

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Ciencias de la Tierra**

**“CORTE GEOLÓGICO DE LAS FORMACIONES CRETÁCICO-  
TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO  
ENTRE MORONA Y SANTIAGO”**

**TESIS DE GRADO**

Previa a la obtención del Título de:

**INGENIERO GEÓLOGO**

Presentada por:

**HONORIO MORÁN COELLO**

**Y**

**FERNANDO MOYANO BOHÓRQUEZ**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**1998-1999**

## **AGRADECIMIENTOS**

*Los autores desean expresar sus más sinceros agradecimientos a **PETROECUADOR**, en especial al Centro de Investigaciones Geológicas-Guayaquil, por brindarnos la ayuda técnica necesaria en la **identificación** micropaleontológica, **petrográfica** y de microscopia electrónica, agradeciendo la atención brindada por parte de su **calificado** equipo humano y de manera muy especial al Ing. Galo Montenegro, al Ing. Gerardo Berrón, al Ing. Washington Vilema, al Ing. Jorge Vivanco, a la Dra. Martha Ordóñez de Fiallos, al Geól. Italo Zambrano, al Ing. Nelson Jiménez, al Geól. Johnny Suárez, al Ing. Milton García, y al Ing. Guillermo Toala, quienes nos brindaron siempre su apoyo técnico y humano.*

*Al Dr. Stalin Benítez, Director de Tesis, por su colaboración incondicional en todo momento en que se requirió de su importante ayuda.*

*A la Escuela Superior Politécnica del Litoral por habernos brindado una formación profesional. Al Ing. Edison Navarrete, Vocal de Tesis, por su colaboración en el ordenamiento y presentación de la misma, además de su valioso aporte técnico brindado para lograr realzar este trabajo. Al Ing. Jorge Rengel E. por su valiosa colaboración en la identificación **petrográfica**.*

*A nuestros padres que han luchado incansablemente para que nos superemos, y siempre nos brindan su apoyo moral.*

*Y a todas las personas que de una u otra forma contribuyeron para la culminación exitosa de esta Tesis.*

***DEDICATORIA***

*A DIOS*

*A NUESTROS PADRES*

*A NUESTROS HERMANOS*

*YA NUESTROS AMIGOS*

# TRIBUNAL DE GRADUACION

---

*Ing. Miguel Angel Chávez*

**DECANO DE LA FICT**

---

*Ing. Stalin Benítez*  
**ESPOL**  
**DIRECTOR DE TESIS**

**ESPOL**  
POLITECNICO DEL Ecuador  
CIB - ESPOL

---

*Ing. Edison Navarrete*

**VOCAL**

---

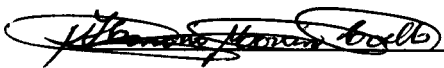
*Ing. Jorge Calle*

**VOCAL**



**DECLARACION 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 Y AL CENTRO DE INVESTIGACIONES GEOLOGICAS, DE PETROPRODUCCION -GUA YAQUIL”.***



**HONORIO MORAN C.**



**FERNANDO MOYANO B.**

## RESUMEN

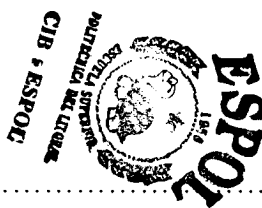
La búsqueda de nuevos yacimientos de hidrocarburos hace necesario la realización de estudios preliminares de prospección geológica, como el presente, cuyo objetivo es **definir** las características **estratigráficas** de las formaciones Cretácico-Terciarias que afloran en la zona de estudio, así como de establecer un modelo estructural, que servirá para implementar estudios más **específicos**.

Para caracterizar la estratigrafía, se recolectaron datos de litología, paleoambiente y también algunos de paleocorrientes. Los análisis de sedimentología y de estratigrafía secuencial ayudan a una mejor **definición** de las series. El análisis **petrográfico** en láminas delgadas sirvió para dar una **clasificación** a las rocas, así como permitió **definir** el área **fuentes** de cada formación.

En los cortes presentados, se destacan el sistema principal de fallas inversas de rumbo aproximado N-S y de vergencia Este, luego las fallas inversas del mismo rumbo pero con vergencia Oeste. La acción de estas fallas al absorber la compresión horizontal, dando lugar a la formación de un anticlinorio fallado de ejes N-S. En la zona de estudio se ha precisado la existencia de estructuras anticlinales someras con potencial **hidrocarbúfero** importante.

## INDICE GENERAL

	Pág.
<b>RESUMEN .....</b>	<b>.II</b>
<b>INDICE GENERAL .....</b>	<b>.III-VI</b>
<b>INDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>.VII-VIII</b>
<b>INDICE DE TABLAS .....</b>	<b>.IX</b>
<b>INDICE DE FOTOGRAFIAS .....</b>	<b>.</b>
 <b>CAPITULO 1</b>	
<b>INTRODUCCION.....</b>	<b>1</b>
1.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO .....	.1
1.2. INVESTIGACIONES PREVIAS .....	.2
1.3. METODOLOGIA DEL TRABAJO .....	.4
1.3.1. TRABAJO PREVIOS ALA SALIDA DE CAIWO.. ..	.4
1.3.2. TRABAJO DE CAMPO .....	.4
1.3.3. TRABAJO DE OFICINA Y DE LABORATORIO .....	<b>.</b>
 <b>CAPITULO II</b>	
<b>FISIOGRAFIA.....</b>	<b>6</b>



2.1. LOCALIZACION Y ACCESIBILIDAD DEL AREA DE ESTUDIO .....	
2.2. CLIMA.. .....	.9
2.3. POBLACION.....	11
2.4. SERVICIOS BASICOS Y TRANSPORTE.....	11
2.5. RECURSOS NATURALES.. .....	.12
2.6. RELIEVE Y DRENAJE.. .....	.13

### **CAPITULO III**

#### **GEOLOGIA REGIONAL.....15.**

3.1. TECTONICA.. .....	.15
3.2. ESTRATIGRAFIA .....	21

### **CAPITULO IV**

#### **ANALISIS ESTRATIGRAFICO..... 38**

4.1. SEDIMENTOLOGIA.....	38
4.2. ANALISIS PETROGRAFICO.....	.50
4.2.1. ANTECEDENTES.....	50
4.2.2. CLASIFICACION UTILIZADA PARA EL ANALISIS PETROGRAFICO..	50
4.2.3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LAS MUESTRAS PETROGRAFICAS.....	.55

4.3. ANALISIS BIOESTRATIGRAFICO .....	.65
4.4. ANALISIS SECUENCIAL .....	.71
4.5. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS FORMACIONES CRETACICO- TERCIARIAS .....	.76
4.5.1. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DEL MAPEO GEOLOGICO.....	.76
4.5.2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA SINTETIZADA.....	.85

## CAPITULO V

GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	II 1
5.1. FALLAS.. .....	II 1
5.2. PLIEGUES.....	.121
5.3. CORTE GEOLOGICO.....	.124

## CAPITULO VI

GEOLOGIA HISTORICA.,.....	156
6.1. PALEOGEOGRAFIA .....	.156
6.2. EVOLUCION TECTONICA.....	.159

## CAPITULO VII

POTENCIAL HIDROCARBURIFERO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS ENTRE MORONA Y SANTIAGO.....	161
--	-----

**CAPITULO VIII**

**CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES** ..... 163

8.1. CONCLUSIONES. .... .163

8.1.1. GENERALES.. ..... 163

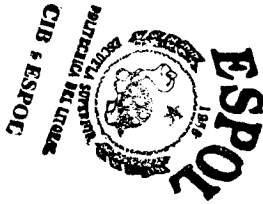
8.1.2. ESTRATIGRAFICAS ..... .163

8.1.3. TECTONICAS ..... .165

8.2. RECOMENDACIONES. .... .166

**ANEXO 1**

**BIBLIOGRAFIA**



## **ABREVIATURAS**

<i>Apt.</i>	<i>Aptiano</i>
<b>BIOEST.</b>	<b>Bioestratigrafía</b>
<i>Buzam.</i>	<b>Buzamiento</b>
°C	<i>Grado centígrado</i>
<b>Cant.</b>	<i>Cantidad</i>
<i>Clast.</i>	<b>Clasto</b>
<i>C.I.G.G.</i>	<i>Centro de Investigaciones Geológicas-Guayaquil</i>
<b>Clasific.</b>	<b>Clasificación</b>
<i>Diag.</i>	<i>Diagrama</i>
<i>et al</i>	<i>Y otros</i>
<b>ESE</b>	<i>Este Sureste</i>
<i>Frag.</i>	<i>Fragmento</i>
<i>Frag.</i>	<i>Fragmentos</i>
<i>Fig.</i>	<i>Figura</i>
<i>Geol.</i>	<i>Geológico</i>
<b>Inf.</b>	<i>Inferior</i>
<i>I. T.</i>	<i>Informe Técnico</i>
<i>km</i>	<i>Kilómetro</i>
<b>LABOGEO</b>	<i>Laboratorio de Investigaciones Geológicas-Guayaquil</i>
<i>m</i>	<i>Metros</i>
<i>Maat.</i>	<i>Maastrichtiano</i>
<b>Med.</b>	<i>Medio</i>
<b>NNE</b>	<i>Norte Noreste</i>
<b>N. W.</b>	<i>Noroeste</i>
<i>o s o</i>	<i>Oeste Suroeste</i>
<i>pp</i>	<i>Página</i>
<i>pleist.</i>	<i>Pleistoceno</i>
<b>PPG</b>	<b>Petroproducción-Guayaquil</b>
<i>Precam. b.</i>	<i>Precámbrico</i>
<b>PETROG.</b>	<i>Petrografía</i>
<b>Polic.</b>	<i>Policristalino</i>
<b>S.E.</b>	<i>Sureste</i>
<i>Sedim.</i>	<i>Sedimentario</i>
<b>SSO</b>	<i>Sur Suroeste</i>
<i>sup.</i>	<i>Superior</i>
<b>UBICA C.</b>	<i>Ubicación</i>
<b>Volc.</b>	<i>volcanoclástico</i>

## INDICE DE FIGURAS

Pág.

