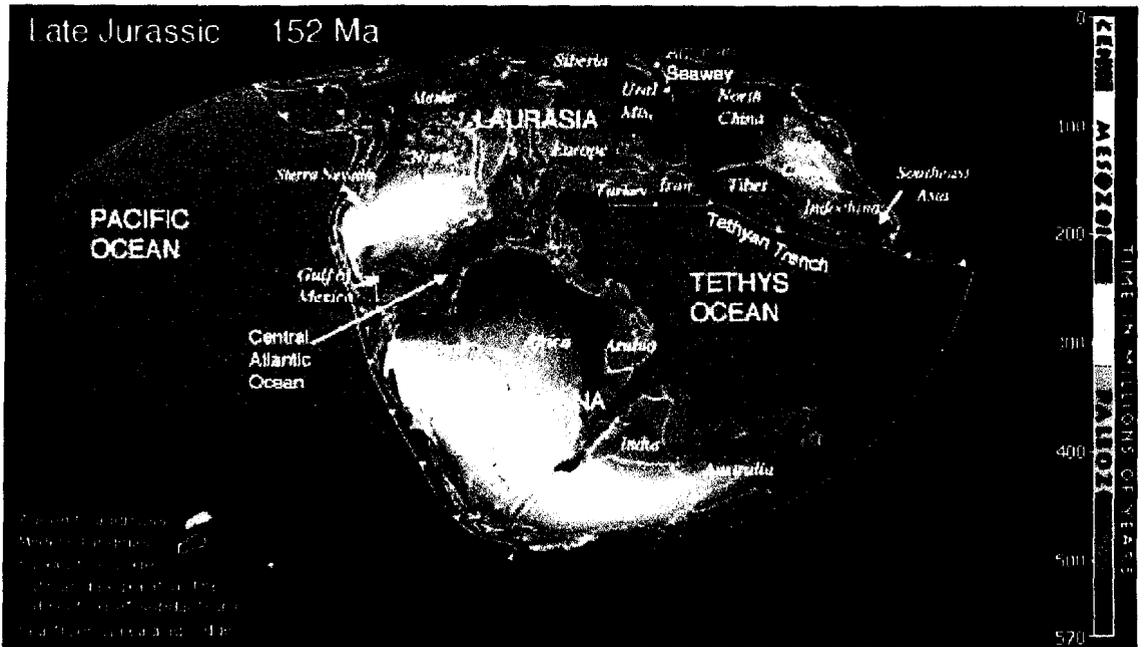


Fig. 6.9 La Tierra en el Jurásico Tardío (152 Ma.)

Durante el Cretáceo se dio un desarrollo amplio y largo del Océano Atlántico, especialmente mas extendido hacia la parte sur, mientras los Alpes fueron formados en Europa; India consiguió separarse de el super-continente Gondwana y éste comenzó a formar una gran isla continental, la cual es Australia actualmente. África y América del Sur se resquebrajaron y comenzaron a separarse, así África siguió un movimiento hacia el norte cerrando de esta forma el antiguo Mar de

Thetys (ver fig. 6.10). En el transcurso del tiempo siguió la migración lenta de los continentes hasta las formas actuales.

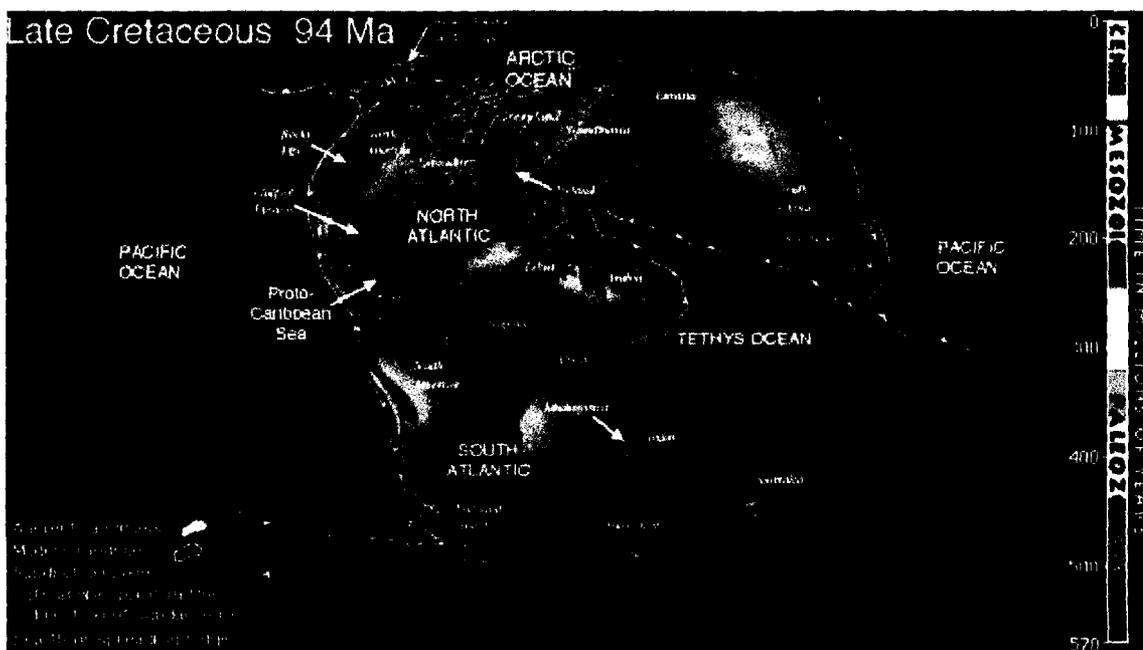


Fig. 6.10 La Tierra en el Cretácico Tardío (94 Ma.)

Paleogeografía

Muchas de las masas terrestres fueron cubiertas por la influencia en tierra de los océanos, la mayoría de los casos se trataba de una cubierta poco profunda. Europa, Asia, África, y Norte América constituyen una serie de islas, con marcadas diferencias regionales en floras y faunas que se han desarrollado entre el norte y el sur

continental, esto ha inducido a considerar una diferenciación de la diversidad de especies presentes en flora y fauna de un continente a otro.

Microorganismos

Todos los acontecimientos mencionados quedaron registrados tanto en las facies litológicas como paleontológicas que caracterizan cada una de las regiones.

En el Cretáceo, existió una gran flora de microorganismos planctónicos. Los nanoplancton calcáreos llegaron a su punto de máxima expresión y cuando ellos murieron sus conchas se asentaron hacia la parte inferior y se acumularon para empezar a dar origen a una gran acumulación de sedimentos calcáreos. Este período también está caracterizado por la aparición y evolución de diatomeas. Las Diatomeas son un tipo de alga con una celda simple y un caparazón silíceo (concha silícea), y ellos empezaron a desarrollarse abundantemente en este tiempo. Además la radiación de Foraminíferos Planctónicos también es altamente desarrollada en el Cretáceo.

Cretáceo Superior

Durante el Cretáceo Superior la historia de ambos márgenes del continente sudamericano, Pacífico y Atlántico fue sensiblemente distinta. Si bien los acontecimientos acaecidos en ambas regiones tienen un origen común, explicable mediante la teoría de la tectónica de placas, los efectos de la incidencia de ella evidenciaron dos hechos: a lo largo del Pacífico comenzaron a producirse movimientos orogénicos de gran magnitud que culminaron con la elevación de la actual Cordillera de los Andes, en tanto que en la margen oriental del continente sólo fue afectado por movimientos epirogénicos y/o de fracturación, según las áreas, este aspecto tectónico culminó con la formación de las placas sudamericana y africana que se insinuó a comienzos del Mesozoico, aunque las consecuencias más notables se registraron a partir del Jurásico superior con la formación de cuencas de origen tectónico y culminó hacia fines del Cretácico inferior con el comienzo de la separación real de ambas placas que continúa hasta nuestros días. Ver fig. 6.11

Hacia fines del Cretácico, la configuración de América del Sur, en particular en sus extremos noroeste y austral, presentaba características distintas a las que se observan (fig. 6.11) en la

actualidad y que incidieron marcadamente en la historia de la distribución microfaunística.

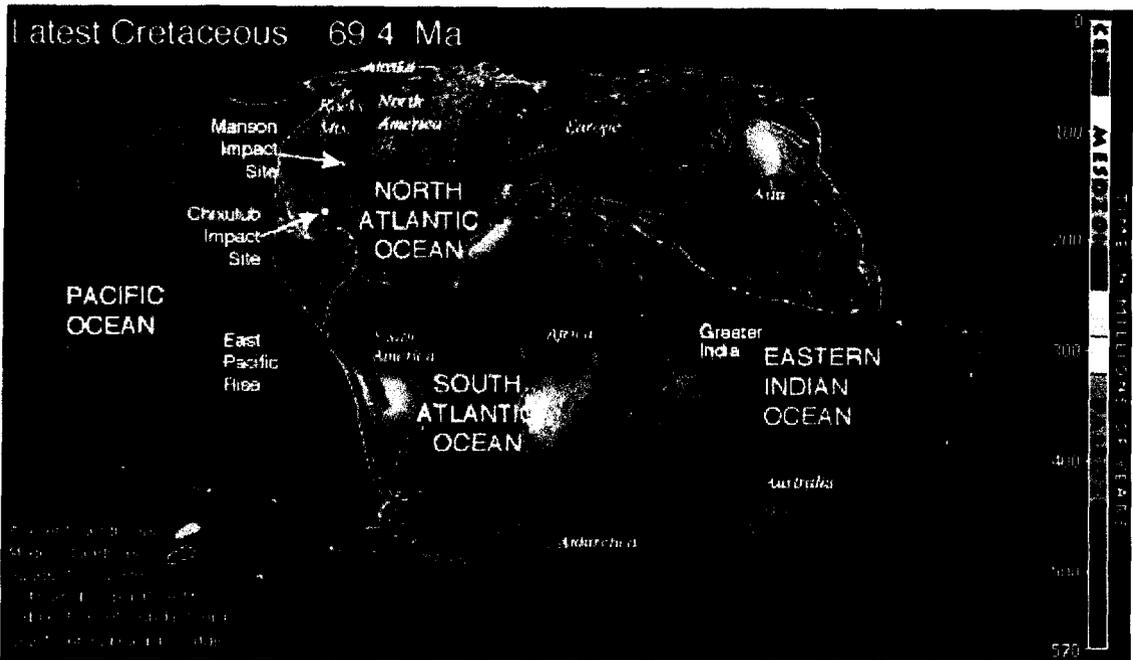


Fig. 6.11 La Tierra al final del Cretáceo (69.4 Ma.)

Con referencia al aspecto físico del área noroeste de América del Sur, en el norte de Colombia Duque-Caro (1972) señaló la existencia de rocas sedimentarias marinas del Cretácico superior (con fauna plantónica) asociadas a rocas efusivas simaicas; este mismo tipo de asociación litológica se halla en el occidente de Ecuador, en ambos casos se encuentran en forma de “islotos” y podrían ser remanentes de archipiélagos volcánicos. Asimismo, hacia fines del Cretácico se admite la existencia de una cordillera emergida que coincidiría con las

actuales Cordilleras Real y Central de Ecuador y Colombia respectivamente. Ver fig. 6.12

Ecuador

Los estudios realizados por Sigal (1969) y Duque-Caro (1972), determinan que las rocas cretácicas están distribuidas en dos áreas: al occidente y al oriente de la Cordillera Real. La primera tiene su desarrollo en las provincias de Esmeraldas, Manabí y Guayas; se presentan en afloramientos discontinuos asociados a ofiolitas y a rocas efusivas simaicas. Las segundas se encuentran al este de la Cordillera Real en franjas paralelas a la cadena montañosa, asociadas a rocas efusivas siálicas.

La edad de las secuencias litológicas sedimentarias se extiende desde el Coniaciano al Maastrichtiano. Las asociaciones microfaunísticas del Cretácico superior (Campaniano-Maastrichtiano) a ambos lados de la Cordillera Real, no obstante tener iguales rangos estratigráficos, son marcadamente distintas, hecho que pone de manifiesto que, durante el intervalo considerado, la Cordillera Real ofició de barrera natural.

Ver fig. 6.12

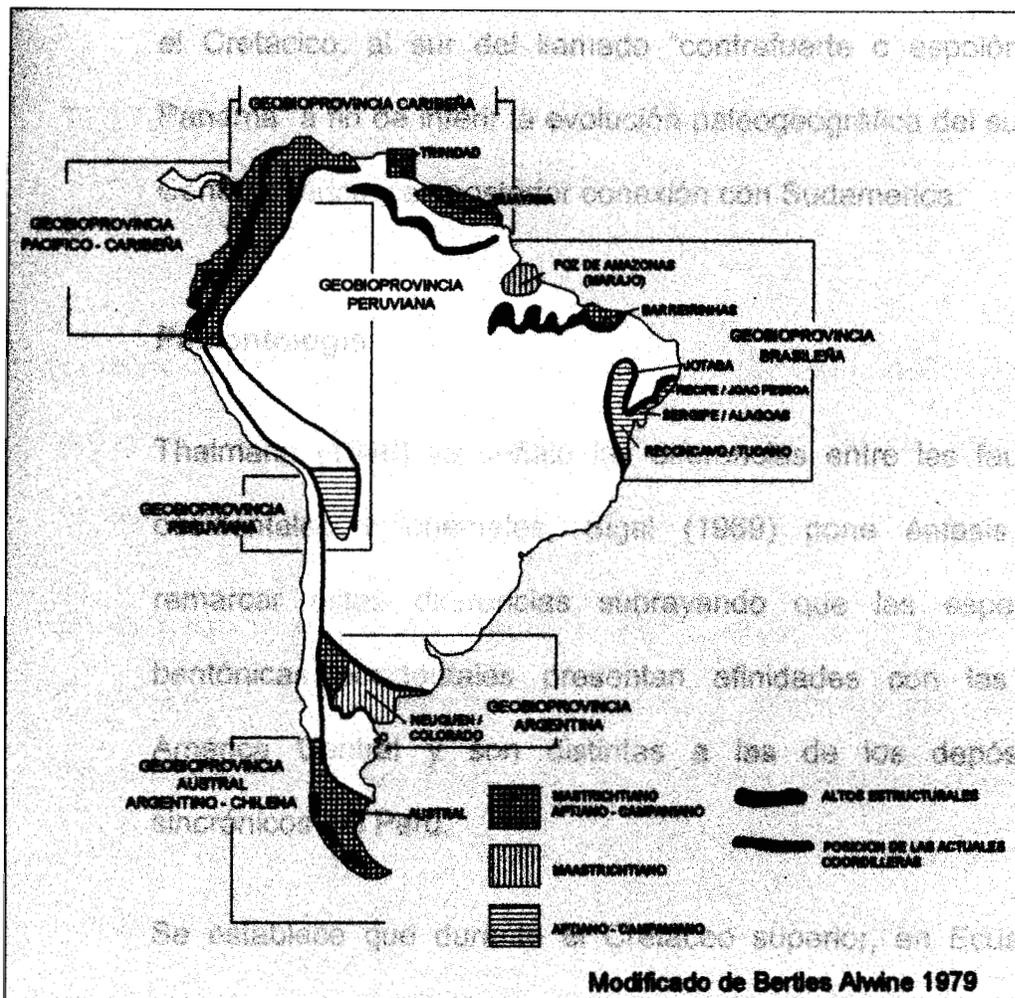


Fig. 6.12 Cuencas marinas y Geobioprovicias de América del Sur durante el Cretácico Superior.

Se tiene además que al oeste de la Cordillera Real del Ecuador y en Cordillera Occidental de Colombia se encuentran rocas sedimentarias, atribuidas al Cretácico superior, con participación de rocas efusivas básicas. Con relación a este

hecho, Duque-Caro (1972) admite la existencia, en la región occidental, de un archipiélago de origen oceánico(sima) durante el Cretácico, al sur del llamado “contrafuerte o espolón de Panamá” a fin de inferir la evolución paleogeográfica del sur de Centroamérica y su posterior conexión con Sudamérica.

Paleontología

Thalman (1946) ya señaló las diferencias entre las faunas occidentales y orientales, Sigal (1969) pone énfasis en remarcar estas diferencias subrayando que las especies bentónicas occidentales presentan afinidades con las de América Central y son distintas a las de los depósitos sincrónicos del Perú.

Se establece que durante el Cretáceo superior, en Ecuador existieron dos Geobioprovincias: la Pacífico-Caribeña y la Peruviana, ubicadas al oeste y este, respectivamente, de la Cordillera Real. Ver fig. 6.12

CAPÍTULO 7

7. POTENCIAL HIDROCARBURÍFERO DE LA FORMACIÓN CALENTURA EN EL SECTOR DE ESTUDIO

El estudio logrado en este proyecto conlleva a realizar la definición del potencial Hidrocarburiífero del área en cuestión. Así se ponen a consideración los siguientes puntos:

En la mayoría de las quebradas y afloramientos a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche se encuentra presente las calizas bituminosas negras que poseen en general muy buenos parámetros geoquímicos (S1, S2, TOC, T_{máx}, etc.) con capacidad para generar petróleo que en algunos son considerados como rocas Potencialmente Generadoras (por su grado de madurez térmica), mientras que en otros es una Roca Generadora Activa.

Desde el Oeste el grado de madurez térmica evidencia una tendencia de incremento hacia el Este, pues en el muestras tomadas del afloramiento de Río Grande son rocas potencialmente generadoras de hidrocarburo, mientras que en el Río Guaraguau son rocas generadoras activas.

Ya que se ha establecido la existencia de rocas generadoras activas de petróleo, es decir, la existencia de un sistema petrolífero, es necesario también establecer zonas de acumulación de este crudo, por ello se realizó un análisis más específico de un determinado sector relativamente cerca del área estudiado con el fin de tener indicios de zonas petroleras productivas.

Análisis Simulación Geoquímica LV-25

Se realizó la simulación geoquímica de una sección de la Cuenca Progreso, pues conociendo que la Formación Calentura posee buen potencial de generación de crudo (Posible Roca madre del petróleo) y además está presente en la parte basal de esta cuenca con la formación Piñón como basamento, se dan un conjunto de condiciones y características para dicha generación. El desarrollo de este estudio más a detalle requirió parámetros como la profundidad de los topes de las formaciones asentadas en esta cuenca, la cual se obtuvo mediante el análisis realizado a la Línea Sísmica LV -25, la misma que fue registrada por Western Geophysical en 1981.

Para este análisis, además de los parámetros geoquímicos (Pirólisis, TOC, etc.), de la formación en estudio y la determinación de los topes de cada formación (profundidades), también se necesitó de otros

datos como el gradiente geotérmico, el cual se atribuyó el mismo valor que se obtuvo en el pozo Las Cañas 1 ($G_T = 9.4$ F / 1000 pies), ya que se encuentra relativamente cerca del sitio de análisis en la sección sísmica LV -25; además también se necesitó edades de cada capa o formación de esta sección de la cuenca.

Esto equivale a realizar una simulación en un pozo petrolero.

Con todos estos parámetros obtenidos, se logró colocar e interpretar los mismos en conjunto de acuerdo al programa de Sistema de Análisis de Modelos de Cuencas (BasinMod , "BMod" Platte River Associates, Inc.), el que nos permitió obtener un modelo de enterramiento y compactación del terreno en el transcurso del tiempo (ver fig.7.1) y las ventanas de generación de aceite y gas respectivamente(ver fig. 7.2). También se visualizan las líneas de isotermas en profundidad presentes en cada formación.

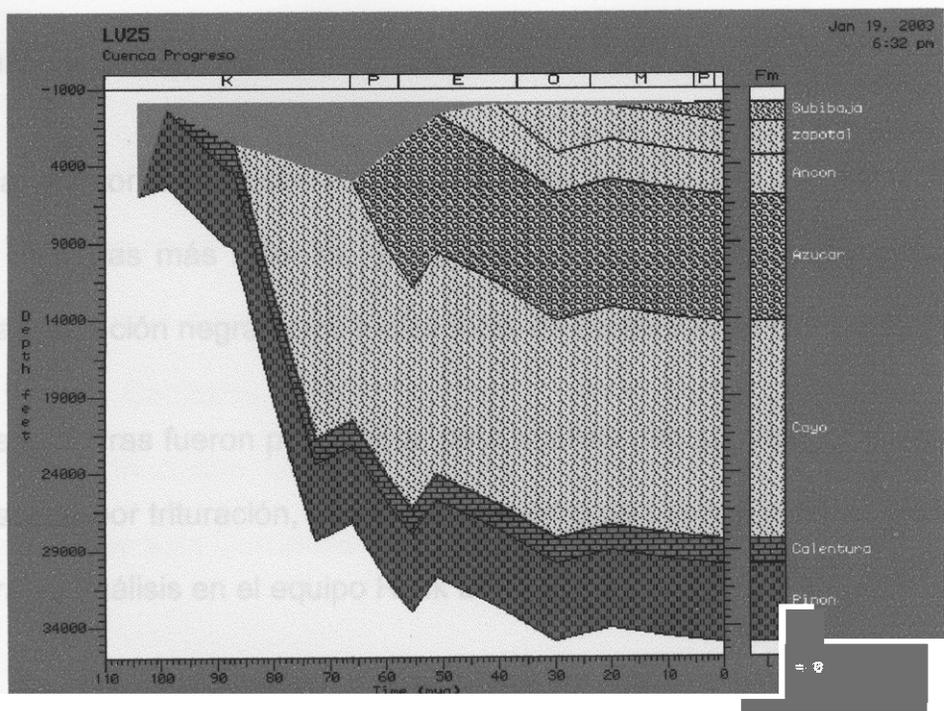


Fig. 7.1 Modelo de Compactación y enterramiento de las capas en la Cuenca Progreso con datos de Línea Sísmica LV-25 (Wectem Geophysical, 1981)

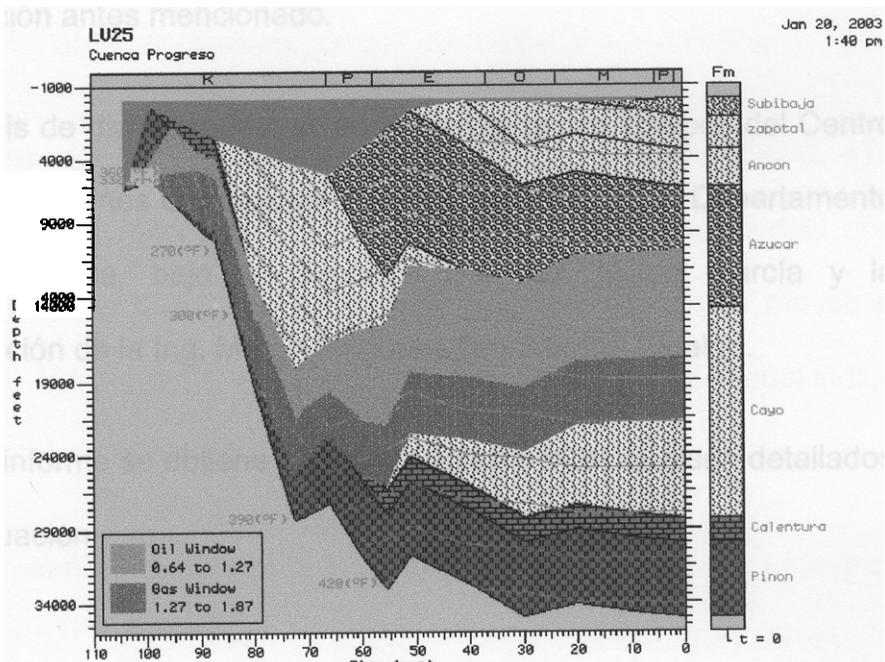


Fig. 7.2 Ventanas de generación de Aceite y Gas dentro del análisis en LV-25 (Bmod; Platte River Associatec, Inc.)

Análisis Muestras

Una vez conocido todos estos parámetros se procedió a la selección de muestras más idóneas, que por lo general eran las que poseían una coloración negra como indicadoras de contenido de hidrocarburo.

Las muestras fueron preparadas para análisis geoquímicos orgánicos, pasando por trituración, tamización, registro de peso, y procesamiento para su análisis en el equipo Rock Eval VI.

De esta forma se escogió un total de 22 muestras de para su análisis respectivo, previamente las mismas pasaron por el proceso de preparación antes mencionado.

El análisis de dichas muestras se lo realizó en los equipos del Centro de Investigaciones Geológicas Guayaquil (CIGG), en el Departamento de Geoquímica, bajo la Dirección del Ing. Milton García y la colaboración de la Ing. Marcia Vítores y Dra. Martha Hidalgo.

En este informe se obtiene datos muy interesantes que son detallados a continuación.

INFORME PIRÓLISIS Y TOC MIEMBRO CALENTURA

Para el presente trabajo dentro del Proyecto Calentura, se realizó los análisis geoquímicos en los diferentes afloramientos de rocas pertenecientes a los ríos que se encuentran a lo largo de la Cordillera Chongón Colonche. Los resultados obtenidos se exponen a continuación desde los afloramientos en la parte Sureste hacia el Noroeste de ésta Cordillera.

1) ESTERO VILLEGAS (LAS MINAS)

Se analizó diferentes muestras de rocas de afloramiento en el cauce de este río, obteniéndose en general los siguientes resultados:

- La presencia de hidrocarburos libres (S_1) en la muestra CC-02-176 presenta un valor de 1.36 mg. de HC/g de roca, que indica una buena cantidad de hidrocarburo libre, mientras que la muestras CC-02-178 tiene un valor de 0.86 mg. de HC/g de Rx, el cual indica una moderada cantidad de hidrocarburo libre.
- La presencia de hidrocarburos extractables (S_2) en las muestras CC-02-177; CC-02-178 , poseen valores entre muy bueno y excelente potencial de generación de hidrocarburo.

- El contenido del Carbón Orgánico Total (TOC), en la mayoría de las muestras es de muy bueno a excelente, a excepción de las muestras CC-02-180; CC-02-183 , donde es pobre.
- El valor de Temperatura Máxima de Generación de hidrocarburos durante la pirólisis (T_{máx}), para todas las muestras se encuentran debajo del límite inferior de la ventana de generación de hidrocarburos.

En resumen la muestra CC-02-176; CC-02-177; CC-02-178 , poseen excelentes valores de S₂ y TOC, y de acuerdo a sus valores de IH (índice de Hidrógeno) e IO (índice de Oxígeno), se caracterizan como mezcla de materia orgánica tipo I y tipo II, la que podría generar hidrocarburos líquido y gaseoso una vez que alcance la madurez térmica necesaria.

Las muestras CC-02-179; CC-02-180 no presentan potencial de generación y pertenecen la materia orgánica tipo IV (Inertinita).

Muestras	S1	S2	S3	TOC	T _{máx}	IO	IH	TPI	MINC
CC-02-176	1.36	34.61	0.63	5.61	429.00	11.00	617.00	0.04	8.75
CC-02-177	0.69	16.79	0.81	3.52	426.00	23.00	477.00	0.03	6.90
CC-02-178	0.86	21.17	0.95	4.06	427.00	23.00	622.00	0.04	9.67
CC-02-179	0.07	0.76	0.38	2.99	429.00	13.00	25.00	0.06	2.25
CC-02-180	0.02	0.57	0.53	0.71	434.00	76.00	80.00	0.03	0.62

Tabla 16.- Parámetros geoquímicos obtenidos en muestras afloramiento Las Minas.

2) RÍO GUARAGUAU

Se analizó diferentes muestras de rocas de afloramiento en el cause de este río, obteniéndose en general los siguientes resultados:

- La mayoría de las muestras presentan valores muy bajos de S_1 .
- Algunas muestras presentan valores muy buenos de S_2 , sin embargo la mayoría presentan valores muy bajos de S_2 .
- El contenido de Carbón Orgánico Total (TOC), varía desde trazas en algunas muestras, pasando a buenos en otras, muy buenas en algunas y excelentes en unas pocas.
- La mayoría de las muestras se encuentran dentro de la ventana de la Temperatura Máxima de Generación ($T_{máx}$), y otras pocas están fuera del límite inferior de la ventana de generación.

Una de las mejores muestras de la que se obtuvieron parámetros geoquímicos muy buenos es la tomada en la coordenada :

(595885 ; 9765745)

MUESTRA CC - 02 - 114		
PARÁMETRO	VALOR	UNIDADES
S1	0.35	mg. HC / g de roca
S2	13.51	mg. HC / g de roca
TOC	2.5	%
Tmáx	442	° C
MINC	1.51	%
IH	540	
IO	27	

Tabla 17.- Parámetros geoquímicos obtenidos en muestra Río Guaraguau

3) RÍO PACO

Se analizaron diferentes muestras de rocas de afloramiento en el cauce de este río, obteniéndose en general los siguientes resultados:

- Las muestras CC-02-155; CC-02-156; CC-02-159; CC-02-160; CC-02-161, presentan valores entre 1 y 2 mg. de HC/g de roca, que indican una buena cantidad de hidrocarburos **libres**. La muestra CC-02-157 tiene un valor de 2.25 mg. de HC/g de Rx, que corresponde a un valor muy bueno de hidrocarburo libre.

- La presencia de hidrocarburos extractables (S_2) en todas las muestras poseen valores mayores a 20 mg. de HC/g de roca, indicando excelentes valores de potencial de generación.
- El contenido de Carbono Orgánico Total (TOC) en todas las muestras es excelente.
- El valor de la Temperatura máxima de Generación de Hidrocarburos durante la pirólisis ($T_{m\acute{a}x}$) para todas las muestras se encuentran fuera del límite inferior de la ventana de generación de hidrocarburos, por lo que se consideraría que todas las muestras son inmaduras aún, lo que está confirmado con los valores de TPI (índice de Producción), los cuales son menores a 0.1, indicando que las muestras no llegan aún a la ventana de generación de hidrocarburos.