Figura 1. <b>Area</b> de estudio de la Tesis.. . . . .	7
Figura 2. Mapa Geológico del área de estudio.. . . . .	8
Figura 3. Mapa de accesibilidad.. . . . .	10
Figura 4. División Tectónica del Oriente Ecuatoriano.. . . . .	16
Figura 5. Columna estratigráfica generalizada de la cuenca oriente.. . . . .	22
Figura 6. Diagrama de clasificación de las areniscas de <b>Chen</b> (1968).. . . . .	53
Figura 7. Diagrama de <b>Chen</b> y de Dickinson, indicando donde se ubican las muestras de la formación Napo.. . . . .	60
Figura 8. Diagrama de <b>Chen</b> y de Dickinson, indicando donde se ubican las muestras de la formación Tena.. . . . .	61
Figura 9. Diagrama de <b>Chen</b> y de Dickinson, indicando donde se ubican las muestras de la formación Tiyuyacu.. . . . .	62
Figura 10. Diagrama de <b>Chen</b> y de Dickinson, indicando donde se ubican las muestras de la formación <b>Volcano-clástica</b> sin nombre.. . . . .	63
Figura 11. Diagrama de <b>Chen</b> y de Dickinson, indicando donde se ubica la muestra de la formación <b>Chalcana</b> . . . . .	64
Figuras 12-3 5. Columnas estratigráficas de las formaciones Cretácico-Terciarias en el Frente de Cabalgamiento Andino entre Morona y Santiago . . . . .	86-109



Figura 36. Columna estratigráfica sintetizada de las formaciones Cretácico-Terciarias en el Frente de Cabalgamiento Andino entre Morona y Santiago. . . . .	110
Figura 37. Proyección estereográfica de las fallas inversas.. . . .	118
Figura 38. Proyección estereográfica de las fallas subparalelas.. . . .	119
Figura 39. Proyección estereográfica de las fallas rumbo-deslizantes.. . . .	120
Figura 40. Falla inversa deformando rocas de la formación Napo.. . . .	123
Figuras 41-70. Mapeo Geológico de las formaciones Cretácico-Terciarias en el Frente de Cabalgamiento Andino entre Morona y Santiago.. . .	126- 155
Figura 71. Mapeo Geológico Total, indicando la línea de los cortes geológicos AB y BC (Adjunto al final de la Tesis).	
Figura 72. Corte Geológico AB (Adjunto al final de la Tesis).	
Figura 73. Corte Geológico BC (Adjunto al final de la Tesis).	
Figura 74. Corte Geológico ABC (Adjunto al final de la Tesis).	

**INDICE DE TABLAS**

	Pág.
Tabla 1. Clasificación de las rocas sedimentarias por el tamaño de grano .....	.52
Tabla 2. Clasificación de las areniscas de <b>Chen</b> (1968). .....	.52
Tabla 3. Lista de las muestras <b>Petrográficas</b> y Bioestratigráficas analizadas. ....	.56
Tabla 4. Distribución de Foraminíferos Plantónicos y Bentónicos del Cretácico, Muestra FH-5. Formación Napo .....	.70
Tabla 5. Clasificación de las fallas de acuerdo a sus características. ....	.112

## INDICE DE FOTOGRAFIAS

Pág.

Foto 1. Afloramiento de la formación <b>Chapiza</b> .....	..40
Foto 2. Estructuras de carga en bloques de la formación Napo.....	..42
Foto 3. Rill marks y <b>Crescent cast</b> en arenisca de la formación Tena .....	..45
Foto 4. Estructuras internas en una capa de arenisca de la formación Tena .....	..46
Foto 5. Macrofósiles presentes en el miembro Napo medio .....	..66
Foto 6. Cizallamiento en la falla inversa Norte-Sur/ 80° Oeste.....	..113
Foto 7. Falla subparalela en el kilómetro 22+000, formación Tena .....	..116

## **CAPITULO I**

### **INTRODUCCION**

#### **1.1. OBJETIVOS Y ALCANCE DEL ESTUDIO**

El objetivo primordial es el de realizar un levantamiento geológico de detalle en un tramo de 15 kilómetros (cordillera Shayme) a través de la carretera entre Santiago y Morona e integrar estos datos en la Geología Regional del Frente de Cabalgamiento Andino.

Este objetivo va acompañado de una serie de tareas entre las cuales se encuentran:

- a) Resaltar detalles de las características estratigráficas de las formaciones Cretácico-Terciarias en la parte Sur de la cuenca oriental ecuatoriana.
- b) Analizar muestras petrográficas y bioestratigráficas tomadas en el sector para caracterizar su litología y su edad.
- c) Determinar las características estructurales del área mencionada, a través de cortes transversales, que se van a obtener del mapeo geológico mismo.
- d) Elaborar un gran corte geológico a partir de los cortes menores mencionados en el literal anterior, con el fin de determinar la relación de éste con el Frente de Empuje Subandino y sus influencias tectónicas.

Los datos para poder realizar el levantamiento geológico de esta tesis se los ha tomado exclusivamente del campo. La elaboración de los cortes transversales y columnas litológicas se los ha realizado en la oficina, y los análisis de laboratorio se los ha efectuado en el Centro de Investigaciones Geológicas de Guayaquil (CIGG).

El producto final se espera que ayude a mejorar el conocimiento que se tiene acerca de la geología de esta parte del Ecuador.

## **1.2. INVESTIGACIONES PREVIAS**

En Ecuador el sector Suroriente ha sido el menos estudiado de la cuenca oriental. La perforación de los pozos Cangaipe-1 y Macuma-1 han ayudado al estudio litológico y estructural de los anticlinales Cangaipe y Macuma respectivamente, que están ubicados al Noreste del área de estudio, pero estos conocimientos no se los ha podido desarrollar más, puesto que estas estructuras han sido probadas con resultados negativos.

Para la tesis se dispone principalmente de trabajos de reconocimiento del Sur de la cuenca oriental ecuatoriana por parte de Petroproducción y la ORSTOM efectuados desde 1990, entre ellos están:

- BENITEZ S., BERRONES G., COTRINA J. (1996).- Reconocimiento Geológico del Suroriente Ecuatoriano entre General Plaza (Limón) y Puerto Morona. Informe Técnico N° 017 – PPG – 96.

- JAILLARD. E. (1997). Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador. Informe final del convenio ORSTOM-PETROPRODUCCION. Quito. Publicación especial de Petroecuador.
- BENITEZ S., COTRINA J., BERRONES G., (1997).- Primer Informe Estratigráfico sobre las Formaciones Chapiza y Santiago en la vía Patuca – Santiago. IT – 32 – PPG – 97.
- BENITEZ S., COTRINA J., (1997).- Informe de Campo sobre las Formaciones Cretácicas y Pre-cretácicas en el sector de Gualaquiza. IT – 33 – PPG – 97.

Además se cuenta con la diversidad de trabajos realizados en la parte Norte del Oriente ecuatoriano que sirve para correlacionar con lo que ocurre en el Sur.

Los siguientes son algunos de los textos consultados:

- BRISTOW. C. R., & HOFFSTETTER. R. (1977). Léxico Estratigráfico del Ecuador.
- RIVADENEIRA. M. V. & RAMIREZ. F. (1985). Prospectos hidrocarburíferos: La Zona Subandina Amazónica. Trabajo presentado en el Sexto Congreso Latinoamericano de Geología (Bogotá - Colombia, 85). ORO Y PETROLEO, revista del Colegio de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleo. Informe Técnico Especial N° 3. Agosto de 1986, 14 – 25 pp.

- ROSANIA. G. & MORALES. P. Compilación Paleogeográfica del Oriente Ecuatoriano. Trabajo presentado en el II Congreso Andino de la Industria del Petróleo. ORO Y PETROLEO, revista del Colegio de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleo. Informe Técnico Especial N° 4. Enero de 1987. 27 - 38pp.
- ALMEIDA. T. B. (1992). Estudio de la Formación Tiyuyacu. Tesis Universidad Central, Quito. 10-38pp.

### **1.3. METODOLOGIA DEL TRABAJO**

#### **1.3.1. TRABAJO PREVIO A LA SALIDA DE CAMPO**

- Revisión de bibliografía.
- Programación de salidas de campo.
- Confección de mapas de ubicación y de accesibilidad al área de estudio.
- Elaboración de una columna estratigráfica general de la cuenca oriental.

#### **1.3.2. TRABAJO DE CAMPO**

- Elaboración de una poligonal de los 15 kilómetros de la carretera (Esta se la levantó con cinta y brújula) en la cual se va a efectuar el mapeo.

- Realización del mapeo geológico en el tramo levantado con poligonal, en el cual se determinan las direcciones estructurales y las características litológicas y fosilíferas de las rocas encontradas. Se anotan las altitudes en diferentes puntos y se destacan las quebradas de mayor importancia.
- Recolección de muestras petrográficas y bioestratigráficas.

### **1.3.3. TRABAJO DE OFICINA Y DE LABORATORIO**

- Graficación del levantamiento, columnas y cortes a través de programas de computadora.
- Preparación y descripción macroscópica y microscópica de las muestras petrográficas recolectadas.
- Preparación y descripción microscópica de las muestras bioestratigráficas recolectadas.
- Desarrollo y redacción de la tesis.