En resumen las muestras pertenecientes al Río Paco presentan excelentes parámetros geoquímicos, pues poseen materia orgánica tipo I, de naturaleza algal, excelente para generación de hidrocarburos líquidos, S_2 y TOC excelentes, pero todavía la materia orgánica se encuentra inmadura.

Muestras	S1	S2	S3	TOC	Tmáx	IO	IH	TPI	MINC
CC-02-154	0.28	27.40	2.34	5.39	426.00	43.00	508.00	0.01	3.76
CC-02-155	1.06	57.16	2.14	8.63	431.00	25.00	662.00	0.02	5.59
CC-02-156	1.26	32.16	0.39	4.17	434.00	9.00	771.00	0.04	7.58
CC-02-157	2.25	50.69	0.82	6.84	433.00	12.00	741.00	0.04	7.93
CC-02-159	1.25	53.95	1.04	7.63	426.00	14.00	707.00	0.02	9.23
CC-02-160	1.44	62.36	0.65	6.25	429.00	6.00	756.00	0.02	9.63
CC-02-161	1.78	49.60	0.65	6.71	424.00	10.00	739.00	0.03	8.46

Tabla 18.- Parámetros geoquímicos obtenidos en muestras afloramiento Río Paco.

4) RÍO DIABLO

En el Río El Diablo, se realizó un análisis completo de la muestra CC – 02 – 217; el mismo que se llevó a cabo en los laboratorios de GEMS (Alianza Petroleum Geosciences Technology PGT) en ECOPETROL, Colombia, a cargo de la Química Paulina Gómez, donde se obtuvieron los siguientes resultados:

Evaluación Geoquímica Muestra CC-02-217			
PRUEBA	PARÁMETROS	VALOR	Unidades
Leco	TOC	6.16	%
	TC	13.1	%
	Carbonatos	21	%
Extracción	Bitúmen	0.433	%
Cromatografía Líquida	Saturados	48	%
	Aromáticos	24.4	%
	NSO	27.6	%
Pirólisis Rock Eval	Tmáx	424	°C
	S1	2.08	mg.HC / g. de roca
	S2	55.18	mg.HC / g. de roca
	S3	0.68	mg.HC / g. de roca
Cálculos	IH	896	
	IO	11	

Tabla 19.- Resultados análisis muestra CC-02-217 Río El Diablo (GEMS, ECOPETROL, 2003, Colombia)

Interpretación

El análisis geoquímico de la muestra corresponde a una roca carbonatada, con una alta riqueza de materia orgánica (en el rango de Excelente), un alto contenido de hidrocarburos extractables (Bitumen) y una relación de sus fracciones en donde sobresale el porcentaje de compuestos saturados, relacionándola con crudos parafínicos. La pirólisis Rock Eval indica que la materia orgánica se encuentra inmadura y su alta concentración de S₂ en relación con el TOC, permiten obtener un alto valor de IH y un bajo IO, relacionados con un

Kerógeno tipo I, con alto potencial de generación de hidrocarburos. En función de la abundancia de este tipo de facies orgánicas dentro de la Cuenca, así como del grado de madurez que haya podido alcanzar en otros sectores, esta roca fuente, puede tener un gran impacto en los volúmenes de petróleo generado y expulsado en la Cuenca.

Paralelamente también se realizaron los análisis a la misma muestra (CC-02-217) en el CIGG, obteniéndose resultados muy similares a los ya mencionados.

Muestra CC-02-217		
Parámetro	Valor	Unidades
S1	1.82	mg.HC / g de roca
S2	41.15	mg.HC / g de roca
S3	1.17	mg.HC / g de roca
TOC	6.76	%
T _{máx}	424	° C
IH	609	
IO	17	

Tabla 20.- Parámetros obtenidos del análisis muestra CC-02-217 CIGG (Río El Diablo)

Con los resultados obtenidos de la extracción de materia orgánica (Bitumen), se pudo determinar que ésta pertenece a las rocas con Calidad de Fuente de Petróleo, de acuerdo a la interpretación realizada en la figura 7.3.

Parámetros:

Bitumen = 0.433% = 4330 ppm.

TOC = 6.16%

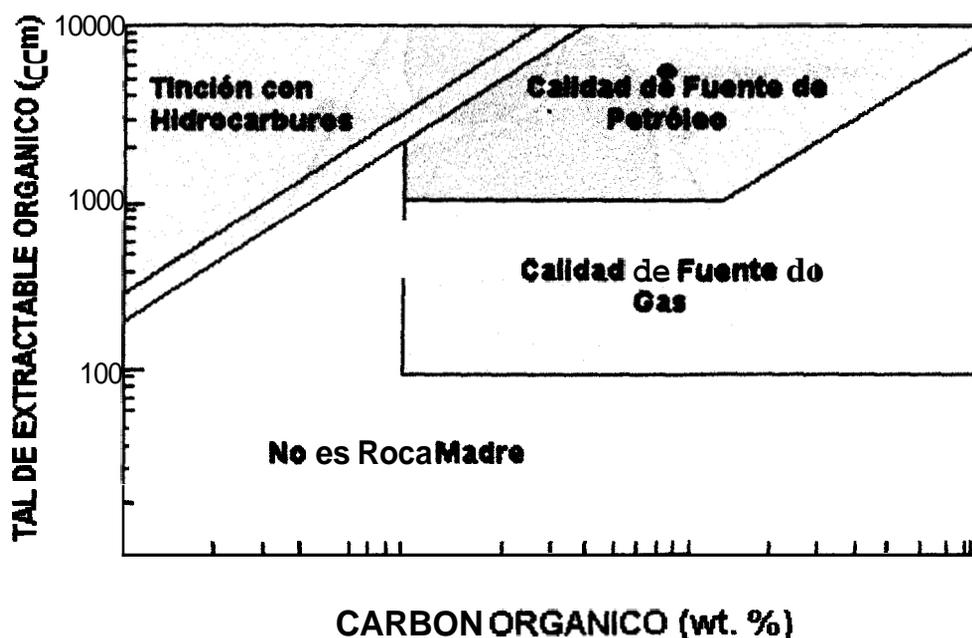


Fig. 7.3.- Ubicación de la muestra CC-02- 217 (punto de color rojo), en el grafico "Relación entre el Total Extractable Orgánico y el Carbono Orgánico total presente en la roca"

Por otro lado, con los resultados obtenidos de la Cromatografía Líquida, donde se destaca el predominio del porcentaje de saturados (48% parafinas) sobre los aromáticos (24.4 %) y las resinas (27.6 %), estos permiten ubicarlos dentro del Diagrama Triangular de Composición de Petróleo, el mismo que muestra la disposición de petróleo marinos y continentales. (Fig.7.4); dando como resultado que esta roca fuente está relacionada con crudos parafínicos y además pertenece al grupo de las rocas madres con hidrocarburos marinos.

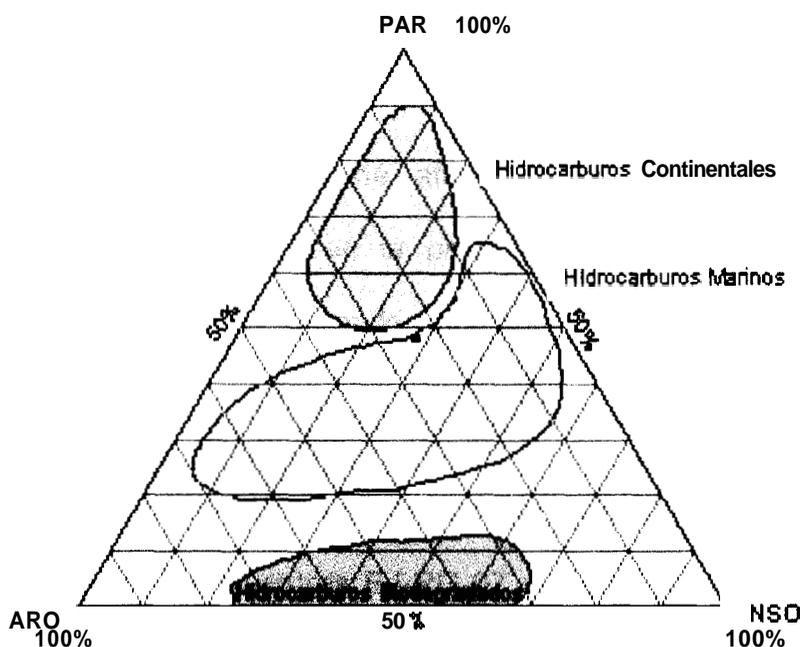


Fig. 7.4.- Ubicación de la muestra CC-02-217 (punto de color rojo), en el Diagrama Triangular de Composición de Petróleo

Resumiendo:

- El TOC revela una roca con un excelente contenido de materia orgánica.
- El alto contenido de Bitumen es un reflejo del buen potencial generador de ésta roca.
- La Cromatografía Líquida indica una predominancia de la fracción de saturados sobre los aromáticos y las resinas (Asociado al tipo de crudos parafínicos)

5) RIO GRANDE

Se analizaron 8 muestras de afloramientos provenientes de la quebrada de Río Grande en la provincia de Manabí, sector Las Delicias, cuyos resultados fueron los siguientes:

- La mayoría de las muestras presentan valores insignificantes o muy bajos de Hidrocarburos libres S_1 (mg. de HC/g. de roca), con excepción de las muestras EJ-RG-07 y EJ-RG-13, las cuales se encuentran en el rango de un S_1 bueno ($1 < S_1 < 2$ mg. de HC/g. de roca).
- Las muestras EJ-RG-06 y EJ-RG-11 presentan valores muy bajos de Hidrocarburos generados por la pirólisis S_2 (mg. de HC/g. de roca), mientras que la mayoría de las muestras: EJ-RG07; EJ-RG-08; EJ-RG-09 y EJ-RG-13, se encuentran dentro del rango de los valores excelentes de este parámetro ($S_2 > 20$ mg./g de roca).
- Las dos muestras restantes: EJ-RG-01 y EJ-RG-02, están en el rango de muy buenos valores de S_2 ($10 < S_2 < 20$ mg./g de HC./g de roca).

- La mayoría de las muestras se encuentran distribuidas en todos los rangos especificados de Carbón Orgánico Total TOC (%), como sigue:

$0.5% < \text{TOC} < 1%$	<i>EJ-RG-11</i>	<i>Regular</i>
$1% < \text{TOC} < 2%$	<i>EJ-RG-06</i>	<i>Bueno</i>
$2% < \text{TOC} < 4%$	<i>EJ-RG-01; EJ-RG-02</i>	<i>Muy bueno</i>
$> 4% \text{ TOC}$	<i>EJ-RG-07; EJ-RG-08; EJ-RG-09</i>	<i>Excelente</i>

- Para la mayoría de las muestras la Temperatura Máxima de Generación ($T_{\text{máx}}$ (°C)) se encuentran en el umbral del límite inferior de la ventana de generación, con excepción de las muestras EJ-RG-06 y EJ-RG-11, las mismas que se encuentran dentro de la ventana de generación, lo que indica una madurez de la materia orgánica presente.
- Las muestras: EJ-RG-01 y EJ-RG-02 presentan los parámetros geoquímicos S_2 y TOC con buenos valores, pero su $T_{\text{máx}}$ se encuentra fuera de la ventana de generación, lo que indica que la materia orgánica no está lo suficiente madura para considerarla con buen potencial de generación de hidrocarburo.

- La materia orgánica presente es una mezcla del Tipo I y II (algal y herbácea) apta para la generación de hidrocarburo líquido y/o gaseoso.
- Las muestras EJ-RG-07; EJ-RG-08; EJ-RG-09 y EJ-RG-13 *presentan muy buenos parámetros geoquímicos, sobre todo los valores de S₂ y TOC, pero sus valores de T_{máx.} se encuentran en el umbral del límite inferior de la ventana de generación, lo que indica que la materia orgánica presente, que es del Tipo I principalmente, es todavía inmadura para poder considerarla apta para la generación de hidrocarburo líquido principalmente.*
- Las muestras restantes: EJ-RG-06 y EJ-RG-11 no presentan buenos parámetros geoquímicos, pues sus valores son muy bajos.

Well	: AFLORAMIENTO	Survey	: SECTOR LAS DELICIAS
Basin	: CALENTURA	Company	: PETROPRODUCCIÓN
Country	: ECUADOR	Customer	: PETROPRODUCCIÓN
X, Y, Z	:	Project	: TESIS

	#	Analysis	Depth	S1	S2	Tmáx.	OI	HI	RC	TOC	MINC
	1	EJ-RG-01	0,00	0,63	18,54	432	18	604	1,46	3,07	6,12
	2	EJ-RG-02	0,00	0,26	10,27	432	45	497	1,15	2,06	6,73
	3	EJ-RG-06	0,00	0,00	1,33	445	108	122	0,95	1,10	4,31
	4	EJ-RG-07	0,00	1,37	30,35	434	11	699	1,69	4,34	3,32
	5	EJ-RG-08	0,00	0,74	30,78	434	13	617	2,34	4,99	0,06
	6	EJ-RE09	0,00	0,77	44,13	434	15	619	3,35	7,13	1,77
	7	EJ-RE11	0,00	0,00	0,97	444	114	124	0,68	0,79	1,99
	8	EJ-RG-13	0,00	1,46	53,26	432	15	636	3,77	8,37	6,65

Tabla 21.- Valores obtenidos del análisis de Pirólisis en muestras con el equipo Rock-Eval VI.

TABLA I
PARÁMETROS GEOQUÍMICOS
MIEMBRO CALENTURA
RÍO GRANDE (LAS DELICIAS)

$S_1 < 0.5$ mg./g de roca

NULO A POBRE

MUESTRAS

EJ-RG-02

EJ-RG-06

EJ-RG-11

$S_2 < 2.5$ mg./g de roca

NULO A POBRE

MUESTRAS

EJ-RG-06

EJ-RG-11

$0.5 < S_1 < 1.0$ mg./g de roca

BAJO

MUESTRAS

EJ-RG-01

EJ-RG-08

EJ-RG-09

$10.0 < S_2 < 20$ mg./g de roca

MUY BUENO

MUESTRAS

EJ-RG-01

EJ-RG-02

$1.0 < S_1 < 2.0$ mg./g de roca

BUENO

MUESTRAS

EJ-RG-07

EJ-RG-13

$S_2 > 20.0$ mg./g de roca

EXCELENTE

MUESTRAS

EJ-RG-07

EJ-RG-08

EJ-RG-09

EJ-RG-13

Tabla 22.- Muestras de acuerdo a parámetros S_1 y S_2 (Río Grande)

TABLA II
PARÁMETROS GEOQUÍMICOS
MIEMBRO CALENTURA
RÍO GRANDE (LAS DELICIAS)

TOC < 0.5 %

POBRE
MUESTRAS

EJ-RG-11

TMÁX < 435°C FUERA LÍMITE INFERIOR
VENTANA DE GENERACIÓN

MUESTRAS

EJ-RG-01

EJ-RG-02

EJ-RG-07

EJ-RG-08

EJ-RG-09

EJ-RG-13

1.0% < TOC < 2.0 %

BUENO
MUESTRAS

EJ-RG-06

435°C < TMÁX < 450°C

EN U VENTANA DE GENERACIÓN

MUESTRAS

EJ-RG-06

EJ-RG-11

2.0% < TOC < 4.0 %

MUY BUENO
MUESTRAS

EJ-RG-01

EJ-RG-02

TOC > 4.0 %

EXCELENTE
MUESTRAS

EJ-RG-07

EJ-RG-08

EJ-RG-09

EJ-RG-13

Tabla 23.- Muestras de acuerdo al contenido de TOC y Tmáx.
 (Río Grande)



Well : Afloramiento
 Basin : Calentura
 Country : Ecuador

Survey : Sector las Delicias
 Company : Petroproducción
 Customer : Petroproducción
 Project : Tesis

IH/IO diagram

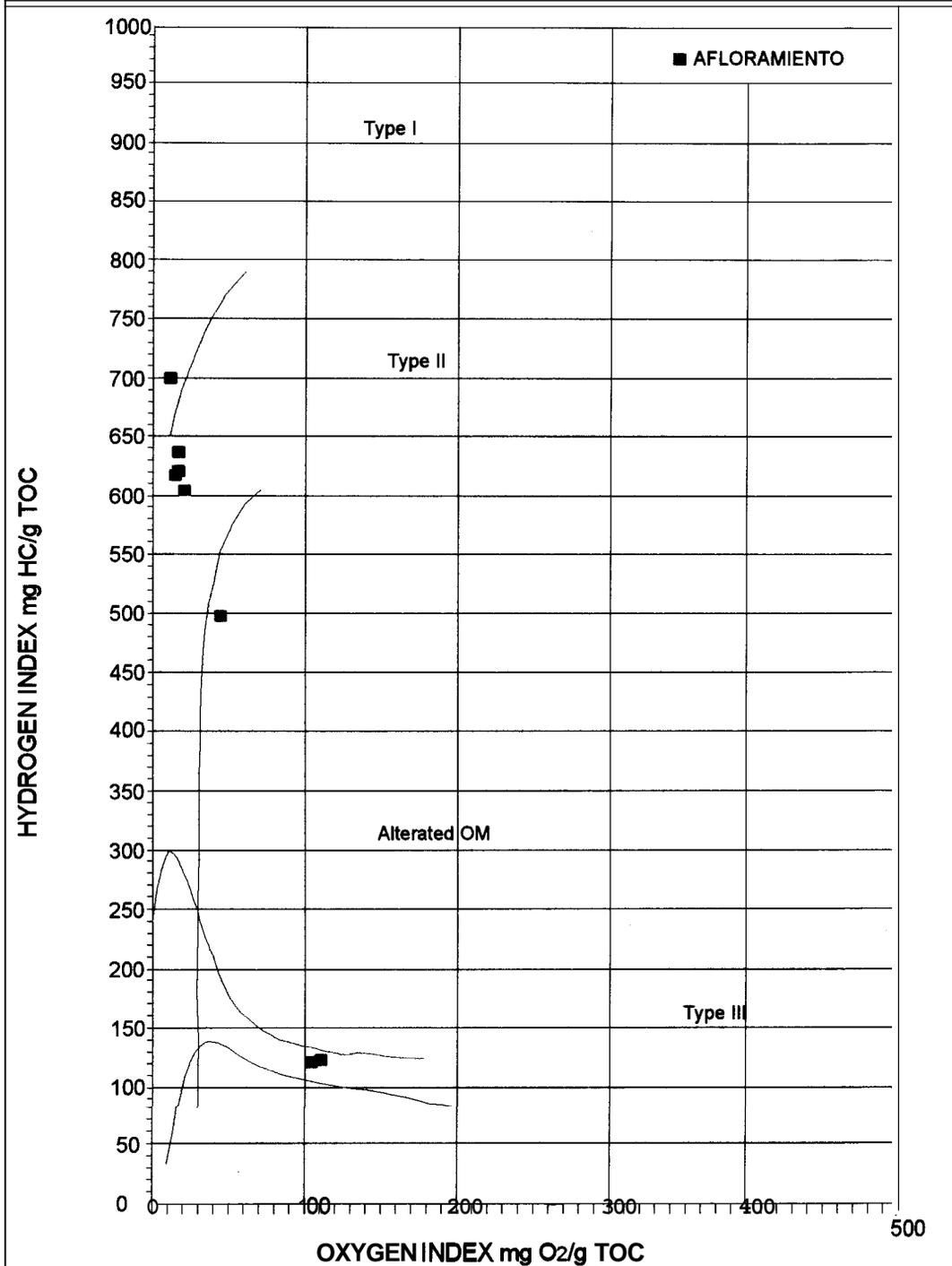


Fig. 7.5.- Diagrama IH / IO (Equipo Rock-Eval VI)

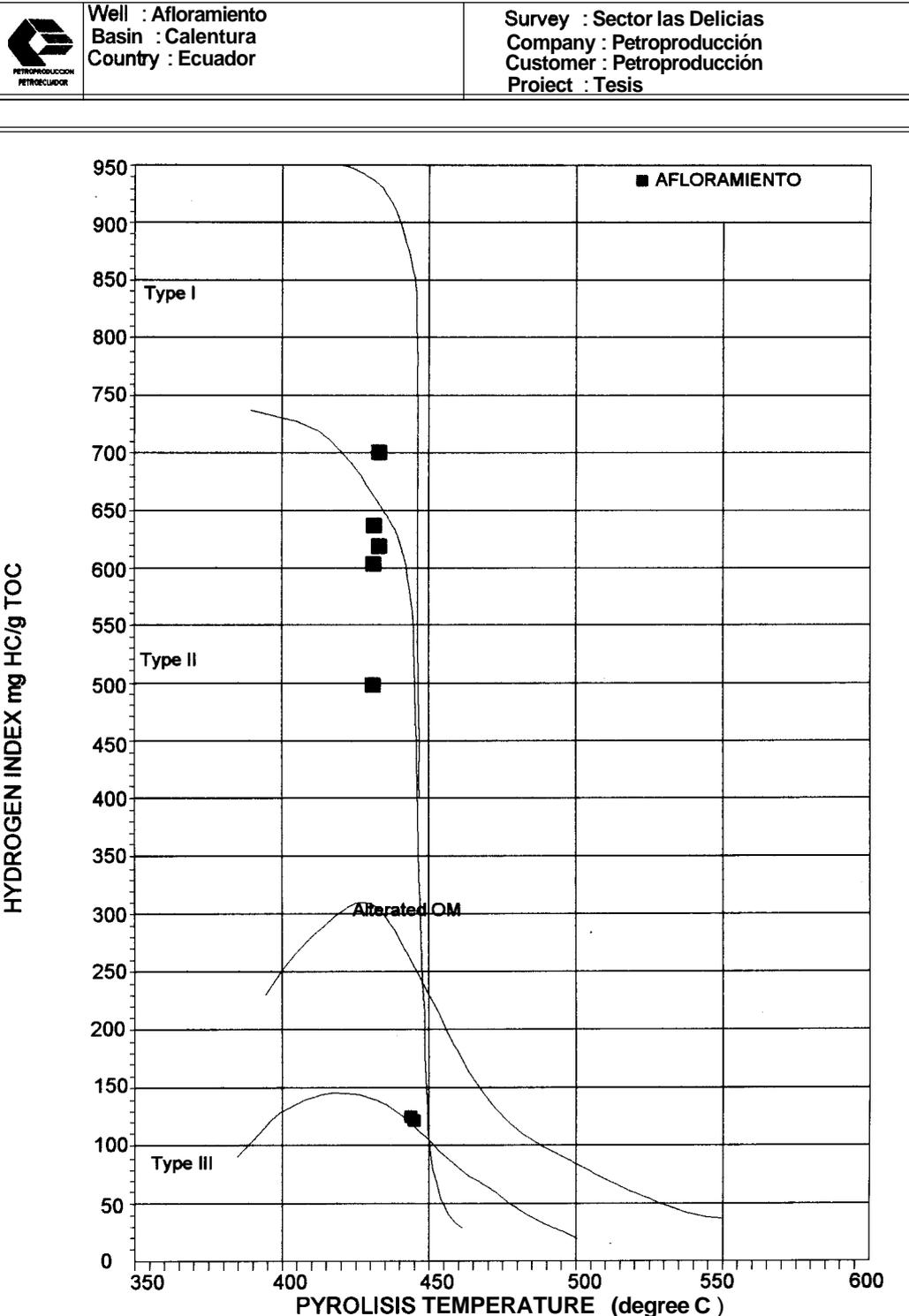


Fig. 7.6.- Diagrama Contenido de Hidrocarburo con la temperatura

Resultados Petrografía del Kerógeno

El estudio de petrografía del Kerógeno fue realizado a un total de 16 muestras, 7 laminas correspondientes al río Paco con nomenclatura CC-02 y 9 láminas correspondientes al río Grande con nomenclatura EJ-RG. Los resultados se muestran en la tabla 24.

En general las muestras presentan materia orgánica **amorfa** con índice de alteración moderada, la cual es clasificada como de tipo I según Tissot y Welte 1978 , normalmente se encuentra relacionada a procesos de degradación por bacterias y es considerada la mejor para la generación de petróleo líquido.

TABLA 24
OBSERVACIONES VISUALES DEL KEROGENO

ANALIZADO POR : E. GOMEZ , J. MINCHALA

	COLOR EN LUZ TRANSMITIDA		TIPO DE KEROGENO							INDICE DE ALTERACION TERMICA	COLOR FLUORESCENCIA DE SPORINITE			RECUPERACION	T = 0-6% - = 6-20% I = 20-60% X > 60%															
	VERDOSO LIGERAMENTE AMARILLO	AMARILLO	AMARILLO AMARILLADO	MARRON AMARILLADO	MARRON CLARO	MARRON	MARRON OSCURO	NEGR0	DERIVADO DE ALGAS	DERIVADOS AMORFOS	FRAGMENTO DISMINUADA	FRAGMENTOS HERBACEOS	FRAGMENTOS MADEROSOS	FRAGMENTOS DE CARBON	ESPORAS DE HONGOS	FORAMINIFEROS	OTROS	1,2 Y 3 MAL TERADO - LIGERAMENTE ALTERADO	3+ Y 4 MODERADAMENTE ALTERADO	4+ Y 5 FUERTEMENTE ALTERADO	5 +SEVERAMENTE ALTERADO	VERDE	AMARILLO VERDOSO	AMARILLO	AMARILLO AMARILLADO	AMARILLADO	CAFÉ	NEGR0	ORIGEN POTENCIAL	
Afloramiento:	Río Paco / Río Grande																													
MUESTRA/PROFUNDIDAD																														
CC-02-154						X		X																					B	Materia orgánica amorfa grumosa
CC-02-155				X				X																					B	Materia orgánica amorfa grumosa
CC-02-157				X				X							T														B	Materia orgánica espajosa y trazas de vitrinita
CC-02-158	X														T		T	X					X						N	Trazas de vitrinita y esporas de hongos
CC-02-159				X				X							T		T	X					X						B	Materia orgánica grumosa y trazas de esporas de hongos, polen y cutículas.
CC-02-160				X				X									T												B	Materia orgánica amorfa grumosa, Trazas de leños
CC-02-161				X				X																					B	Materia orgánica amorfa grumosa
EJ-RG-01				X				X																					MB	Materia orgánica espajosa
EJ-RG-02				X				X									T												MB	Materia orgánica espajosa y trazas de leños
EJ-RG-05				X				X									T												MB	Materia orgánica amorfa grumosa, trazas de cutículas y vitrinita
EJ-RG-06				X				X							T		T	X					X						R	Materia orgánica espajosa, trazas de leños, polen y esporas de hongos
EJ-RG-07				X				X									T												B	Materia orgánica amorfa grumosa, trazas de vitrinita y esporas
EJ-RG-08						X		X																					B	Materia orgánica amorfa grumosa
EJ-RG-11						X		X							T		T	X					X						B	Materia orgánica espajosa, trazas de leños y esporas de hongos
EJ-RG-13							X	X									T												B	Materia orgánica amorfa grumosa y trazas de cutículas
																OBSERVACIONES														

Correlación Estratigráfica (Afloramientos en la Cordillera Chongón-Colonche)

El levantamiento de columnas estratigráficas en cada uno de los afloramientos de los ríos visitados, además de la integración de estudios ya realizados en otros afloramientos (estudios previos) relacionados al presente estudio, ha permitido unificar toda esta información, para lograr obtener un esquema general; del grado de relación entre cada uno de los afloramientos a través de la correlación *estratigráfica*.

En la fig. 7.7 se indica la Correlación litológica entre los diferentes afloramientos estudiados desde el Sureste (Provincia del Guayas) hasta el Noroeste (Provincia de Manabí) a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche.

Para ésta correlación se tomó como marcador geológico (Datum) la cota registrada en cada uno de estos ríos (Datum Topográfico) corresponde a la escala vertical. Además también se ha realizado la relación entre distancias de separación de cada afloramiento (escala horizontal), esto se observa en la fig. 7.8.

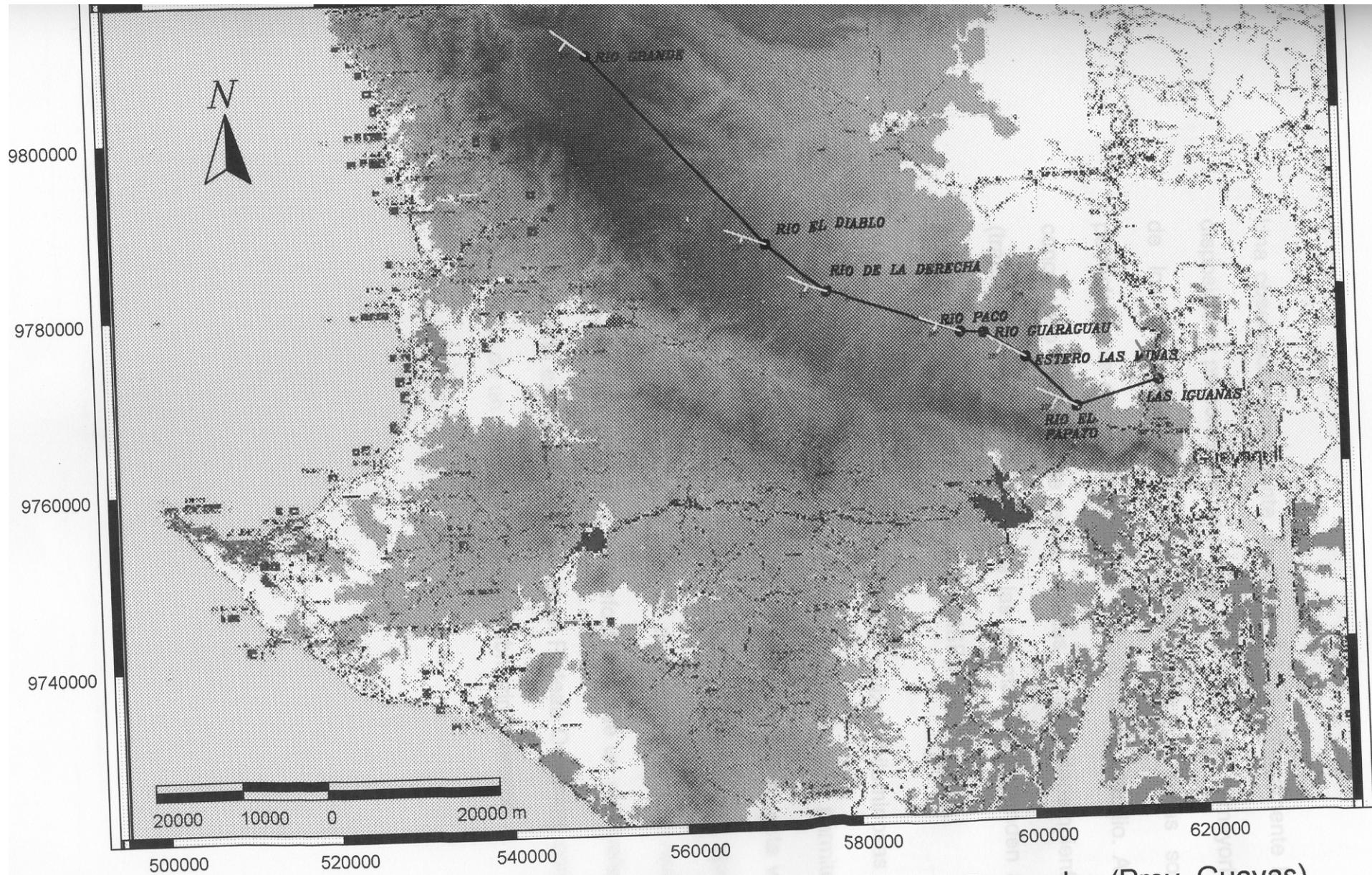


Fig. 7.5 Correlación litológica entre los afloramientos desde Pascuales (Prov. Guayas) hasta Jipijapa (Prov. Manabí), a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche.