## **CAPITULO II**

### **FISIOGRAFIA**

#### **2.1. LOCALIZACION Y ACCESIBILIDAD DEL AREA DE ESTUDIO**

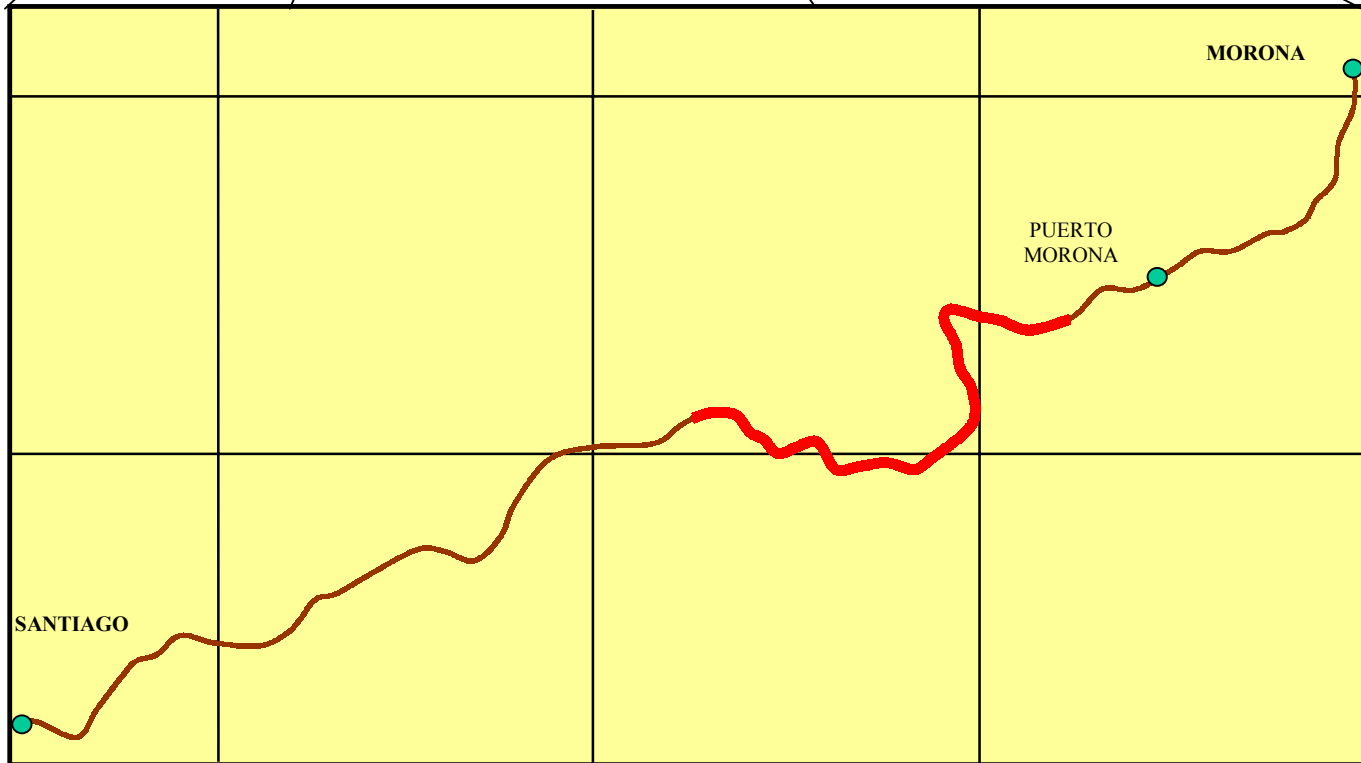
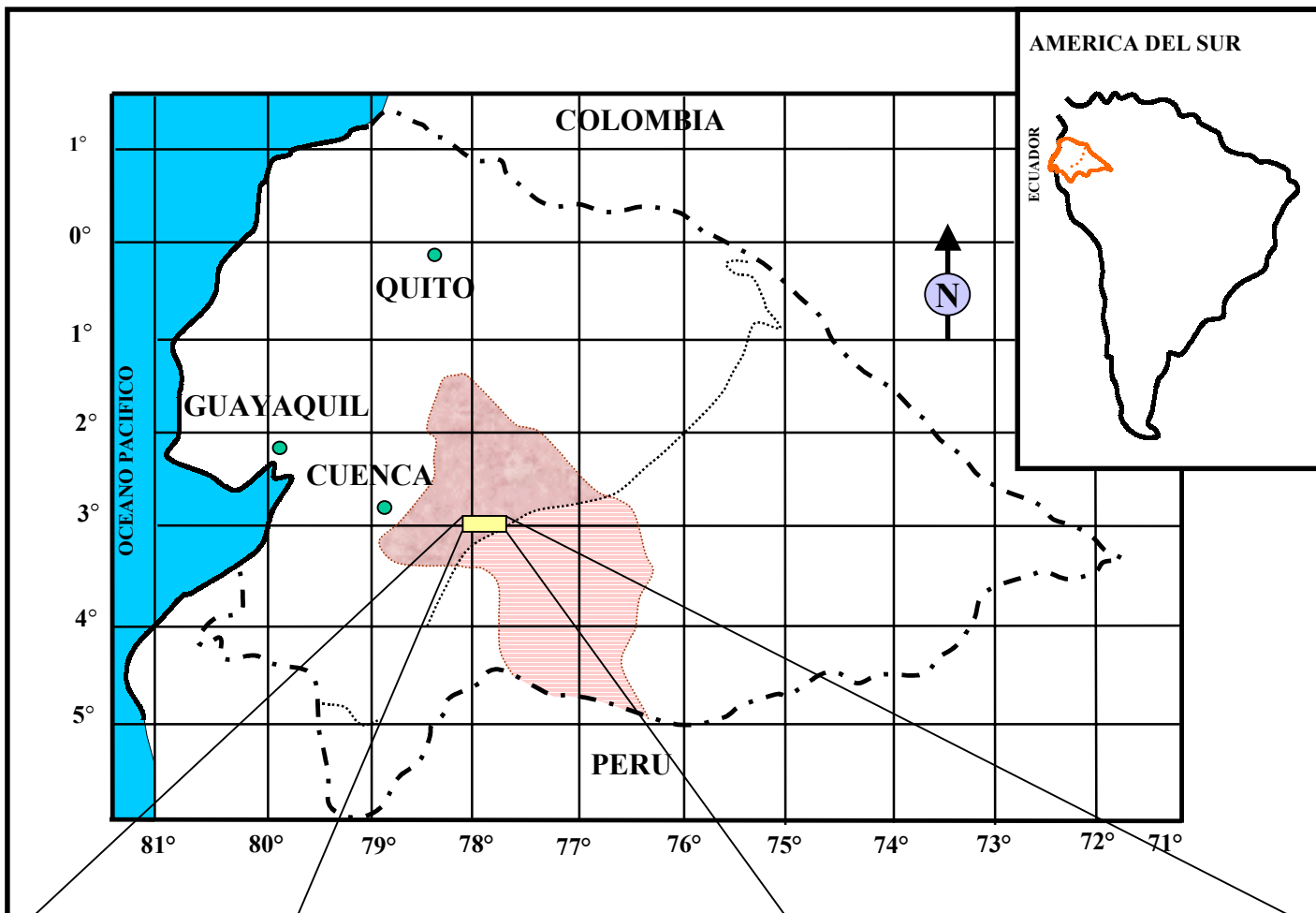
El área de estudio está situada en la provincia oriental de Morona Santiago, ubicada al Sureste del Ecuador (fig. 1). En Morona Santiago se han venido realizando trabajos de investigación geológica del pre-cretácico por parte de Petroproducción y la ORSTOM.

Siendo la capital Macas, en esta provincia se encuentra el cantón Morona y la parroquia Santiago (no confundir con el cantón Santiago situado más al Norte). Estos dos lugares mencionados se ubican en la parte Sur de la provincia a escasos kilómetros de la línea del Protocolo de Río de Janeiro.

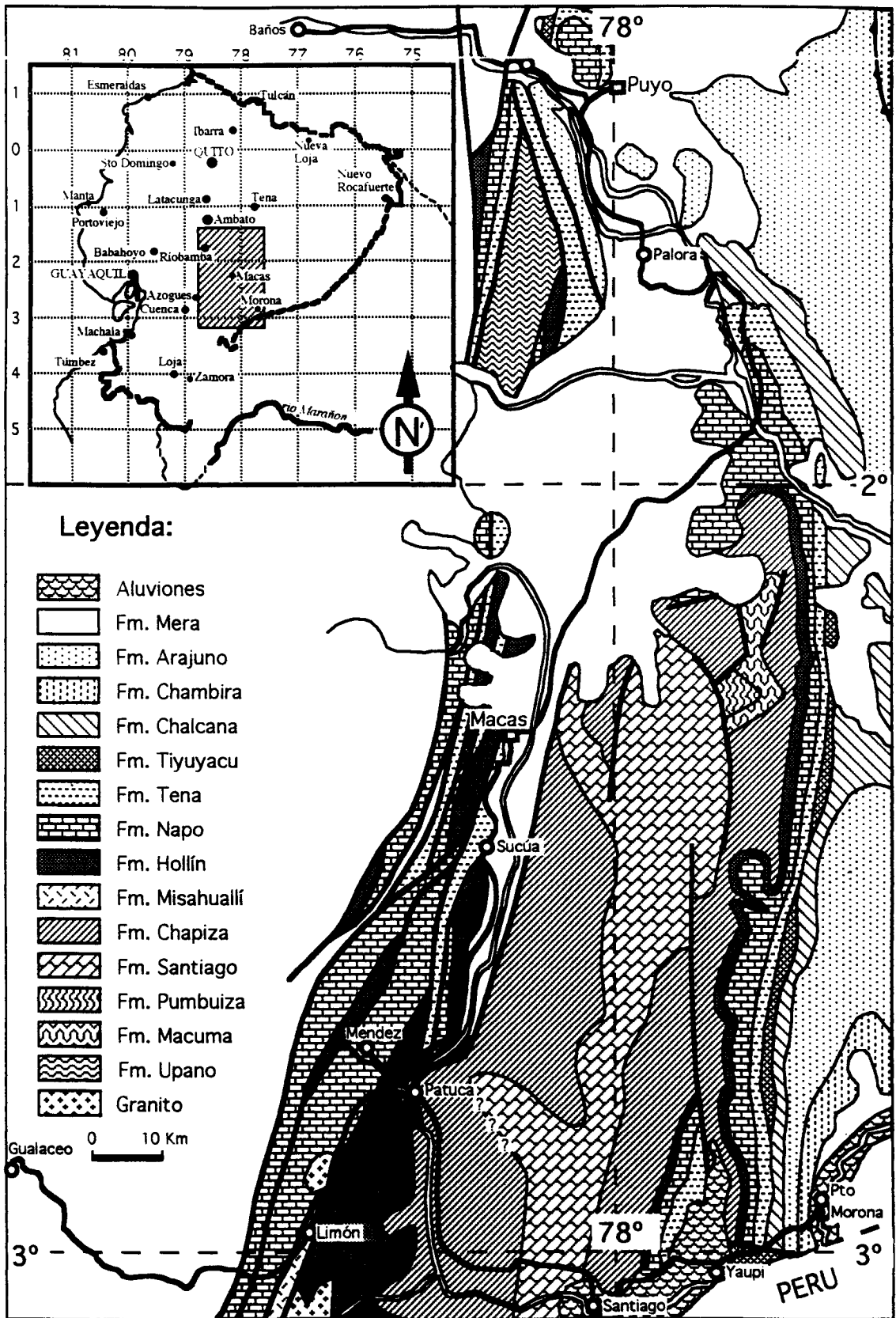
Los poblados de Santiago y Puerto Morona se unen a través de una carretera de aproximadamente 50 kilómetros, dentro de la cual se encuentra el levantamiento geológico efectuado en esta tesis que empieza a 22 kilómetros al Este de Santiago con destino a Morona y termina a 37 kilómetros al Este de Santiago, trayecto en el cual se atravieza por completo la cordillera Shayme (fig. 2).

Las coordenadas geográficas que limitan la zona de estudio son:

SANTIAGO: 2° 3' 20'' / 78° 1' 3''    PUERTO MORONA: 2° 55' 27'' / 77° 42' 33''



**FIG. 1 MAPA DE UBICACION DEL AREA DE ESTUDIO**



**FIG. 2 MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO. MODIFICADO DEL NUEVO MAPA GEOLOGICO DEL ECUADOR (1993) A ESCALA 1:1'000.000. TOMADO DE INFORME TECNICO PPG-96, POR S. BENITEZ, G. BERRONES Y J. COTRINA.**

Para llegar al lugar de estudio partiendo de Guayaquil se toma la vía Durán-Tambo y luego la carretera que conduce a Cuenca y se avanza hasta la Josefina (10 minutos antes de la capital azuaya), luego de aquí se toma la ruta con destino a Gualaceo, y al salir de Gualaceo se toma la carretera para ir a Limón Indanza (esta carretera cruza la cordillera Real de los Andes y hay tramos susceptibles a derrumbes). De Limón se avanza más hacia el Norte hasta Bella Unión, luego hacia el Este hasta la "Y" de Patuca y de aquí se dirige hacia el Sur hasta Santiago pasando por Patuca (fig. 3).