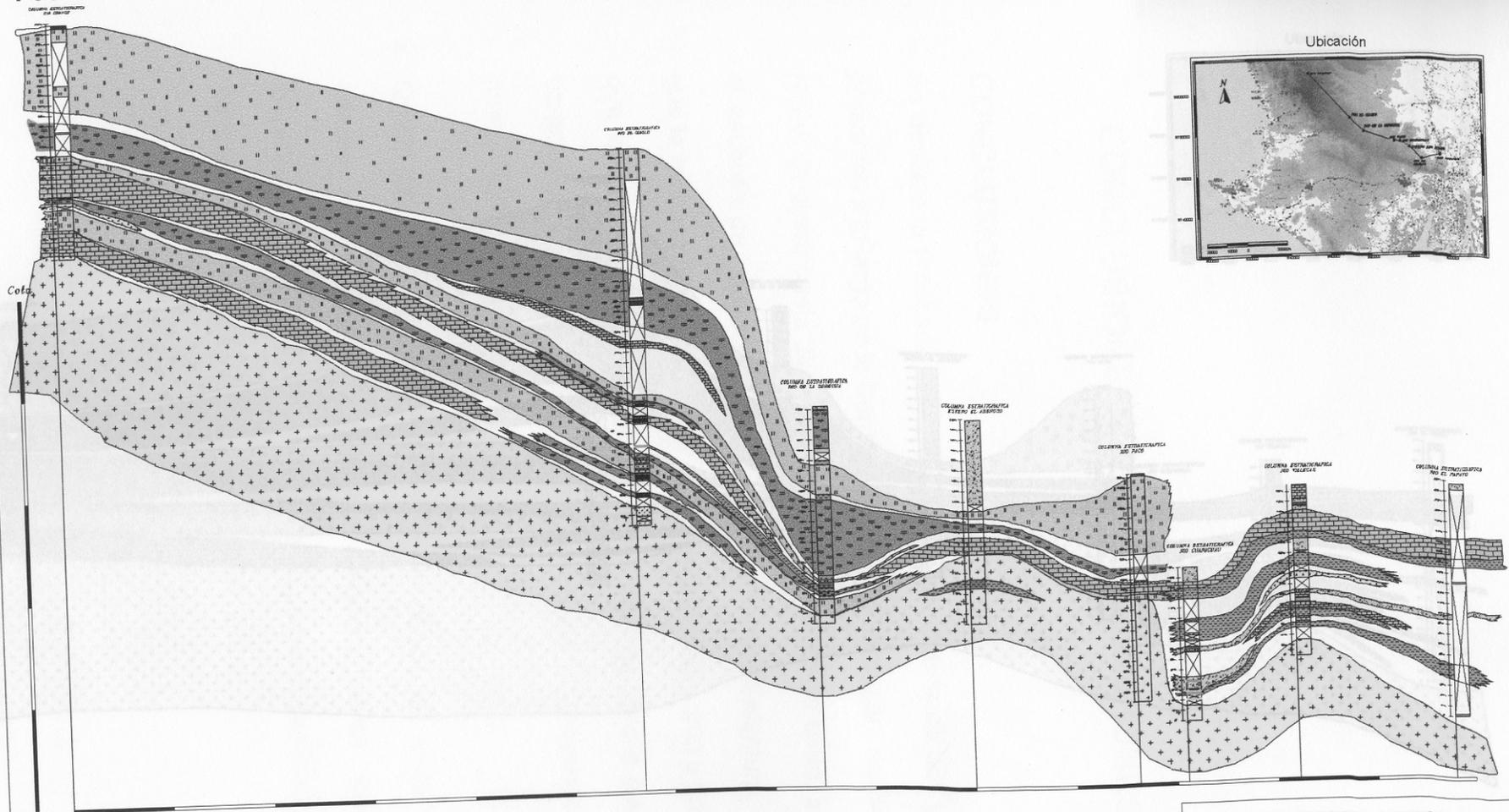
Una observación importante de la fig. 7.8 es precisamente la disposición y presencia de las calizas bituminosas en la mayoría de los afloramientos y además se nota que éstas son perfectamente correlacionables en el conjunto de estudio. Así conociendo la edad de estas calizas y su paleoambiente (transgresión), se establece que las mismas corresponden al llamado Maximum Flooding Surface (MSF).

Considerando la depositación de las calizas bituminosas y tomando ahora las mismas como Datum geológico, permiten graficar una nueva relación entre afloramientos, pero esta vez estableciendo como “Nivel Cero” las calizas bituminosas, como se ve en la figura 7.9 , esta posición de Datum geológico revela que en el Turoniano medio la conformación de un paleorelieve con un alto estructural ubicado en el Plateau Oceánico, con la existencia de un sistema exhalativo submarino cercano.

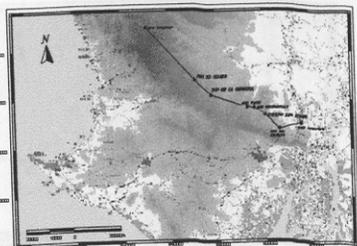
(Maximum flooding surface)

NW

SE



Ubicación



ESPOL - CIGG

"CORRELACION DE COLUMNAS"

Escala Vertical

0 100 m

Escala Horizontal

0 5000 m

REALIZADO POR:

E. GOMEZ
J. NINCHALA

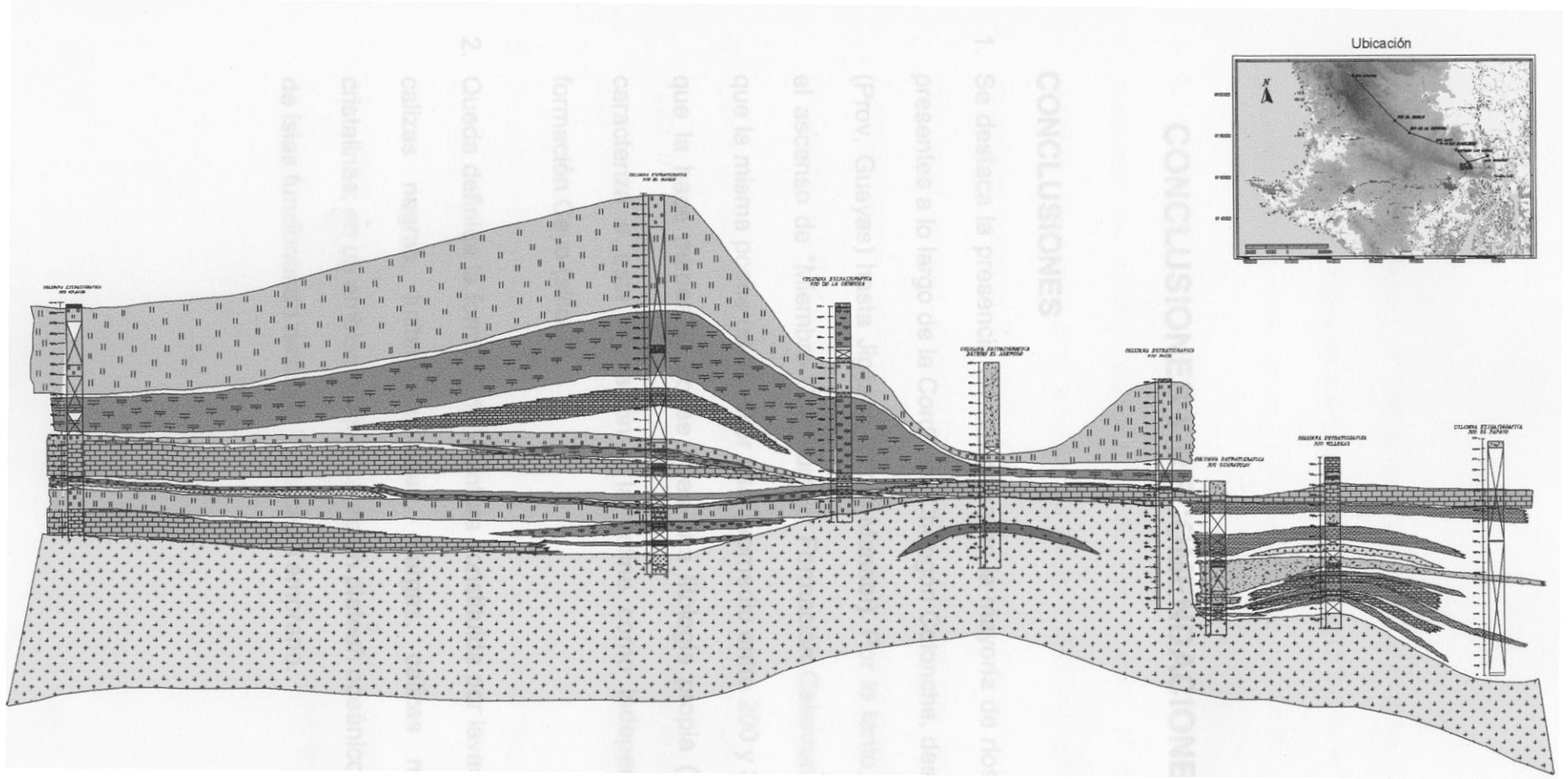
FECHA:

FEBRERO 2003

Correlación de Columnas (Maximun flooding surface)

NW

SE



<i>ESPOL - CIGG</i>	
<i>"CORRELACION DE COLUMNAS" (Maximun Flooding Surface)</i>	
REALIZADO POR: E. GOMEZ J. MINCHALA	FECHA: FEBRERO 2003

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

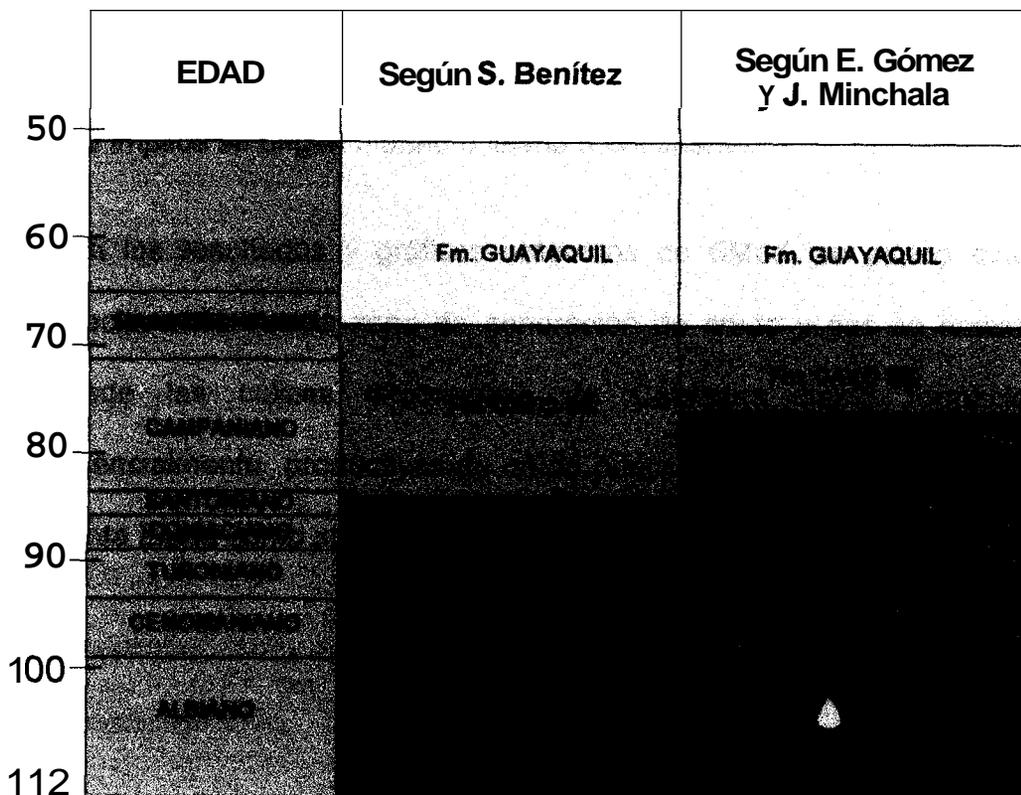
CONCLUSIONES

1. Se destaca la presencia de Calentura en la mayoría de ríos y quebradas presentes a lo largo de la Cordillera Chongón Colonche, desde Pascuales (Prov. Guayas) hasta Jipijapa (Prov. Manabí). Por lo tanto, se establece el ascenso de “Miembro Calentura” a Formación Calentura, en vista de que la misma posee un espesor total promedio entre 200 y 300 metros, lo que la hace mapeable posee pues una litología propia (calcárea) que caracteriza a esta formación y la define como independiente de la formación Cayo (silícea).
2. Queda definida la formación Calentura constituida por lavas, pillow lavas, calizas negras, lutitas calcáreas, margas, calizas marrón, tobas cristalinas; en un ambiente batial sobre un ^oplateau oceánico y con un arco de islas funcionando desde el Cretáceo Temprano.