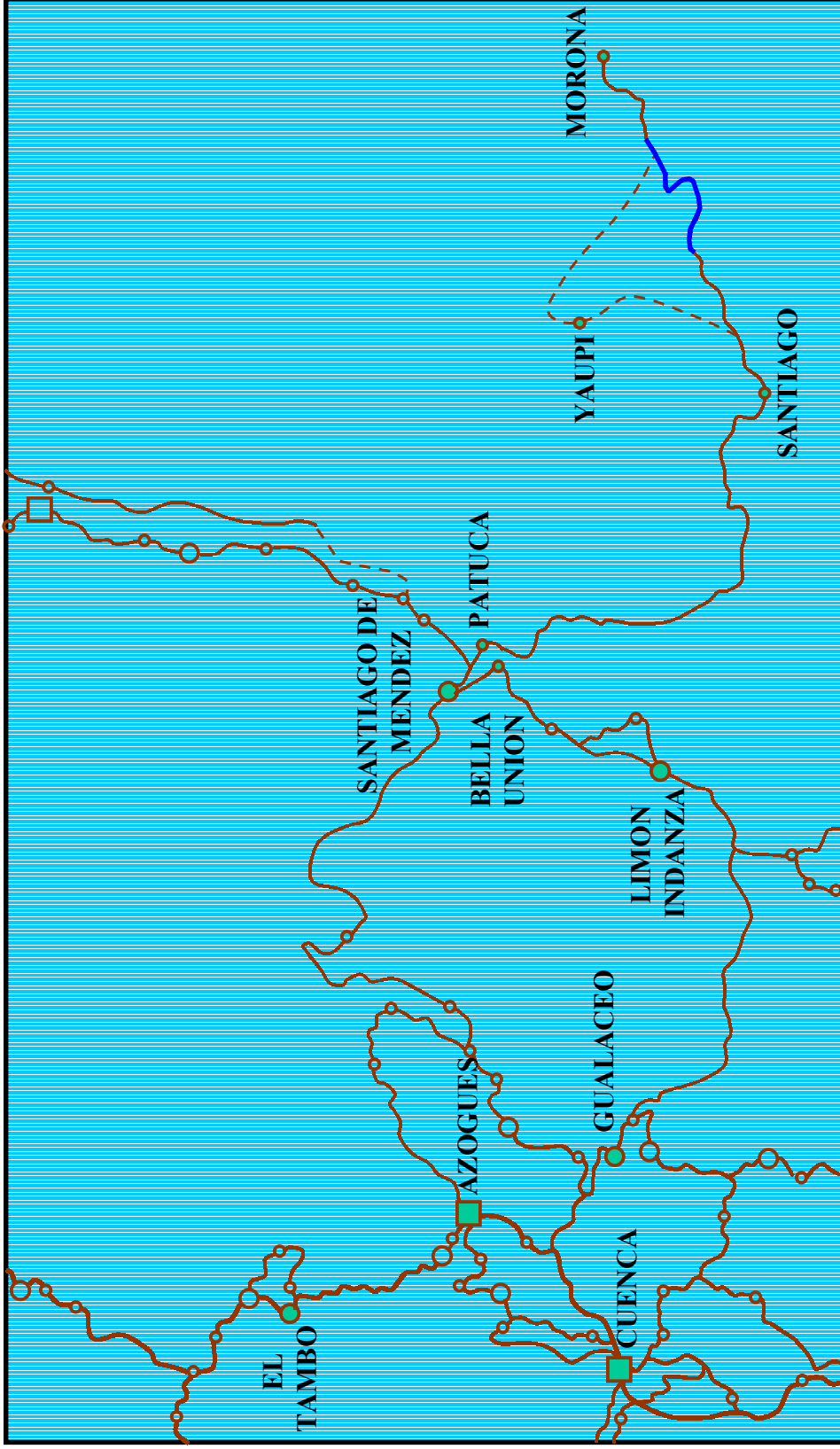
La carretera de Patuca a Santiago se encuentra en muy mal estado por lo cual se necesita un carro de campo en excelentes condiciones.

## **2.2. CLIMA**

En la zona de estudio se presentan los dos climas típicos de la región oriental: el clima tropical húmedo o cálido super húmedo y el clima cálido ardiente húmedo o ecuatorial.

En Santiago, con una altitud de 280 metros sobre el nivel del mar y ubicado entre la cordillera de Cutucú y la del Cóndor, se recibe la influencia directa del clima tropical húmedo con una temperatura promedio de 22°C y con precipitaciones continuas.

Mientras tanto en Morona situada a 208 metros sobre el nivel del mar, por encontrarse en la selva propiamente dicha (llanura amazónica), se recibe la influencia directa del



**FIG. 3 MAPA DE ACCESIBILIDAD HACIA EL AREA DE ESTUDIO MOSTRANDO EL TRAYECTO DESDE EL CANTON EL TAMBO.**

clima ardiente húmedo o ecuatorial, con una temperatura promedio de 28°C y con precipitaciones de menor intensidad que en Santiago.

### **2.3. POBLACION**

La población total de la provincia Morona Santiago es de 84.216 habitantes, siendo la población urbana de 23.799 y la rural de 60.417, según los datos del V Censo de Población.

Santiago es una localidad dentro de la cual se encuentra el Batallón Santiago del Ejército ecuatoriano, por lo que aquí habitan principalmente militares, siguen unos cuantos comerciantes y después unos pocos dueños de tierra y de ganado.

A partir del río Yaupi (20 kilómetros al Este de Santiago) hasta Morona existe una población rural dominada principalmente por la congregación Shuar cuyo idioma nativo es el shuara.

### **2.4. SERVICIOS BASICOS Y TRANSPORTE**

En Morona se utiliza el agua de lluvia para las necesidades básicas. La luz sólo la poseen aquellas personas con generador particular. La basura se elimina mediante incineración, mientras que se utilizan pequeños canales para desfogar las aguas negras hacia ciertos riachuelos que llegan al río Morona. No se dispone de servicio telefónico.

Mientras tanto en Santiago los servicios de agua y de luz sólo existen unas pocas horas diarias y se las obtiene del río y por generador a combustible respectivamente. La basura se la incinera. Existe una central telefónica de ANDINATEL, la misma que funciona de lunes a jueves, de 9H00 a 17H00.

Existen dos cooperativas de transporte público que hacen el recorrido de Macas a Morona (pasando por Patuca y Santiago).

## **2.5. RECURSOS NATURALES**

La zona de estudio en general cuenta con una exuberante y variada vegetación, donde los productos más importantes comercializados a nivel provincial son: el maíz, fréjol seco, naranjilla, yuca, papa china, café, cacao, tabaco y algunas frutas.

De la densa selva salen maderas finas, ya que existen especies como: cedro, laurel, caoba, canelón, nazareno y otras; por lo que aquí se establecen haciendas que explotan este recurso.

La ganadería es importante especialmente la de tipo vacuno, ya que abastece al propio sector y también una parte es llevada a la Sierra para su comercialización.

La variedad de animales es asombrosa, tanto en tierra como en agua. Desafortunadamente algunas especies están en vía de extinción por la caza indiscriminada y brutal que padecen.

Hasta el momento no se conoce el potencial hidrocarburífero del área. Se han detectado capas rojas y suelos lateríticos actuales cuyo potencial minero se desconoce.

## **2.6. RELIEVE Y DRENAJE**

En la zona de estudio se encuentran prolongaciones de la cordillera de Cutucú, que al cortar la carretera entre Santiago hasta cerca del río Yaupi, muestran afloramientos de las formaciones Chapiza, Napo y Tena.

Desde el río Yaupi hasta cerca de Puerto Morona (ubicado a la orilla del río Morona), la carretera corta por completo la cordillera Shayme mostrando afloramientos de las formaciones Cretácico-Terciarias de la cuenca oriental, siendo éste el lugar donde se ha desarrollado la tesis.

El Morona, el Yaupi y el Santiago son los ríos más importantes que pasan a través de la zona de estudio.

El río Morona recibe las aguas de los ríos Cangaima, Macuma, Cashpaima y Cusuine, todos ellos nacidos en el levantamiento de Cutucú.

El río Santiago toma este nombre desde la unión de los ríos Zamora, Upano y Namangoza.

En las alturas de Cambanaca (cordillera de Cutucú), nace el río Yaupi, que pasa a 20 kilómetros al Este de Santiago.



Unicamente el Morona es navegable y algún tramo del Cangaimo que es su principal afluente.

## **CAPITULO III**

### **GEOLOGIA REGIONAL**

#### **3.1. TECTONICA**

El estudio tectónico de las estructuras del Oriente ecuatoriano ha tenido un gran desarrollo gracias a las exploraciones petrolíferas efectuadas desde 1921.

La cuenca oriental ecuatoriana, se localiza al Este de la cordillera Real de los Andes y corresponde a una sucesión de cuencas que se desarrollan desde Venezuela hasta Bolivia entre la cordillera de los Andes y el cratón Guayano-Brasileño (Faucher y Savoyat, 1973).

Desde el punto de vista tectónico, se puede dividir al Oriente ecuatoriano en dos regiones distintas:

- La zona subandina al Oeste.
- La cuenca de antepaís o cuenca de trasarco al Este.

#### **LA ZONA SUBANDINA O ALTO ORIENTE**

La zona subandina (fig. 4), forma una franja alargada en sentido longitudinal. Se encuentra limitada al Oeste por el cabalgamiento o falla inversa andina que la separa de la cordillera Real, y al Este por un sistema de fallas inversas (con vergencia al