3. En su parte inferior se encuentran las calizas negras, calizas grises, lutitas oscuras, mientras que en su parte superior se tiene margas verde grisáceas, tobas verde claras y lutitas calcáreas verdes lila, grauwas.
4. En la mayoría de los afloramientos a lo largo de Chongón Colonche se presentan las calizas negras, siendo Río Grande el mejor sitio de definición formacional ó localidad tipo de Calentura; sin embargo en quebradas como el Río de la Derecha (Miguel Alvarado) se encuentran **sólo** lavas, margas, lutitas y tobas pertenecientes a la parte superior de Calentura por lo que se considera a ésta quebrada como la localidad tipo de Calentura superior (200 m.).
5. Existe un alto grado de correlación entre las columnas levantadas en cada uno de los afloramientos, observándose también la desaparición de esta formación en algunos afloramientos como en el Río de la Derecha.
6. Se establece que la potencia promedio de las calizas negras oscila entre **8** y 25 m. (30 m. Río Grande).
7. La Formación Cayo SS. muy posiblemente está relacionada con la Formación San Lorenzo en la Provincia de Manabí, mientras que la

Formación Guayaquil mantiene su presencia a partir del Maastrichtiano medio tanto en Guayas como en Manabí.

8. La edad de Calentura superior fue datado como Campaniano medio según microfósiles allí encontrados en el informe micropaleontológico del CIGG. elaborado por M. Ordóñez, N. Jiménez y J. Suárez en febrero 2002; mientras que la presencia de macrofósiles (*Inoceramus anglicus*) en calizas negras de Calentura inferior fue datada principalmente Albiano medio-superior, pero posiblemente también Albiano inferior y Cenomaniano inferior, según la Dra. Annie Dhondt, del Museo Real de Ciencias Naturales de Bélgica a Bruselas.
9. De acuerdo a los restos fósiles encontrados en calizas negras de la Formación Calentura, es muy posible establecer que ésta comienza desde el Albiano medio (*Inoceramus Anglicus*) y se extiende hasta el Campaniano Medio superior (Foraminíferos, radiolarios, nanofósiles calcáreos) en el Río de la Derecha.



10. La mayoría de las muestras sometidas al análisis Geoquímico de Río Grande poseen valores muy buenos de S1 y excelentes de S2 y TOC. , pero tienen un T_{máx.} fuera del límite inferior de la ventana de generación, por lo que se considera que aquí se trata de una Roca Madre Potencialmente Generadora. Además con los análisis Geoquímicos (Pirólisis, TOC, Petrografía del Kerógeno, etc.) realizados en muestras pertenecientes a diversos afloramientos de roca (Caliza negra) a lo largo de la Cordillera Chongón-Colonche, se determina que el tipo de materia

orgánica corresponde a una mezcla entre materia orgánica amorfa fluorescente (tipo I) y materia orgánica de naturaleza herbácea (tipo II), lo que implica su origen marino ó lejano a continente.

11. Con los resultados y gráficos obtenidos de BMod, se puede concluir directamente que la zona de generación de crudo y gas se encuentra desde las calizas bituminosas de Calentura hasta formaciones potencialmente productivas de crudo principalmente en la Península de Santa Elena como son las formaciones Azúcar y el Grupo Ancón.

RECOMENDACIONE

1. Estudiar otros afloramientos en ríos y quebradas presentes a lo largo de la cordillera Chongón-Colonche.
2. Establecer una correlación más detallada entre todas las columnas levantadas, esto en función de posteriores muestreos y trabajos Bioestratigráficos.
3. Realizar un estudio detallado de las áreas adyacentes a las del presente trabajo, tanto en bioestratigrafía, petrografía y geoquímica.
4. Dirigir estudios estratigráficos hacia la parte Noroeste de la Cordillera Chongón-Colonche (Arco San Lorenzo), para establecer la extensión y correlación de la Formación Calentura en ésta zona y definir tanto su origen como evolución en la costa ecuatoriana.
5. Analizar la posible razón de existencia de diferentes tipos de roca madre (roca potencialmente generadora y generadora activa) de acuerdo a su

ubicación geográfica, en función de estudios comprensivos de análisis de cuenca.

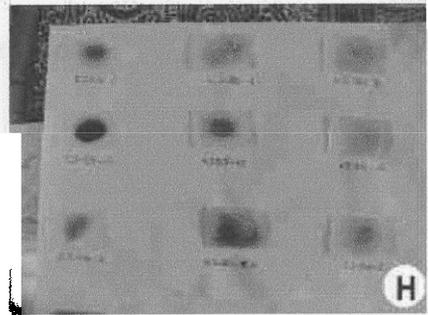
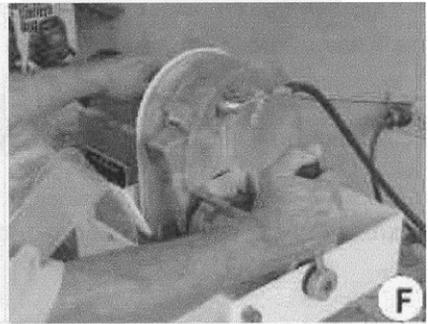
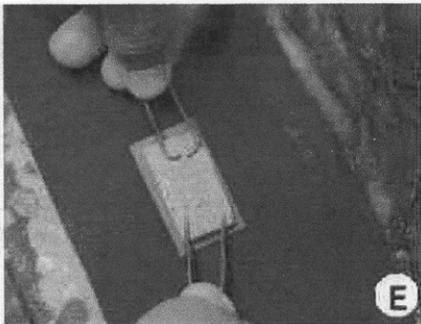
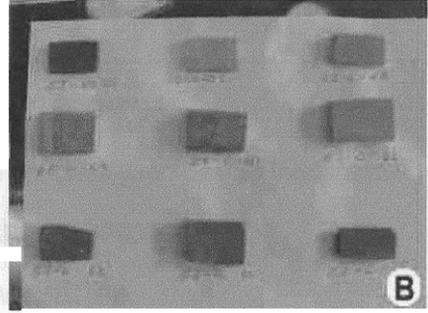
6. Comprobar la calidad de crudo extraído de una muestra en caliza negra de Calentura con las características del crudo presente en diferentes lugares de la Península de Santa Elena. (correlación Crudo-Rocas Madres)

APENDICE A
ANEXO PETROGRÁFICO

PROCESO DE PREPARACION DE LÁMINA DELGADA

- A) PREPARACIÓN DE ESQUIRLA O TABLETA DE ROCA DE 2CM DE ANCHO POR 3CM DE LARGO.
- B) ESQUIRLAS DE ROCA CONFECCIONADAS.
- C) PULIMENTADO DE UNA SUPERFICIE DE LA ESQUIRLA PARA ADHERIR AL VIDRIO.
- D) PREPARACION DEL VIDRIO (COLOCACION DEL PEGAMENTO EN ESTE CASO BALSAMO DE CANADA).
- E) PEGADO DE LA ESQUIRLA DE ROCA AL VIDRIO.
- F) DESVASTACION DE LA ESQUIRLA DE ROCA HASTA ALCANZAR 30 MICRAS APROXIMADAMENTE.
- a
- G) PULIDO A MANO DE LA MUESTRA CON DIFERENTES ABRASIVOS.
- H) LAMINA DELGADA CONFECCIONADA

PROCESO DE PREPARACION DE LÁMINA DELGADA



LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-161	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	--------------------	---

Caliza negra, medianamente densa, con restos de conchas y moldes de *Inoceramus*.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: CALIZAMICRÍTICA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	92.1
microfósiles	4.4
feldespato	2.0
glauconita	1.5

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz muy fina (micrítica) de color café teñida por hidrocarburo, según Dunhan corresponde a un mudstone, la roca contiene granos de glauconita, feldespatos y microfósiles.

- Microfósiles : Foraminíferos, presentan dos o mas cámaras, su tamaño varía entre 90 150 micras.
- Feldespatos : Corroídos y calcitizados, con bordes bien definidos (Anortoclasa) su tamaño varia entre 180 y 300 micras.
- Glauconita : Granos subangulares a subredondeados dispersos en la matriz, su tamaño varía entre 90 y 210 micras.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de feldespatos

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-163	ANALIZADO POR :E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	---------------------------	--

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca ígnea, volcánica, textura porfirítica, con fenocristales de plagioclasa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **BASALTO**

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	70.5
plagioclasa	23.8
calcita	3.6
opaco	2.1

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz compuesta por una pasta microlítica de plagioclasa y vidrio, contextura porfirítica y estructura de granulación dispereja (desigual), la matrices de color verde claro a incoloro, levemente cloritizada.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, Maclada, zonada, bordes bien definidos según Michel Levy es una plagioclasa cálcica (labradorita).

Calcita : Cubriendo parcialmente a la plagioclasa a manera de parches.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de plagioclasa

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-164	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	---------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Caliza marrón, compacta, densa, bien consolidada, no porosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **CALIZA MICRÍTICA**

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	97.7
microfósiles	1.8
opacos	0.5

MINERALOGÍA :

La roca esta compuesta por una matriz muy fina (calcita micrítica) de color Habana a pardo, esta matriz contiene microfósiles y minerales opacos (hematita).

Microfósiles : Foraminíferos entre 60 y 150 micras, presenta dos a varias cámaras dispersos en zonas puntuales de la muestra.

TEXTURA Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-165	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	--------------------	---

Roca piroclástica, gris verdosa, medianamente densa, estratificada, bien consolidada.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA GRUESA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	87.0
plagioclasa	8.9
opaco	2.3
fragmento de roca	1.8

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica muy fina de color pardo a verde pálido, a grandes aumentos no se observan bordes cristalográficos, presenta birrefringencia muy baja menor a la del cuarzo, esta matriz engloba plagioclasa, fragmentos de roca y minerales opacos.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, maclada, zonada, presenta formas agudas (angulosas), bordes bien definidos, también se observa fragmentos con bordes difusos los cuales se pierden con la matriz producto de la desvitrificación del vidrio. El tamaño de estos cristales varía entre 150 y 300 micras.

Fragmento de roca : Basálticos, presenta una matriz de color café oscuro con microcristales de plagioclasa, el tamaño de estos fragmentos varía entre 300 y 750 micras.

DIAGÉNESIS

Cristalización Plagioclasa

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-167	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	---------------------------	---

Toba color verde clara, bien consolidada, medianamente densa, levemente calcárea en zonas puntuales.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA FINA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	92.4
plagioclasa	5.9
calcita	1.4
opaco	0.3

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica muy fina de color pardo amarillento a incoloro, a grandes aumentos no se observan bordes cristalográficos, presenta birrefringencia muy baja menor a la del cuarzo, se observa sectores esporádicos de color verde dorado debido a Palagonitización del vidrio. La matriz engloba plagioclasa , minerales opacos y parches de espatita.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, maclada, angulosas, presenta bordes rectos y definidos, algunas se presentan corroídas, calcitizadas, fragmentadas. El tamaño de estas varía entre 150 y 450 micras. Según Michel Levy la plagioclasa presente es Andesina y Labradorita.

Calcita : Cubriendo parcial o totalmente a los plagioclasas a manera de parches producto de alteración (calcitización).

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de Plagioclasa

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-168	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	--------------------	---

Toba color verde oscuro, bien consolidada, medianamente densa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA SILICEA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	84.7
plagioclasa	12.4
opacos	2.9

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica desvitrificada, formando masas sin forma de cuarzo, de extinción fuertemente ondulante, no se observan bordes cristalográficos. La matriz es de color verde pálido a incoloro , se presenta alterada (palgonitizada y cloritizada), en sectores puntuales de la muestra se observa textura fluidal.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, corroídas, con bordes rectos y definidos Según Michel Levy es andesina. El tamaño de los cristales varía entre 370 y 900 micras.

DIAGÉNESIS

Alteración : Palagonitización del vidrio
Alteración : Cloritización.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-01	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

Toba fina, verde clara, no densa, bien consolidada, compacta.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA FINA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	97.1
cuarzo	1.7
plagioclasa	1.2

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea cinerítica muy fina, a grandes aumentos se observa una extinción fuertemente ondulada y birrefringencia baja similar a la del cuarzo, no se observan bordes cristalográficos, en nícoles paralelos esta matriz es de color pardo a incoloro.

Cuarzo : Monocristalino, limpio de extinción recta, autigénico , el tamaño de estos no sobrepasa las 30 micras, producto de la desvitrificación del vidrio. También se presenta rellenando dos pequeñas fracturas.

Plagioclasa : Macladas, alotriomórficas, con bordes difusos los cuales se pierden con la matriz, (autigénico) producto de la desvitrificación del vidrio, el tamaño de estos no sobrepasa las 40 micras.

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo y plagioclasas.

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-03	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

Roca piroclástica, color crema verdoso, no calcárea, bien consolidada, con patinas de oxidación color marrón.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA CRISTALINA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA
MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	56.8
plagioclasa	27.4
cuarzo	11.9
frag. de roca	2.8
opacos	1.1

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea alterada o desvitrificada a palagonita, en nícoles paralelos es de color café claro a pardo, esta matriz engloba cristales de plagioclasa, cuarzo, y fragmentos de roca.

- Cuarzo : Monocristalino, limpio, de extinción recta y ondulada, se presentan partidos, angulosos con formas agudas, sus bordes se encuentran bien definidos, el tamaño de estos varia entre las 150 y 600 micras.
- Plagioclasa : Macla tipo albita, se presentan fracturados y corroídos de formas agudas, el tamaño de estos varia entre las 460 y las 900 micras. Según Michel Levy es una plagioclasa cálcica (Labradorita).
- Frag. de roca : Formas subredondeadas a subangulares de birrefringencia baja, similar a la del cuarzo, estos fragmentos son tobáceos, el tamaño de estos varia entre 300 y 770 micras.

DIAGÉNESIS

alteración : Palagonitización del vidrio.

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-10	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca calcárea color gris verdoso, compacta, no porosa, bien consolidada, con pequeñas vetillas de calcita cristalina.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN:
MINERALOGÍA MODAL (%)

MARGA

matriz	69.6
calcita	25.0
cuarzo	3.2
plagioclasa	1.8
opacos	0.4

MINERALOGÍA :

En sectores esporádicos de la muestra se observa la matriz vítrea, la cual se ha alterado (calcitización) lo que da una apariencia de textura de vasijas rotas , en nícoles paralelos es de color pardo amarillento. Esta matriz contiene parches de espatita, plagioclasas y cuarzo.

- Calcita : Dispersa en la matriz a manera de parches si forma de espatita , en sectores puntuales de la muestra se observan cristales de calcita formando mosaicos , el tamaño de estos varia entre las 150 y 450 micras.
- Cuarzo : Limpio, monocristalino, extinción recta y ondulada, con formas agudas, bordes difusos (cuarzo autigénico) estos no sobrepasan las **180** micras.
- Plagioclasa : Hipidiomórfica a alotriomórfica, Macla tipo albita, se presentan fracturados, el tamaño de estas no sobrepasa las 300 micras.

DIAGÉNESIS

Alteración : Calcitización.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-11	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

Roca piroclástica color verde claro, calcárea, densa, no porosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **TOBA VITREA**
 CLASIFICACIÓN: **TOBA CINERÍTICA**

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	62.0
calcita	22.6
cuarzo	11.1
plagioclasa	2.9
piroxeno	1.4

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica desvitrificada, en nícoles paralelos es de color pardo , esta matriz se encuentra calcitizada, ya que se observa parches de calcita sobre la matriz, la roca contiene cuarzo, calcita, piroxenos y plagioclasa.

Cuarzo : Autigénico, limpio, monocristalino, extinción ondulada, presenta bordes difusos los cuales en nícoles paralelos se pierden con la matriz, también existe cuarzo detrítico con sus bordes bien definidos con formas angulosas, filos de hacha, tamaño de estos varia entre 150 y 210 micras.

Calcita : Se presenta a manera de parches de espatita distribuida sobre la matriz el tamaño de estos parches sin forma varia entre 60 y 400 micras.

Piroxeno : Cristales cortos hipidiomórficos de augita.

Plagioclasa : Maclada, cristales hipidiomórficos, presenta bordes difusos, los cuales se pierden con la matriz esta plagioclasa es producto de la desvitrificación del vidrio.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de la matriz
 Cristalización : Cuarzo y plagioclasa.

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-13	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	39.1
plagioclasa	24.7
calcita	13.5
frag. de roca	10.4
piroxeno	5.2
opacos	5.2
cuarzo	1.9

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea cinerítica muy fina palagonitizada de color dorado, esta matriz presenta una birrefringencia muy baja similar a la del cuarzo en los sectores alterados la birrefringencia llega al amarillo del I orden.

Plagioclasa	Macla tipo albita, según Michel Levy es una plagioclasa cálcica (labradorita) , estas plagioclasas se presentan muy corroídas , formas agudas , bordes bien definidos, el tamaño de estas varía entre 250 y 752 micras existiendo ,cristales grandes de hasta 1550 micras (pocos).
Calcita	Resultado de alteración de feldespatos, cubriendo parcialmente o totalmente a los mismos en forma de parches de espatita.
Frag. de roca	Volcánicos, mayormente fragmentos de lava basáltica, de matriz vítrea de color café oscuro, con microcristales de plagioclasa, estos presentan formas subangulares, el tamaño de estas varía entre 370 y 1850 micras.
Piroxenos	Cristales alotrimórficos de pigeonita, se presenta como fragmentos, el tamaño varía entre 150 y 400 micras, algunas de estas presentan maclas.
Opacos	Presenta bordes rectos bien definidos el tamaño varía entre 150 y 300 micras, posiblemente (magnetita).
Cuarzo	Limpio, monocristalino, extinción onduladas, presenta microburbujas, bordes bien definidos, formas agudas. El tamaño varía entre 300 y 600 micras.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de feldespatos.

TEXTURA : Grano soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-C-16	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------------	-------------------------	---

Roca piroclástica verde clara, con tonos lilas, medianamente densa bien consolidada.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **TOBA VITREA**
 CLASIFICACIÓN: **TOBA CINERITICA FINA**

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	88.8
calcita	3.2
cuarzo	8.0

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica desvitrificada, en nícoles paralelos es de color pardo , esta matriz se encuentra calcitizada, ya que se observa parches de calcita sobre la matriz , la roca contiene cuarzo y calcita.

Calcita : Se presenta a manera de parches de espatita distribuida sobre la matriz el tamaño de estos parches sin forma varia entre 30 y 150 micras.

Cuarzo : Autigénico, limpio, monocristalino, extinción ondulada, presenta bordes difusos **los** cuales en nícoles paralelos se pierden con la matriz el tamaño de estos no sobrepasa las 60 micras.

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo.

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-17	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

Roca calcárea, gris verdosa, consolidada, medianamente densa, no porosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **MARGA**
MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	92.3
cuarzo	5
frag. de roca	2.3
microfósiles	0.3
piroxeno	0.1

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz calcárea entremezclada con arcilla esta es de aspecto turbio (sucio) presenta textura de vasijas rotas la matriz es de color café claro, contiene cuarzo, fragmentos de roca y piroxeno.

Cuarzo : Limpio, monocristalino, extinción recta y ondulada, con formas agudas, bordes bien definidos el tamaño varia entre 30 y 80 micras, estas están dispersas sobre la matriz.

Frag. De roca : Basálticos, con formas subangulares , matriz vítrea color café oscuro con microcristales de plagioclasa el tamaño no sobrepasa las 210 micras.

Microfósiles : Foraminíferos y radiolarios presente en muy bajo porcentaje.

Piroxenos : Cristales cortos de clinopiroxeno su tamaño no sobrepasa las 60 micras.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA. EJ-C-22	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
------------	------------------	---

Toba cristalina, gris oscura, tono verdoso, levemente calcárea en sectores puntuales.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA CRISTALINA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA GRUESA.

MINERALOGÍA MODAL (%)

plagioclasa	33.4
matriz	33.2
frag. de roca	17.0
opacos	8.0
piroxeno	5.9
calcita	2.6

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea desvitrificada a palagonita de color café pálido a dorado, contiene granos de cuarzo, plagioclasa, calcita y fragmentos de roca.

- Plagioclasa : Maclada y zonada, macla tipo albita, con formas alotriomórficas, con formas angulosas, se presentan corroídas y fracturadas, según Michel Levy la plagioclasa presente es una plagioclasa sódica (Andesina) el tamaño de estos varía entre 300 y 770 micras.
- Fragmento de roca : De composición basáltica con microcristales de plagioclasa, estos fragmentos presentan formas subangulares y se hallan dispersos en la matriz, el tamaño de estos varía entre 300 y 750 micras.
- Opacos : Con bordes rectos formas irregulares , de color negro, posiblemente magnetita, el tamaño varía entre 150 micras y 300 micras.
- Calcita : Dispersa sobre la muestra a manera de parches , cubriendo parcialmente o totalmente a las plagioclasas, y sobre la matriz.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de feldespatos

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-C-23	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
------------	------------------	---

Toba de color marrón, no porosa, bien consolidada, levemente calcárea.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	88.0
plagioclasa	4.7
calcita	3.6
opacos	2.8
cuarzo	0.9

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea desvitrificada a palagonita de color café pálido a dorado, contiene granos de cuarzo, plagioclasa, calcita y fragmentos de roca.

- Plagioclasa : Maclada y zonada, macla tipo albita, con formas alotriomórficas, con formas angulosas, partidos, según Michel Levy la plagioclasa presente es una plagioclasa sódica (Andesina) el tamaño de estos varía entre 90 y 180 micras.
- Calcita : Dispersa sobre la muestra a manera de parches , cubriendo parcialmente o totalmente a las plagioclasas, y sobre la matriz.
- Opacos : Con bordes rectos formas irregulares , de color negro, posiblemente magnetita, el tamaño varía entre 150 micras y 300 micras.
- Cuarzo : Monocristalino, limpio, con formas angulosas de filos de hacha, bordes bien definidos, su tamaño varía entre 60 y 150 micras.

DIAGÉNESIS

Calcitización : Alteración de feldespatos

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-25	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	-------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Toba color verde claro, medianamente densa, bien consolidada, no calcárea.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	86.4
plagioclasa	6.4
frag. de roca	3.2
opacos	2.8
glauconita	1.2

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea cinerítica desvitrificada, con birrefringencia menor a la del cuarzo en la matriz no se observa bordes cristalográficos mas bien se observa una masa alterada (palgonitizada) de color pardo a dorado.

Plagioclasa : Maclada, cristales hipidiomórficos, presenta bordes bien definidos, presentan formas angulosas, generalmente estos son fragmentos de plagioclasa, según Michel Levy esta plagioclasa es Andesina.

Frag. de roca : Basálticos de formas subangulares de matriz vítrea de color café oscuro la cual contiene microcristales de plagioclasa el tamaño de estos fragmentos de roca varía entre 90 y 150 micras.

Calcita : Se presenta a manera de parches de espatita distribuida sobre la matriz el tamaño de estos parches sin forma varia entre **60** y **400** micras.

Glauconita : Granos deformados (formas alargadas).

DIAGÉNESIS

Alteración : Palagonitización del vidrio.

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-C-26	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	------------------	---

Roca calcárea, color marrón, consolidada, no porosa, densa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: MARGA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	97.4
espatita	2.0
microfósiles	0.6

MINERALOGÍA:

La roca presenta una matriz calcárea muy fina, entremezclada con arcilla, esta matriz es de aspecto turbio (sucio) presenta textura de vasijas rotas la matriz es de color café claro, la roca contiene microfósiles y parches de espatita.

Espatita : Dispersa sobre la matriz a manera de parches sin forma, el tamaño de estos parches varía entre 60 y 120 micras.

Microfósiles : Radiolarios distribuida en la matriz de manera puntual, el tamaño de estos fluctúa entre 60 y 120 micras.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: CC-02-198	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------------	---------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca piroclástica gruesa, verde grisácea, compacta, masiva, no porosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA CRISTALINA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA GRUESA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	58.6
cuarzo	19.3
feldespato	11.5
plagioclasa	10.6

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica con extinción fuertemente ondulante no se observan bordes cristalográficos, presenta birrefringencia similar al cuarzo, esta matriz es de color pardo a incoloro con sectores esporádicos alterados de color café pálido a dorado y birrefringencia del amarillo del I orden. Contiene cristales de cuarzo, plagioclasa y minerales opacos.

Cuarzo : Monocristalino, limpio, extinción ondulada y recta, presenta microburbujas, formas angulosas, filos de hacha y bordes bien definidos, el tamaño de estos varía entre 150 y 460 micras.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, maclada, macla tipo albita, en general son fragmentos de plagioclasa, algunas se encuentran sucias y corroídas. Según Michel Levy la plagioclasa presente es Andesina el tamaño de estas varía entre 150 y 540 micras.

Feldespato : Alterados, sucios, corroídos, sin maclas, el tamaño varía entre 210 y 470 micras.

TEXTURA : Grano soporte

POROSIDAD
Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-199	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	---------------------------	---

Roca piroclástica, color gris verdosa, medianamente densa, bien consolidada, no porosa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA SOLDADA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	69.7
fragmento de roca	15.7
plagioclasa	7.0
calcedonia	6.3
calcita	0.7
piroxeno	0.6

MINERALOGÍA:

La roca presenta una matriz vítrea muy fina de color café con birrefringencia menor a la del cuarzo y sectores alterados a palagonita con birrefringencia del amarillo del I orden . en la muestra se observa sectores con textura fluidal que bordean a fragmentos de roca, incluso algunos de los fragmentos de roca presentan esta misma textura.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, presenta formas angular a subangular, corroídas, sucias, calcitizadas, algunas limpias. Según Michel Levy la plagioclasa presente es Andesina. El tamaño de estas varía entre 300 y 550 micras.

Piroxeno : Cristales cortos y sectores puntuales de augita.

Calcita : Cubriendo parcialmente fracturas a las plagioclasas a manera de parches resultado de alteración (calcitización).

Fragmentos de roca : Volcánicos (tobas, basaltos) el tamaño varía entre 1500 y 2700 micras.

DIAGENESIS

Cristalización : Masas de calcedonia.
Calcitización : Alteración de plagioclasa.

TEXTURA : Matriz soporte.

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: CC-02-210	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	--------------------	---

Roca ignea, volcánica, afanítica, color gris oscura a gris claro, densa, compacta.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **BASALTO**

MINERALOGÍA MODAL (%)

plagioclasa	54.8
piroxeno	23.8
vidrio	15.8
opacos	5.6

MINERALOGÍA :

La roca presenta textura subofítica, se observa cristales alargados de plagioclasa a manera de mineral huésped en el piroxeno el vidrio. el vidrio es de color pardo se encuentra entre las plagioclasas, en sectores puntuales se observa pequeñas masas de calcedonia producto de alteración.

Plagioclasa : Hipidiomórfica, macla tipo albita, corroídas, sucias, presente como minerales fantasmas. Según Michel Levy la plagioclasa presente Labradorita.

Piroxeno : Cristales alotriomórficos de Augita, maclados (pocos), algunos contienen cristales de plagioclasa.

Opaco : Mayormente cristales de hematita y pirita (poco)

DIAGENESIS

Cristalización : Plagioclasa y calcedonia.
Alteración : Desvitrificación del vidrio.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-RG-01	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
------------	-------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Caliza Negra, consolidada, su parte externa o superficial es de color beige, presenta cristales de pirita y vetillas de calcita.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: CALIZA.
CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK: CALIZA ESPARITICA.

MINERALOGÍA MODAL (%)

espatita	58.7
vidrio	27.0
restos de concha	7.9
frag. de roca	4.3
cuarzo	1.7
opacos	0.4

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrea palagonitizada y posteriormente calcitizada, se observa remanentes del vidrio flotando en el carbonato, estos son color verde dorado, el vidrio se presenta masas sin formas y como fragmentos subredondeados a subangulares.

- Espatita : Presente en mayor porcentaje en la muestra , en sectores puntuales se observa cristales bien formados formando mosaicos; mayormente se presenta como una masa .
- Restos de concha : Se presenta con formas angulares y tamaños que varían entre las 300 micras y 600 micras dispersas en la muestra.,
- Fragmentos de roca : Mal clasificado, con formas redondeadas, estos fragmentos son tobaceos , el tamaño varia entre 1 y 3 mm
- Cuarzo : Monocristalino, limpio, de extinción ondulada , autigénico, no sobrepasa las 150 micras de tamaño, presenta formas subredondeadas a subangulares.
- Opacos : Cristales cúbicos de pirita.

DIAGÉNESIS

- Cristalización : Cuarzo
Alteración : Palagonitización del vidrio

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

ESPOL - CIGG	MUESTRA: EJ-RG-02	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
---------------------	--------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Caliza Negra, consolidada, su parte externa o superficial es de color beige, presenta cristales de pirita y vetillas de calcita , cuando la roca es fracturada emana olor a hidrocarburo. (llanta quemada)

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: CALIZA FOSILÍFERA.
CLASIFICACIÓN SEGÚN FOLK: BIOMICRITA.

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	51.0
microfósiles	37.2
espatita	9.2
oolitos	2.7

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz calcárea muy fina, en nícoles paralelos esta matriz presenta un color café , esto se debe a que la muestra esta teñida por hidrocarburo ,la matriz esta compuesta principalmente por calcita micrítica esta engloba gran cantidad de foraminíferos.

- Microfósiles** : Se encuentran distribuidos por toda la matriz, presentan formas variadas con dos o mas cámaras el tamaño de estos varia entre las 60 y 240 micras.
- Espatita** : Se presenta a manera de parches sin formas distribuidos por toda la muestra el tamaño de estos no sobrepasa las 150 micras.
- Oolitos** : Recristalizados por calcita espatítica , el tamaño de estos varia entre 60 y 90 micras , se encuentran dispersas por toda la matriz.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-RG-05	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
--------------------	--------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Marga gris clara, densa, bien consolidada, en su parte externa es de color beige, presenta hilos subparalelos de color gris oscuro.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **MARGA**

MINERALOGÍA MODAL (Yo)

matriz	95.6
microfósiles	2.9
espatita	1.3
cuarzo	0.2

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz muy fina carbonática (micrita)entremezclada con arcilla con textura de vasijas rotas, en nícoles paralelos es de color café claro (turbio) esto se debe al contenido de arcilla, esta matriz engloba fauna fósil , parches de espatita y cuarzo.