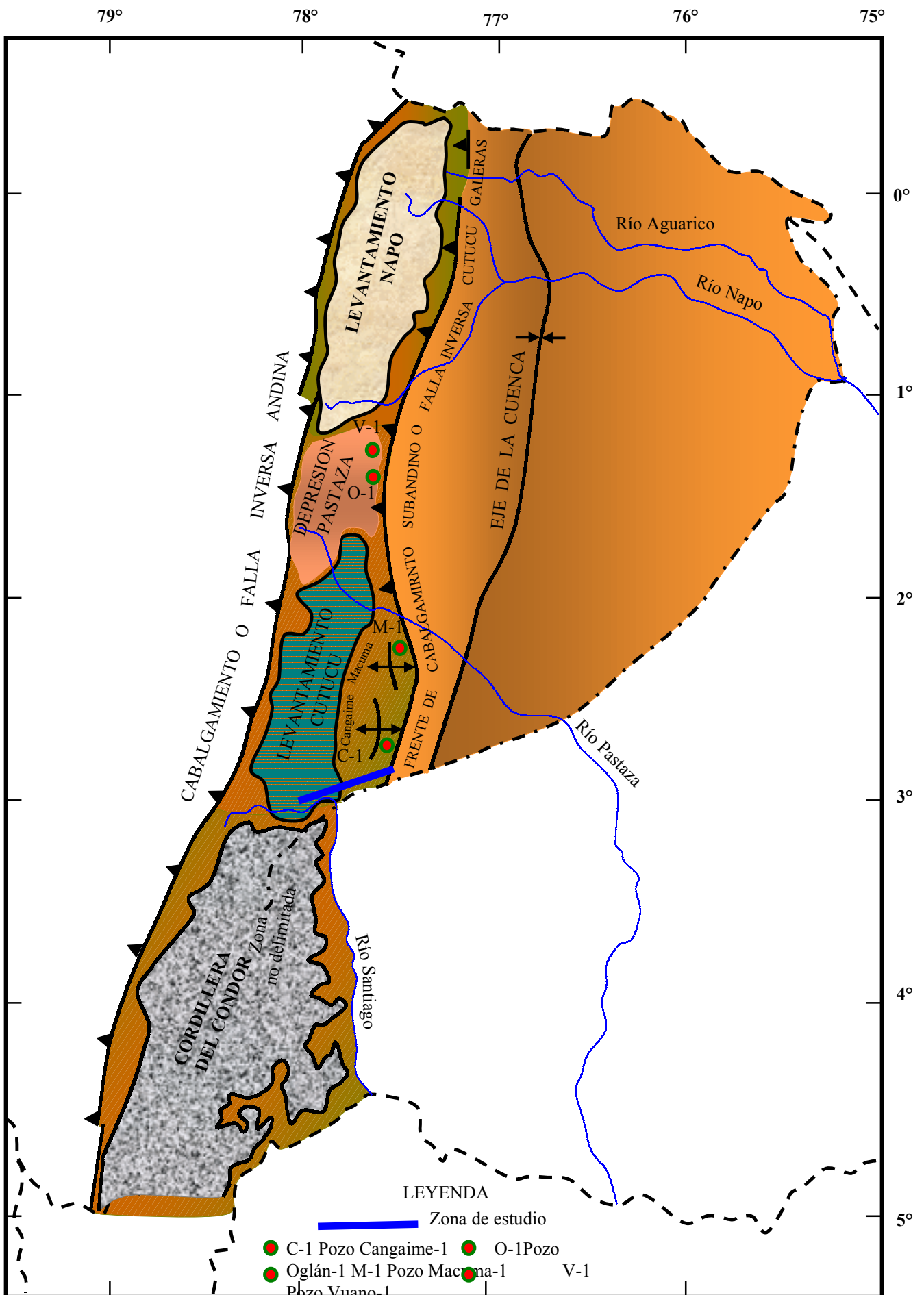


FIG. 4. DIVISION TECTONICA DEL ORIENTE ECUATORIANO.

Modificado de Rivadeneira & Ramirez, 1985.

Este) denominado **Frente de Cabalgamiento Subandino o Falla Inversa de Cutucú- Galeras**, que constituye una zona de empuje compresivo orientado hacia el Este (Rivadeneira y Ramírez, 1985).

Los resultados exploratorios dan a conocer que se trata de una zona con un interesante potencial en hidrocarburos, principalmente en petróleos pesados y extrapesados, siendo el campo Bermejo la excepción con hidrocarburos de 33° API (Rivadeneira y Ramírez, 1985).

A la zona subandina se la puede subdividir en cuatro subzonas morfoestructurales que de Norte a Sur son: El levantamiento Napo, la depresión Pastaza, la cordillera de Cutucú y la cordillera del Cóndor (Huacho et al, 1990).

a) **El levantamiento Napo (“Napo Uplift” de Tschopp, 1953).**- Se encuentra al Norte de la zona subandina, entre los ríos Napo y Aguarico (Faucher y Savoyat, 1973). Corresponde a una estructura de tipo anticlinal asimétrica, con su plano axial buzando hacia el Oeste, cuyo eje tiene dirección NNE-SSO. Sus dimensiones aproximadas son de 150 km de longitud, 50 km de ancho y unos 1.000 m de altitud, pero en su centro atravieza el volcán apagado Sumaco que alcanza 3.900 m de altura (Rivadeneira y Ramírez, 1985). Aquí afloran formaciones de edad Cretácico superior hasta el Terciario inferior (Almeida, 1992).

b) **La depresión Pastaza.**- Corresponde a un bajo estructural que separa el levantamiento Napo de la cordillera de Cutucú. Es una zona plegada pero

subsidente, por lo menos desde el Neógeno, y está cubierta por depósitos neógenos y cuaternarios (Huacho et al, 1990).

c) **La cordillera de Cutucú.**- Se encuentra al Sur de la zona subandina. Corresponde a un anticlinal muy levantado (de casi 2.000 m), cuyo eje tiene dirección NNE-SSO, que hacia el Norte se inclina rápidamente y se pierde antes del valle del Pastaza. El núcleo está formado por material liásico de las formaciones Santiago y Chapiza. Por efecto de Erosión intensa afloran formaciones del Paleozoico: Pumbuiza y Macuma que son los sedimentos más antiguos que se conocen en el Ecuador (Faucher y Savoyat, 1973).

d) **La cordillera del Cóndor.**- Corresponde fundamentalmente a un intrusivo de edad jurásica, el batolito de Zamora (Aspden et al, 1992), el cual hacia el Sur atraviesa la frontera peruana. Es la continuación de la cordillera de Cutucú al Sur (Benítez et al, 1996).

**El Frente de Cabalgamiento Subandino o Falla Cutucú-Galeras.**- Corresponde al límite geotectónico entre la zona subandina y la cuenca oriental propiamente dicha, pasa a varios kilómetros al Este del domo de Napo y de la cordillera de Cutucú (Faucher y Savoyat, 1973).

Fue descrito por Faucher y Savoyat, 1973 de la siguiente forma:

El Frente de Cabalgamiento corresponde a un sistema de fallas inversas que vergen hacia el Este y está señalado por una serie de estructuras anticlinales, varias de las

cuales fueron perforadas por la Compañía Shell (Pozos: Oglan-1, Vuano-1, Cangaimo-1, Macuma-1). En la perforación del pozo Oglan-1, se encontró que se trata de un plano de cabalgamiento inclinado  $45^\circ$  hacia el Oeste, con empuje hacia el Este.

Hacia el Norte parece que el empuje ha sido menos fuerte y está señalado sólo por fallas subverticales (visibles en el río Coca).

### **LA CUENCA DE ANTEPAIS O CUENCA DE TRASARCO**

Se encuentra al Este del Frente de Cabalgamiento Andino.

El siguiente resumen de la cuenca de antepaís, se lo elaboró de las descripciones presentadas en los trabajos de Faucher y Savoyat, 1973 y de Almeida, 1992.

La extensión de la cuenca oriental rebasa las fronteras del Ecuador. Su ancho, siguiendo el paralelo  $1^\circ$  Sur es de 500 km.

Al Norte la cuenca se estrecha y se cierra completamente contra un levantamiento del zócalo conocido como Saliente de Vaupés (río Vaupés, Colombia). Al Sur la cuenca se ensancha y profundiza en dirección del Perú, al Este se prolonga hasta el escudo Guayano-Brasileño y al Oeste hasta el Frente de Cabalgamiento Subandino o Falla Inversa Cutucú-Galeras.

En la cuenca oriental existe el llamado Arco de Cononaco que tiene dirección OSO-ENE y separa la cuenca en las subcuencas del Putumayo-Napo al Norte y de Pastaza

al Sur. Al Suroeste está la subcuenca Santiago y hacia el Sur de la Pastaza la subcuenca Marañón (en el Perú).

La cuenca de antepaís tiene dos zonas bien diferenciadas y separadas por el eje de la cuenca que tiene dirección NNE-SSO. Estas zonas son: En el flanco oriental la llamada Plataforma de Tiputini y en el flanco occidental la denominada Zona Axial.

La Plataforma de Tiputini se presenta como un homoclinal fallado buzante hacia el Oeste-Suroeste y presenta una pendiente bastante regular, profundizándose hacia el eje de la cuenca. Está constituida por el basamento cristalino sobre el cual se han depositado los sedimentos más jóvenes. En esta zona se encuentran unos pocos y pequeños yacimientos de petróleo pesado formados en trampas de tipo estratigráfico-estructural.

En la zona axial se presentan trampas de tipo anticlinal fallado con buzamientos muy suaves en sus flancos y con dimensiones de unos 10 a 20 km. En ella se encuentran la totalidad de las formaciones sedimentarias depositadas en la cuenca. Aquí se ubican los yacimientos de petróleo más importantes (Lago Agrio, Libertador, Shushufindi, Aucas, etc.), en donde diversas compañías petroleras trabajan en el Ecuador desde 1964.

### **3.2. ESTRATIGRAFIA**

Se realizó una investigación en una serie de textos con el fin de obtener información acerca de la estratigrafía del Oriente ecuatoriano, en base a lo cual se elaboró la columna estratigráfica generalizada de la cuenca oriental, que se presenta en la figura 5 y los resúmenes que a continuación se presentan:

#### **PRECAMBRICO**

El basamento de la zona subandina y de la cuenca oriental es de edad precámbrica, tiene carácter ensiálico, y constituye una extensión del escudo Guayanés (Benítez et al, 1996).

Este basamento está formado por rocas ígneas (granitos) y metamórficas (esquistos), que no afloran en el Ecuador, y que sólo se las ha encontrado en perforaciones de pozos que están localizados al Noreste de la cuenca (Faucher y Savoyat, 1973).

#### **PALEOZOICO**

##### **FORMACION PUMBUIZA (EDAD INDETERMINADA)**

Aflora a lo largo del río Pumbuiza.

Está formada por lutitas pizarrosas, a veces gráficas de color gris oscuro a negro; areniscas cuarcíticas de color gris claro a verdoso, de grano fino a medio y conglomerados de color gris oscuro (Bristow & Hoffstetter, 1977).



EDAD		FORMACION	LITOLOGIA	AMBIENTE DE DEPOSITACION		
CENOZOICO	NEOGENO	PLEIST.	MESA	Arcillas, areniscas tobáceas Conglomerados gruesos.	Abanicos continentales originados de la erosión de la Cordillera Real	
		PLIOCENO	CHAMBIRA 1000 a 1500 m	Gravas y conglomerados, Areniscas tobáceas, arcillas y lutitas verde-azul.	Abanicos continentales por erosión de la Cordillera Real	
			ARAJUNO Hasta 1000 m	Arenas con vetas de carbón, arcillas rojas con yeso. Arcillas bentoníticas.	Continental y de aguasalobres	
	MIOCENO	CHALCANA 650 a 1100 m	Lutitas abigarradas con yeso e intercalaciones de areniscas calcáreas.	Continental de aguas dulces, algo reductor.		
		OLIGO CENO	ORTEGUAZA Menor a 300 m	Lutitas café a gris verde, algo calcáreas, limolitas y areniscas.	Deltaíco-Estuarino, de un mar residual	
	PALEOGENO	EOCENO	TIYUYACU 250 a 700 m	Conglomerado con cuarzo hidrotermal Lutitas y limolitas rojas y grises Areniscas silíceas y conglomerados de cuarzo.	Continental por eosión de la Cordillera Oriental y con incursiones de mares residuales	
			TENA 272 a 1000 m	Arenisca de cuarzo Calizas pseudo-oolíticas Lutitas y limolitas algo calcáreas.	Continental con incursiones marinas	
		PALEOCENO	NAPO 100 a 600 m	Lutitas negras carbonaceas, areniscas cuarzosas glauconíticas, y calizas.	Marino y Platafórmico	
	MESOZOICO	CRETACICO	HOLLIN 80 a 240 m	Areniscas blancas cuarzosas con estratificación cruzada y Ripple Marks.	Continental por erosion del Escudo Guayanés, y marino en la parte superior	
			CHAPIZA Aproximadamente 4500 m	Zona Subandina Basaltos Tobas y andesitas.	Cuenca Amazónica Tobas Brechas volcánicas Areniscas sin evaporitas Lutita y areniscas con evaporita.	Continental, debido a una regresión y con material volcánico proveniente de arcos de islas situados al Oeste
		JURASICO		SANTIAGO 1500 a 3000 m	O. de la C. Cutucú Lutitas Tobas y brechas volcanicas.	Cuenca Amazónica Arenisca calcárea Lutita negra y caliza.
			PERMIANO	MACUMA 1000 a 1500 m	Calizas gris oscuras de matriz silícea con intercalaciones de pizarras y esquistos.	Plataforma carbonatada en epoca de transgrsión
PERMIANO	PUMBUIZA ?	Conglomerado gris oscuro de matriz silícea Arenisca cuarcítica verde, de grano fino Lutitas pizarrosas graffíticas negras.		Marino		
PRECAMB.	BASAMENTO	Granitos y Esquistos				

FIG. 5 COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA DE LA CUENCA ORIENTE  
Modificado de Rivadeneira & Ramírez, 1985.

El ambiente de depositación es marino.

El espesor es muy importante pero imposible de evaluar en cifras, debido a que no se han localizado la base y el techo de la formación (Faucher y Savoyat, 1973).

El conjunto es muy plegado, débilmente metamorfizado y atravesado por filones de rocas dioríticas o sieníticas (Faucher y Savoyat, 1973).

Se la considera como paleozoica, pero no se conoce su(s) periodo(s), debido a su carencia de fósiles (Goldsmith, 1941; Tschopp, 1948).

**FORMACION MACUMA (CARBONIFERO SUPERIOR-PERMICO TEMPRANO)**

El afloramiento tipo se encuentra en el cerro Macuma, al Norte de la cordillera de Cutucú.

Se la divide en Macuma inferior y Macuma superior (Tschopp, 1953).

La Macuma inferior contiene calizas silíceas muy fosilíferas de color gris claro a gris oscuro, alternadas con pizarras y esquistos arcillosos de color negro.

La Macuma superior consiste de potentes secuencias de calizas color gris oscuro, con intercalaciones pizarrosas y estratos de areniscas.

El ambiente de depositación es marino poco profundo, de plataforma carbonática y aguas tranquilas.

El conjunto es menos plegado que la formación Pumbuiza, y descansa en discordancia angular sobre ésta, sin que se halla podido observar su contacto (Faucher y Savoyat, 1973).

La potencia estimada es de 1.000 a 1.500 m.

La formación Macuma ha sido datada como del Carbonífero superior a Pérmico temprano (Faucher y Savoyat, 1973).

## **MESOZOICO**

### **FORMACION SANTIAGO (LIASICO INFERIOR)**

El Jurásico constituye el núcleo del anticlinal de la cordillera de Cutucú que se continúa hacia el Sur por la cordillera del Cóndor. Existen buenos afloramientos a lo largo del río Santiago que corta transversalmente este anticlinal, en los cuales se ha definido la formación Santiago (Faucher y Savoyat, 1973).

Está constituida por calizas negras arcillosas en bancos delgados, alternando con areniscas calcáreas, lutitas negras de apariencia bituminosa y comunes areniscas turbidíticas feldespáticas (Benítez et al, 1997).

Hacia el tope y el Oeste de la cordillera de Cutucú se presenta material volcánico diabásico (brechas volcánicas, tobas arenosas verdes y lutitas bentónicas) considerado como contemporáneo de erupciones submarinas (Faucher y Savoyat,1973). Ninguna datación apoya hasta ahora esta correlación, aunque nuevos estudios petrográficos si indican la existencia de un área-fuente magmática de tipo arco-volcánico ensiálico que estuvo ubicada probablemente hacia el Oeste de la cordillera de Cutucú (Benítez et al, 1997).

Corresponde a un ambiente marino transgresivo con potentes sedimentos calcáreos.

Se encuentra suprayaciendo a la formación Macuma en discordancia angular.

El espesor total de esta formación se encuentra entre 1.500 y 3.000 m (Faucher y Savoyat, 1973).

### **FORMACION CHAPIZA (JURASICO MEDIO SUPERIOR-CRETASICO INFERIOR)**

Se encuentra aflorando a lo largo de los ríos Chapiza y Yaupi.

Tschopp (1953), la dividió en tres miembros: Chapiza inferior, Chapiza medio y Chapiza superior:

**Chapiza inferior.**- Está constituida de areniscas y lutitas de color gris y rosado, con intercalaciones de capas delgadas de evaporitas, vetas de yeso y concreciones dolomíticas.

**Chapiza medio.**- Contiene una alternancia de areniscas y lutitas de color rojo, pero sin evaporitas.

**Chapiza superior.**- Se la conoce como miembro Misahuallí, que además de las capas rojas de lutitas, areniscas feldespáticas y conglomerados, contiene tobas de color verde a violáceo y brechas volcánicas.

Corresponde a un ambiente de depositación continental de clima seco a desértico.

La formación Chapiza yace en discordancia angular sobre la formación Santiago al Sur y hacia el Sureste sobreyace en discordancia angular a la formación Macuma (Faucher y Savoyat, 1973).

Aproximadamente tiene un espesor total de 4.500 m.

Se la considera de edad Jurásico medio superior a Cretácico inferior, por su posición estratigráfica (Almeida, 1992).

## **CRETACICO**

### **FORMACION HOLLIN (APTIANO MEDIO-ALBIANO MEDIO)**

La localidad tipo se encuentra en el río Hollín, afluente del río Misahualli, a 8 km al Noreste de Tena; además se presenta en el flanco Este de la cordillera Cutucú y con menor frecuencia a lo largo del río Upano-Coca (Almeida, 1992).

Está formada por areniscas blancas cuarzosas masivas o en bancos gruesos, porosas, de granulometría variable, a veces de aspecto sacaroidal, presenta a menudo estratificación cruzada y ripple marks.

Ocasionalmente aparecen intercalaciones de lutitas arenosas oscuras y raramente capas delgadas de guijarros.

En la parte Sur del levantamiento Napo, se la ha dividido en tres miembros (Rivadeneira y Ramírez, 1985).

El miembro inferior con areniscas gruesas en la base, gradando a medias hacia arriba.

El miembro medio que es limo-arcilloso con materia vegetal y ámbar.

El miembro superior con areniscas glauconíticas intercaladas con lutitas negras ligeramente calcáreas.

Corresponde a un ambiente de depositación continental fluvial en la base y de estuario en el techo.

La formación Hollín reposa en discordancia angular sobre la formación Chapiza al Este de la cordillera de Cutucú, y hacia el Oeste yace discordante sobre la formación Santiago (Almeida, 1992).

Su espesor es relativamente constante con valores de 80 a 90 m en el Norte y centro, pero aumentando hacia el Sur hasta alcanzar los 240 m en el río Chapiza (Rivadeneira y Ramírez, 1985).

#### **FORMACION NAPO (ALBIANO INFERIOR-CAMPANIANO INFERIOR)**

Su localidad tipo está en el río Napo, al Este y Oeste de Puerto Napo; también aflora a lo largo del costado Este de la cordillera de Cutucú, y en los ríos Jondachi, Coca y otros (Almeida, 1992).

La formación Napo fue dividida en tres miembros: Napo inferior, Napo medio y Napo superior (Tschopp, 1955); pero se propone sacar el miembro “Hollín superior” e integrarlo a la formación Napo, bajo el nombre de Arenisca inferior o Arenisca basal (Petroproducción-ORSTOM, 1994); debido a que la Napo inferior de Tschopp está dividida actualmente en muy numerosas unidades informales, y que la Napo basal tal como es definida ahora corresponde más o menos a un primer ciclo sedimentario

transgresivo-regresivo, cuyo tope podría coincidir con una línea de tiempo bien definida.

El siguiente resumen, en el cual se describen los miembros de la formación Napo, se lo obtuvo del informe final del Convenio ORSTOM-PETROPRODUCCION (Jaillard, 1997).

**Napo basal.-** Contiene en su parte más basal la Arenisca inferior, luego viene la caliza “C”, lutitas Napo basal y la Caliza “T”.

La Arenisca inferior corresponde a areniscas calcáreas o calizas arenosas con lutitas y limolitas negras que sumándose la presencia de glauconita señalan un medio marino.

La Caliza “C” corresponde a calizas masivas estratocrecientes, con lutitas negras y limolitas, siendo disminuida la fracción arenosa.

Las lutitas Napo basal son lutitas negras laminadas ricas en amonites.

La Caliza “T” que son intercalaciones de margas y calizas arenosas.

**Napo inferior.-** Contiene la Arenisca “T”, luego viene la Caliza “B”, la Arenisca “U” que son areniscas cuarzosas con intercalaciones de lutitas negras (Lutita “U”).

La Arenisca “T” comprende limolitas granocrecientes y areniscas calcáreas.



La Caliza “B” que son calizas masivas bioturbadas y muy fosilíferas.

La Lutita “U” corresponde a lutitas negras de medio marino.

La Arenisca “U” que son areniscas arcillosas cuarzosas y areniscas arcillosas, no calcáreas. Se la puede dividir en Arenisca “U” inferior, “U” media y “U” superior.

**Napo medio.-** Está formada por calizas micríticas conocidas como Caliza “A” y “M2” y la arenisca glauconítica “M2” que está situada entre las dos calizas anteriores.

**Napo superior.-** Predominan las lutitas gris oscuras con intercalaciones delgadas de calizas arenosas (Calizas “M1”) y una arenisca conocida como Arenisca “M1” que aumenta de espesor hacia el Sureste y desaparece al Oeste y centro de la cuenca.

El ambiente de depositación de la formación es de plataforma marina somera.

El espesor de la formación varía de 250 a 400 m, alcanzando valores máximos de 770 y 1.000 m en el río Chapiza cerca de la frontera con Perú.

La edad que se le asigna a la formación Napo es Albiano inferior-Campaniano inferior (Faucher y Savoyat, 1973).

## **FORMACION TENA (MAASTRICHTIANO-PALEOCENO)**

La localidad tipo se encuentra en los alrededores de la ciudad de Tena.

Contiene arcillas abigarradas mayormente rojas a marrones, siendo este color rojo acentuado en superficie, pero en profundidad son sobre todo grises y verdosas. Además contiene lutitas y limolitas algo calcáreas, areniscas cuarzosas claras que se encuentran en la base y el tope, una menor presencia de margas y calizas arenosas pseudo-oolíticas, comúnmente piritosas (Bistow & Hoffstetter, 1977).