- Microfósiles : Se encuentran distribuidos por toda la matriz, presentan formas variadas con dos o mas cámaras el tamaño de estos varia entre las 90 y 210 micras.
- Espatita : Se presenta a manera de parches sin formas distribuidos por toda la muestra el tamaño de estos no sobrepasa las 120 micras.
- Cuarzo : Detrítico, Monocristalino, limpio, de extinción ondulada, con sus bordes bien definidos y formas subredondeadas su tamaño no sobrepasa las 120 micras.

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-RG-08	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------------	--------------------------	---

DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Roca piroclástica, color negra, el tamaño de matriz es de arcilla, medianamente densa, bien consolidada, con olor a hidrocarburo.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA
CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	95.2
plagioclasa	2.5
cuarzo	2.3

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica compuesta por un vidrio muy fino es de color café presenta pequeñas manchas de hidrocarburo en forma de lentes, esta matriz engloba cuarzo y plagioclasa.

Plagioclasa : Maclada y zonada, macla tipo albita, algunos cristales se los encuentra partidos con formas agudas y filosas, sus bordes se encuentran bien definidos, el tamaño de estos varia entre las 120 y 180 micras, también se presenta plagioclasa autigénica, según Michel Levy la plagioclasa es labradorita.

Cuarzo : Autigénico, limpio, monocristalino, con bordes difusos los cuales se pierden con la matriz , producto de la desvitrificación del vidrio, el tamaño de estos cristales no sobrepasa las 90 micras

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo y plagioclasa

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-RG-14	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------------	--------------------------	---

Roca piroclástica, color gris verdosa, bien consolidada, medianamente densa, con una leve reacción al HCl.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA FINA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	85.3
trazas de hidrocarburo	4.9
microfósiles	3.7
espatita	3.3
cuarzo	1.8
glauconita	1.0

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica , la cual se esta alterando (calcitizando),esta alteración es muy baja, la calcita se encuentra dispersa en la muestra como si estuviera diseminada en la matriz, en nícoles paralelos es de color amarillo a café pálido, se observan hilos de color café oscuro (trazas de hidrocarburo).

- Microfósiles : Se encuentran distribuidos por toda la matriz, presentan formas variadas con dos o mas cámaras, el tamaño de estos no sobrepasa las 150 micras. micras.
- Espatita : Dispersa en la matriz a manera de parches sin forma, cuyos tamaños varían entre las 60 y 120 micras.
- Cuarzo : Monocristalino, limpio , de extinción ondulada, formas angulosas filos de hacha, también hay presencia de cuarzo autigénico el tamaño de estos no sobrepasa las 60 micras.
- Glauconita : De formas alargadas, subredondeadas, el tamaño de estas varia entre las 60 y 150 micras.

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-RG-16	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
------------	-------------------	---

Toba color verde grisáceo, medianamente densa, consolidada, no calcárea.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VÍTREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA FINA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	97.3
cuarzo	2.7

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica , en sectores esporádicos se presenta pequeñas alteraciones a palagonita , estas se presentan como pequeñas manchas, en nícoles paralelos es de color dorado. La matriz en general presenta un color pardo a incoloro, engloba pequeños cristales de cuarzo.

Cuarzo : Autigénico, limpio, monocristalino, con bordes difusos los cuales se pierden con la matriz , producto de la desvitrificación del vidrio, el tamaño de estos cristales no sobrepasa las 60 micras

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-RG-17	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	-------------------	---

Roca ígnea, volcánica, afanítica, color negro, con fenocristales de plagioclasa.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: **BASALTO**

MINERALOGÍA MODAL (%)

plagioclasa	85.9
piroxeno	8.8
anfíbol	3.6
opacos	1.7

MINERALOGÍA :

La roca presenta textura porfídica con estructura de granulación dispareja (desigual) color pardo debido a alteración de los minerales componentes de la misma, la roca contiene plagioclasa, piroxeno, anfíbol y minerales opacos.

- Plagioclasa : Alotriomórfica, maclada, zonada, corroídas, fragmentadas, sucias. Según Michel Levy la plagioclasa presente es una plagioclasa cálcica (Labradorita). Existen Fenocristales de plagioclasa.
- Piroxeno : Cristales alotriomórficos, rotos de Augita, algunos de estos se presentan maclados, también como fenocristales (pocos)
- Anfíbol : Masas sin forma y cristales longitudinales de Tremolita distribuido por toda la muestra.
- Opaco : Color negro, presenta bordes rectos, posiblemente magnetita.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL-CIGG	MUESTRA: EJ-RG-20	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
------------	-------------------	---

Toba gris verdosa (gruesa), bien consolidada, medianamente densa, levemente calcárea.

DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA CRISTALINA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA GRUESA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	46.5
plagioclasa	22.3
frag. de roca	12.4
cuarzo	12.1
calcita	5.0
piroxeno	1.7

MINERALOGÍA:

La roca presenta una matriz vítrea desvitrificada a palagonita de color café pálido a dorado, contiene granos de cuarzo, plagioclasa, calcita y fragmentos de roca.

- Plagioclasa : Maclada y zonada, macla tipo albita, con formas alotriomórficas, agudas, partidas, con formas angulosas, se presentan corroídas, según Michel Levy la plagioclasa presente es una plagioclasa cálcica (Labradorita) el tamaño de estos varía entre 150 y 620 micras concentrándose la mayoría entre las 300 y 600 micras.
- Fragmento de roca : Formas subangulares a subredondeadas de roca piroclástica (toba cinerítica), el tamaño de estos fragmentos varia entre 300 y 600 micras.
- Cuarzo : Monocristalino, limpio, con microburbujas, extinción ondulada, presenta formas agudas, bordes bien definidos, filos de hacha, también existe cuarzo autigénico (poco). El tamaño de estos varia entre 150 y 450 micras.
- Calcita : Dispersa sobre la muestra a manera de parches , cubriendo parcialmente o totalmente a las plagioclasas, algunos de estos parches se presentan maclados .

DIAGÉNESIS

- Cristalización : Cuarzo
Calcitización : Alteración de plagioclasas

TEXTURA : Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

LABORATORIO DE PETROGRAFÍA

ESPOL- CIGG	MUESTRA: EJ-RG-21	ANALIZADO POR : E. GOMEZ J. MINCHALA
-------------	-------------------	---

CLASIFICACIÓN: TOBA VITREA
CLASIFICACIÓN: TOBA CINERÍTICA FINA

MINERALOGÍA MODAL (%)

matriz	83.1
espatita	10.9
cuarzo	6.0

MINERALOGÍA :

La roca presenta una matriz vítrica cinerítica muy fina, no presenta cristales grandes, en nícoles paralelos es de color pardo a incoloro, su birrefringencia es menor la del cuarzo , esta matriz a grandes aumentos (X 32) no presenta bordes cristalográficos.

Cuarzo : Monocristalino, autigénico , limpio , extinción ondulada, sus bordes se presentan difusos (se pierden con la matriz) su tamaño no sobrepasa las 40 micras.

Espatita : Dispersa en la matriz a manera de parches, el tamaño de estos parches no sobrepasa las 120 micras.

DIAGÉNESIS

Cristalización : Cuarzo

TEXTURA

: Matriz soporte

POROSIDAD

Nula.

BIBLIOGRAFÍA

1. ADAMS A.G., MACKENZIE W. S, GUILFORD C, 1997, Atlas de Rocas Sedimentarias, Editorial MASON, versión española, Barcelona.
2. ALVARADO G., SANTOS M., 1983, El Miembro Calentura y la Formación Cayo, III Congreso Ecuatoriano de Ingeniería en Geología Minas y Petróleo, ppl-16.
3. ALEMAN ANTENOR M., 2000, Geological and Geophysical Evolution of the Progreso Basin, Southwestern Ecuador. Duke Energy.
4. BENITEZ S., 1980, Reconocimiento Geológico de rocas Cretácicas de la cuenca Progreso y Península de Santa Elena, CEPE, Informe técnico.
5. BENÍTEZ S., 1988, Corte Geológico en el Río Bachillero de la Cordillera Chongón Colonche, Proyecto Cuenca progreso, CEPE, Informe técnico.

6. BENITEZ S., 1990, Estratigrafía de las Formaciones Cayo y Guayaquil en la Cordillera Chongón Colonche Hacia una Redefinición, V Congreso Ecuatoriano de Ingeniería en Geología Minas y Petróleo.
7. BENÍTEZ S., 1990, Mapa Geológico de las Formaciones Cayo y Guayaquil en la ciudad de guayaquil, Memoria técnica, Inst. de Invest. Y Est. Avanz. Universidad de Guayaquil, 99pgs.
8. BENITEZ S., 1991, Las Cuencas Cretácicas del Ecuador VI Congreso Ecuatoriano, Geología, Minas y Petróleo, Guayaquil Ecuador.
9. BENITEZ S., 1995, Geologie Alpine, Évolution Géodynamique de la Province Côtière Sud - Équatorienne au Crétacé Supérieur – Tertiaire. Tesis Doctoral.
10. BENITEZ S., JAILLARD E., ORDOÑEZ M., JIMENEZ N., BERRONES G., Late Cretaceous to Eocene Tectonic – Sedimentary Evolution of Southern Coastal Ecuador. Geodynamic Implications.
11. BENÍTEZ S., ORDÓÑEZ M., ZUMBA W., 1996, Nuevas precisiones Estratigráficas sobre el Cretáceo del Antearco Ecuatoriano, VII Congreso Geología, Minas, Petróleo y Medio Ambiente.

12. BERTELS ALWINE, 1979, Paleobiografía de los Foraminíferos del Cretácico Superior y Cenozoico de América del Sur, Revista de la Asociación Paleontológica Argentina., Tomo XVI.
13. BRISTOW ROGER, 1976, The Age of the Cayo Formation, Ecuador.
14. BRISTOW and HOFFSTETTER, 1975, Lexique Stratigraphique International, vol V, Ecuador, Centre National de la Recherche Scientifique, Paris.
15. CRAME, J.A., 1985, "Lower Cretaceous inoceramid bivalves from Antarctic Peninsula region. Paleontology , vol. 28, p 475-525." .
16. DURAND BERNARD, 1980, Kerogen Insoluble Organic Matter from Sedimentary Rocks, Editions Technip, Paris.
17. FRANCOIS DUGA, 1986, Sedimentación y Eventos Tectónicos en el Suroeste del Ecuador, EPN-ORSTON, IV Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleos, Memorias, Tomo I, Octubre; Quito-Ecuador.
18. GONCALVES F., BEDREGAL R., MORA C., NIÑO C., 2002, Geoquímica Orgánica Aplicada a la Exploración del Petróleo, GEMS-PGT.

19. HOFHERR GABRIELE, (1982), Contribución a la Bioestratigrafía de la Formación Cayo, Revista de la Universidad de Guayaquil, pg 99-111.
20. JAILLARD ETIENNE, 1992, Introducción al Eustatismo, Orígenes, Consecuencias, Aplicaciones. Curso de capacitación del Convenio ORSTOM-Petroproducción.
21. JAILLARD ETIENNE, ORDÓÑEZ M., BENITEZ S., BERRONES G., JIMENEZ N., MONTENEGRO G., ZAMBRANO I., 1993, Basin Development in an Accretionary, Oceanic Floored Forearc setting : Sourten Coastal Ecuador during Late Cretaceous to Late Eocene Times, In Petroleum Basins of South America, AJ. Tankard, R Suarez and H.J. Welsink, eds., AAPG Memoir, in press.
22. JAILLARD ETIENNE, 2002, Un curso sobre Sedimentos Silicoclásticos VIII Congreso Ecuatoriano en Ciencias de la Tierra.
23. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR, 1975, Mapa Geológico del Ecuador, Hoja Pedro Carbo y Chongón, escala 1: 100000, primera edición.
24. INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR, 1979, Hoja Topográfica, Cerro Azul, Balsas, Las Piedras, Isidro Ayora, Las Delicias, escala 1: 50000.
25. KATZ B. J., 1991, A Gechemical Approach to Basin Evaluation , TEXACO.

26. MARKSTEINER R., ALEMAN A., AMOCO ECUADOR OIL COMPANY, 1991, Coastal Ecuador Technical Evaluation and Agreement, Petroecuador, Guayaquil.
27. MACKENZIE W. S., DONALSON C.H., GUILFORD C., 1996, Atlas de Rocas Ígneas y sus Texturas, Editorial MASON, versión española, Barcelona.
28. MONTENEGRO G., GARCÍA M., SUÁREZ J, 1992, La Geoquímica en la Exploración de Hidrocarburos, PETROPRODUCCIÓN.
29. MONTENEGRO G., 1994, Síntesis Bibliográfica de los Modelos y conceptos sobre los Eventos Anóxicos Mundiales del Mesozoico.
30. OCÉANO, 2000 ; Enciclopedia del Ecuador; Págs. 39, 42, 44, **45**, 95, 110. Grupo Editorial.
31. ORDÓÑEZ M., ZAMBRANO I., ROMERO J., JIMÉNEZ N., BENÍTEZ S., 1991, Cuadros de distribución Estratigráfica de los Microfósiles Cretácicos Ecuatorianos, VI Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas, Petróleo y Geotecnia. Guayaquil.
32. ORDÓÑEZ M., JIMÉNEZ N., SUÁREZ J., 2002, Análisis Micropaleontológico de 43 muestras de la Formación Calentura (1era Campaña), CIGG, Informe técnico.

33. PETROBRÁS, 1984, Geoquímica do Petróleo, Centro de Pesquisas e Desenvolvimento, Leopoldo A. Miguez de Mello (CENPES), Divisao de Exploracao, Sector de Geoquímica. Río de Janeiro.
34. REYNAUD C., JAILLARD E., LAPIERRE H., MAMBERTI M., MASCLE G., 1999, Revista Tectonophysics, International Journal of Geotectonics on the Geology and Physics of the interior of the Earth. pp 235- 254.
35. SHELL INTERNATIONAL EXPLORATION AND PRODUCTION B.V, 1995 Standard Legend, The Hague.
36. SIGAL J., 1969, Quelques Acquisitions Recentes Concernant la Chronostratigraphic des Formations Sedimentaires de l'Equateur, Rev. Espa de Microp. 1, pp205-236.
37. THALMANN HANS E., 1946, Micropaleontology of Upper Cretaceous and Paleocene in Western Ecuador, Amer. Assi Petrol. Geol., V, pgs 14-45.
38. TOALA GUILLERMO, 2002, Análisis al Microscopio Electrónico - Espectroscopia de Rayos X de seis muestras de afloramiento, Proyecto Calentura, CIGG, Informe técnico.

39. TRIGUIS J., HENZ G., 1987, A Petrografia Organica na Pesquisa de Petroleo, vol. 2 pp 395-408.
40. WALKER ROGER G., 1979, Facies Model, Second Edition, pág. 39-52.
41. WILLIAMS HOWELL, TURNER FRANCIS, GILBERT CHARLES, 1982, Petrography, An Introduction to the Study of Rocks in Thin Sections, Freeman and Company, Second Edition, U.S.A.