Su ambiente de depositación es continental con incursiones marinas.

No existe una discordancia angular entre la formación Tena y la Napo, pero se presenta un hiato sedimentario entre ambas, debido a una erosión en la parte más superior de la formación Napo (Faucher y Savoyat, 1973).

Su potencia es muy variable, aumentando desde el Norte (400 m), al Sur (600 m) en la zona subandina, y desde el Este en la cuenca amazónica (272 m) en el pozo Tiputini-1, al Oeste (más de 1.000 m), (Tschopp, 1953).

Se han encontrado fósiles maastrichtienses en la formación Tena, pero podría alcanzar hasta el Paleoceno según Tschopp (1953), sin confirmación posterior.

## **FORMACION TIYUYACU (PALEOCENO-EOCENO MEDIO)**

La localidad tipo fue definida en el arroyo Tiyuyacu a 8 km al Este de Napo.

Se la ha dividido en base a la litología y con ayuda de los registros (compuesto, sísmico y de perforación) en tres miembros: Tiyuyacu inferior o Conglomerado basal, Tiyuyacu medio con lutitas y limolitas y Tiyuyacu superior o Conglomerado superior; claramente definidos e identificables en la parte Norte y centro de la cuenca, no así al Sur de la misma (Almeida, 1992).

En la parte inferior existen conglomerados con bloques angulares a redondeados de cuarzo y sílice; areniscas cuarzosas y feldespáticas.

En la parte media existen lutitas, arcillolitas y limolitas rojas, grises y verdes, existe la presencia de pirita.

En la parte superior existe conglomerados subangulares a subredondeados de cuarzo blanco de origen hidrotermal y cuarzo de origen metamórfico.

El ambiente de depósito es continental con incursiones marinas.

Según Tschopp (1953) existe una ligera discordancia angular entre Tena y Tiyuyacu.

Habría posiblemente una laguna de corta duración entre el techo de la formación Tena

y la base de la formación Tiyuyacu, por lo que la formación Tiyuyacu sobreyace en contacto erosional a la formación Tena.

El espesor de la formación pasa desde el Sur (250 m) al Norte (700 m) del levantamiento de Napo, y aumenta también desde el Este al Oeste en la cuenca (Almeida, 1992).

La edad de la formación Tiyuyacu se mantiene sin definición. La escasa fauna de foraminíferos aglutinados sólo ha permitido dar una amplia edad de Paleoceno-Eoceno medio (LABOGEO, 1990).

#### **FORMACION ORTEGUAZA (EOCENO SUPERIOR-MIOCENO INFERIOR)**

Nombre derivado del Oriente colombiano, que es cada vez más usado en el Oriente ecuatoriano (primeramente por geólogos de la Texaco, antes de 1967).

Consiste de lutitas de color café a gris-verde, algo calcáreas-dolomíticas, con cantidades menores de limolitas y areniscas.

El ambiente de depositación es deltaico-estuarino.

Sobreyace en discordancia sobre la formación Tiyuyacu.

Tiene un espesor menor a 300 m (146 m en el pozo Palo Rojo, perforado por la AMOCO).

La edad que se le asigna a esta formación es Eoceno superior a Oligoceno, y podría llegar hasta el Mioceno inferior (Geólogos de la A.E.O).

### **FORMACION CHALCANA (MIOCENO MEDIO)**

La localidad tipo se encuentra en el arroyo Chalcana, afluente del río Tiyuyacu.

Está formada por capas rojas de lutitas abigarradas con yeso e intercalaciones de areniscas ocasionalmente calcáreas.

El ambiente de depositación es continental de aguas dulces, algo reductor.

La formación Chalcana sobreyace en transición gradual a la formación Orteguaza, o directamente sobre la formación Tiyuyacu cuando ésta falta (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Su espesor varía de 650 m hasta 1.100 m.

Se han encontrado microfósiles que le asignan a la formación Chalcana una edad miocénica media (Geólogos de la A.E.O).

## **FORMACION ARAJUNO (MIOCENO SUPERIOR)**

La localidad tipo se encuentra en el río Arajuno, tributario del río Napo, a 15 km al Sureste de Napo. Aflorando también a lo largo del domo de Napo.

Según Tschopp (1953), la formación Arajuno está dividida en tres miembros: Arajuno inferior, Arajuno medio y Arajuno superior.

**Arajuno inferior:** Consiste de arenisca con lentes de guijarro, pocos conglomerados, intercalaciones de arcillas bentoníticas; existen muchas hornblendas entre los minerales pesados.

**Arajuno medio:** Consiste de arcillas de color rojo, con yeso en la base, tobáceas hacia arriba.

**Arajuno superior:** Consiste predominantemente de arenas, con algunos lignitos, arcillas ligníticas y vetas de carbón autóctono.

El ambiente de depositación es de tipo continental a aguas salobres.

La formación Arajuno está sobreyacente en contacto bien definido con la formación Chalcana. Lateralmente pasa al Sur a la parte superior de la formación Chalcana (Bristow & Hoffstetter, 1977).

Tiene un espesor variable de hasta 1.000 m.

Por correlación estratigráfica es considerada como de edad Mioceno superior (Campbell, 1970; Bristow, 1973).

### **FORMACION CHAMBIRA (PLIOCENO)**

La localidad tipo se encuentra en la zona de Chambira sobre el Alto Bobonaza a unos 13 km al Este de Canelos. Se la denomina también Ushpa al Sur del río Pastaza.

La parte inferior consiste principalmente de areniscas conglomeráticas de grano medio a muy grueso, con numerosos horizontes de guijarros y de arcillas e intercalaciones de lutitas verde-azul, algo micáceas y arenosas (Bristow & Hoffstetter, 1977).

La parte media está compuesta de arenisca tobácea con magnetita diseminada y conglomerados interestratificados con arcillas bentónicas con manifestaciones de carbón.

La parte superior contiene capas de conglomerados bastos y de gravas.

El ambiente de sedimentación es de tipo continental (depósitos tobáceos en abanico), que corresponde a una erosión intensificada de la cordillera Real.

La potencia de esta formación varía entre 1.000 a 1.500 m.

Está datada como pliocénica, debido al orden estratigráfico (Tschopp, 1953).

## **FORMACION MESA (PLIOCENO-PLEISTOCENO)**

La localidad tipo se encuentra en la región de Mera.

Está formada por potentes terrazas con intercalaciones arcillosas y de areniscas tobáceas depositadas a través de abanicos que se extienden desde los ramales orientales de los Andes hasta unos 50 km al Este. Presenta por lo menos cinco niveles de terrazas, escalonadas entre 1.460 y 450 m de altitud (Bristow & Hoffstetter, 1977).

La llamada Mesa de Mera está constituida de arcillas y areniscas tobáceas con varios horizontes de conglomerados gruesos con estratificación cruzada de tipo torrencial, a veces se encuentran bloques de granito y gneis hasta de varios metros de diámetro.

La formación Rotuno con localidad tipo en el río Rotuno afluente del río Bobonaza, se la incluye dentro de la formación Mesa ya que consiste de una mesa fuertemente dislocada.



## **CAPITULO IV**

### **ANALISIS ESTRATIGRAFICO**

El análisis estratigráfico de esta tesis consiste de cinco puntos: sedimentología, análisis petrográfico, análisis bioestratigráfico, análisis secuencial y columnas estratigráficas.

De estos puntos, la sedimentología, el análisis secuencial y las columnas estratigráficas, están directamente relacionados con los levantamientos estratigráficos realizados en el campo; debido a lo cual, desde el principio de este capítulo, cuando se analice la sedimentología, se recomienda observar las columnas estratigráficas levantadas en el campo, a pesar de que el análisis en sí de las mismas, se lo hace al final de esta sección.

El objetivo de observar las columnas estratigráficas desde que comienza el análisis estratigráfico, es el de tomar en cuenta su utilidad en cada estudio particular efectuado, más no de tomar en cuenta su figura completa, la misma que solo quedará bien definida al final de la sección, cuando se hayan revisado todos los estudios particulares necesarios.

#### **4.1. SEDIMENTOLOGIA**

No es la intención de esta tesis establecer a la esencia del detalle, la evolución sedimentológica de las formaciones que afloran en los 15 kilómetros de carretera

donde se efectuó el mapeo geológico, entre las absisas 22+000 y 37+000 medidas desde Santiago, por el volumen de trabajo que dicho estudio requiere. La presente tesis, se ha limitado a datos de litología, de paleoambiente y de paleocorriente de las formaciones Cretácico-Terciarias, a la medida de las posibilidades.

### **FORMACION CHAPIZA**

El Precretácico constituido por la formación Chapiza aflora en los alrededores de Santiago. Aunque no es objeto de este estudio se hicieron las siguientes observaciones sedimentológicas:

En la columna de la figura 12 (km 00+800 desde Santiago), se puede observar desde el comienzo de ésta, intercalaciones de capas centimétricas de lutitas y limolitas hasta 1,4 metros de espesor, donde aparece una arenisca centimétrica, sobre la arenisca se encuentra una gran capa de lodolita verde de un poco más de 3 m. Las lutitas son generalmente de color verde y las limolitas mayormente café, además las capas de limolitas son estratocrecientes. Siendo las lutitas verdes y las lodolitas verdes indicadoras de un ambiente acuático, las areniscas de un ambiente continental, hacen deducir que aquí existió un ambiente continental alternando a un acuático no determinado (foto 1).

La lutita verde debió haber pasado más tiempo bajo el agua. No se puede decir que se trata de un mar residual en el lugar por cuanto no se encontró evaporitas, lo que se observó fue una especie de sismitas.



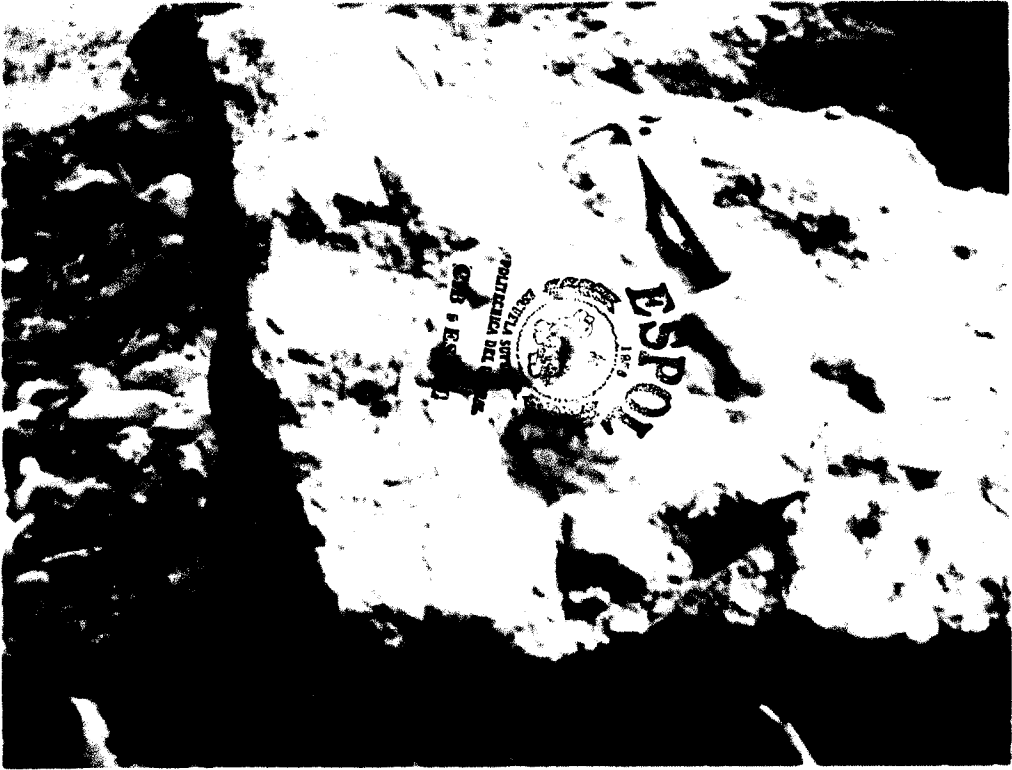
**FOTO 1. AFLORAMIENTO CON CAPAS VERDES Y ROJIZAS  
DE LA FORMACION CHAPIZA**

## **FORMACION NAPO**

La formación Napo aparece en el kilómetro 23+320 (fig. 16), comienza con una arenisca de unos 6 metros, siguen unos 50 metros (hasta el km 23+480) de intercalaciones de areniscas métricas con bioturbaciones en la parte superior, limolitas verdes y capas decimétricas de lutitas negras. No se presentan figuras sedimentarias. Estos 56 metros de potencia pertenecerían al miembro Napo superior, según los resultados de la muestra FH-5 (km 23+480).

Después de las intercalaciones mencionadas (km 23+480) empiezan alternancias de calizas micríticas y de lutitas negras, que llegan a alcanzar una potencia de unos 154 m. Las calizas se encuentran en gran proporción, por lo que esta parte correspondería al miembro Napo medio, estando en contacto tectónico con el miembro Napo superior anterior. En cuanto al ambiente se puede hablar de lutitas negras y calizas principalmente micríticas que representan dos facies, la una correspondiente a un ambiente de sedimentación carbonática de poca energía (presencia de calcita microcristalina) y la otra de un ambiente marino reductor (presencia de lutita laminada negra), en el que alguna lutita podría incluso representar algún máximo de inundación.

A la altura del kilómetro 23+560 (foto 2), se encuentran estructuras de carga, en bloques de calizas.



**FOTO 2. ESTRUCTURAS DE CARGA EN BLOQUES DE CALIZA DE LA FORMACION NAPO.**

Desde el kilómetro 24+990 al 26+990 (fig. 17 y 18) se encuentra otra vez la formación Napo, que a diferencia de la que aparece anteriormente, ésta contiene lutitas negras laminadas en menor proporción que las lutitas en capas decimétricas, así como la presencia de limolitas arenosas, por lo que estas capas son más consistentes, incluso sufren la acción de fallas asociadas con el Frente de Empuje Subandino. Aquí estaría presente la Napo superior. Los afloramientos en este tramo están casi totalmente cubiertos por vegetación y en parte también están meteorizados, por lo que su estudio sedimentológico se hace difícil.

Entre el kilómetro 28+340 y 28+890 (fig. 19), aparece la formación Napo por última vez. Aquí se caracteriza por contener lutitas negras laminadas y bancos decimétricos de calizas. Este tramo también corresponde al miembro Napo superior.

### **FORMACION TENA**

Desde el kilómetro 22+000 al Este de Santiago hasta el 22+240 (fig. 13 y 14), aparece la formación Tena caracterizada por presentar arcillolitas rojas con bioturbaciones verdes, intercaladas con lodolitas limosas de color verde y areniscas de grano fino. Hay escasez de figuras sedimentarias en este trayecto; sólo en el contacto con la formación Tiyuyacu (km 22+240), se observan calcos de herradura (crescent cast), que indican un sentido de corriente hacia el Sureste.

La litología de las areniscas y las arcillolitas rojas representan un medio de sedimentación continental, mientras que las lodolitas verdes podrían indicar un ambiente acuático no determinado.

Entre el kilómetro 24+770 y el 24+990 (fig. 17) se encuentra un bloque de la formación Tena compuesto de arcillolita roja, intercalada con areniscas limosas métricas. En este pedazo de la formación Tena, se observaron calcos de herradura y rill marks, en capas invertidas de areniscas limosas (foto 3).

Entre el kilómetro 26+990 y el 28+340 (fig. 18 y 19) se encuentra nuevamente la formación Tena con su típica aparición en esta carretera, de arcillolitas rojas con areniscas limosas calcáreas, además de la presencia de yeso secundario en láminas de espesor menor a 1 cm.

La base de la formación Tena se la puede observar en el kilómetro 28+890 (fig. 19), pero por la escala no se puede percibir el detalle que es mostrado en las figuras 34 y 35, donde se levantó una columna estratigráfica muy detallada de la base de la formación Tena, en donde en los primeros 90 centímetros se observan estructuras internas de sedimentación, tales como granodecrecencia, laminación horizontal, laminación cruzada y laminación festoneada; de estas estructuras la laminación cruzada y la horizontal se presentan con mucha frecuencia en las areniscas calcáreas de la parte inferior de las secuencias que componen a la formación Tena (foto 4).



**FOTO 3. ESTRUCTURAS DE BASE DE ESTRATO EN ARENISCAS DE LA FORMACION TENA (*Rill marks* y *crescent cast*).**





**FOTO 4. ESTRUCTURAS INTERNAS EN UNA CAPA DE ARENISCA DE LA FORMACION TENA (Laminación horizontal y cruzada)**

De la columna detallada, se puede deducir entonces, que en los 12 primeros metros la formación Tena se caracteriza por contener capas decimétricas a métricas de areniscas calcáreas grises y de lodolitas limosas gris verdosas, además de lutitas centimétricas a decimétricas grises. Después de los 12 metros, recién comienza a aparecer la arcillolita roja.

### **FORMACION TIYUYACU**

En el tramo del kilómetro 22+240 al 23+320 (fig. 14, 15 y 16) se encuentra la primera aparición de la formación Tiyuyacu.

Aparece una megasecuencia conglomerática entre el kilómetro 22+240 al 22+390 (fig. 14), compuesta de conglomerados de cuarzo lechoso, con unas pocas capas intermedias decimétricas de lutita crema y de limolita gris. Las capas inferiores de la secuencia presentan clastos de mayor diámetro acercándose a 5 cm, que las capas superiores con clastos de 1 cm.

Luego entre el kilómetro 22+390 al 22+670 (fig. 14 y 15), se encuentra otra megasecuencia compuesta de areniscas de grano fino, areniscas conglomeráticas y arcillolitas rojas. En la parte superior de la secuencia, las arcillolitas rojas se intercalan con capas métricas de areniscas cada 3 metros aproximadamente, es decir, son cuerpos de arcillolita de unos 3 metros intercalados con cuerpos arenosos de 1 metro de espesor.

No se detectaron figuras de sedimentación debido a los malos afloramientos.

Una secuencia conglomerática de la formación Tiyuyacu se encuentra entre el kilómetro 22+670 al 22+800 (fig. 15), compuesta de conglomerados de cuarzo lechoso con diámetro menor a 3 cm, arenisca arcillosa gris y arcillolita roja.

El paleoambiente inferido para las secuencias conglomeráticas mencionadas es el de conos de deyección procedentes de los Andes (Benitez et al, 1996).

En el kilómetro 22+800 al 23+320 (fig. 15 y 16) se encuentran capas de areniscas de grano muy fino, limolitas cuarzosas y arcillolitas rojas. Desde el kilómetro 23+040, las capas se encuentran afectadas por fallas asociadas al Frente de Cabalgamiento Subandino.

Una segunda aparición de la formación Tiyuyacu se observa entre los kilómetros 32+270 y 34+190.(fig. 24 a 28). En este tramo aparecen escamas tectónicas tanto de la formación Tiyuyacu como de la formación Tena, donde existen tres litologías predominantes, que son los conglomerados, areniscas conglomeráticas y arcillolitas rojas. A partir del kilómetro 33+750 hasta el 34+190 (fig. 28), predominan las arcillolitas rojas, limolitas arenosas y areniscas de grano muy fino. El miembro Tiyuyacu inferior es el que está presente en esta parte (Benitez et al, 1997), posiblemente estaría presente el miembro Tiyuyacu medio.

### **FORMACION ORTEGUAZA**

Entre el kilómetro 34+190 y el 34+890 (fig. 29), aparece la formación Orteguaza, caracterizada por lutitas negras laminadas, limolitas negras y areniscas gris-verdosas

de grano fino a muy fino, que corresponderían a un mar residual presente en el Oriente en el Eoceno medio-superior.

### **FORMACION VOLCANO-CLASTICA SIN NOMBRE**

Entre el kilómetro 34+890 al 35+210 (fig. 29, 30 y 31), se encuentran capas en las que predominan los detritos volcánicos, que pasan a formar areniscas volcánicas del tipo arcosa, existe una capa de conglomerado, pero la mayoría de los clastos de tamaño de arena o superior son angulosos por lo que se trata más bien de areniscas brechosas. También se observa la presencia de caolín producto de la hidratación de la ortoclasa, que es uno de los feldespatos presente en el material volcánico depositado. El aporte de los sedimentos es claramente por erosión del Arco Volcánico Andino en vías de levantamiento.

### **FORMACION CHALCANA**

Desde el kilómetro 35+210 al 37+000 (fig. 31, 32 y 33), se encuentra la formación Chalcana caracterizada por areniscas limosas, limolitas calcáreas y arcillolitas rojas. Es muy parecida a la formación Tena; pero en esta Chalcana sobresalen las arcillolitas abigarradas (que presentan diversos colores). Se encontró láminas con superficies ondulantes de material calcáreo (calcita). En general la sedimentación se realiza en un medio continental.

## **4.2. ANALISIS PETROGRAFICO**

### **4.2.1. ANTECEDENTES**

Debido a la amplitud de la zona de estudio, se tomaron muestras “promedio”, basándose primero en que sean verdaderamente representativas de las unidades estudiadas, así como considerando los lugares en que se estimaba un cambio de formación, por último debía de tomarse las muestras necesarias para poder caracterizar los 15 kilómetros de la carretera.

De esta forma se trajo del campo 56 muestras petrográficas, de las cuales 26 cumplieron lo anteriormente expresado como para hacer obligatoriamente láminas delgadas, las 30 restantes se las utilizó para complementar el trabajo de campo en la oficina, donde existía la posibilidad de volverlas a analizar y aparte se podría escuchar el criterio de algún geólogo de más experiencia.

### **4.2.2. CLASIFICACION UTILIZADA PARA EL ANALISIS PETROGRAFICO**

Durante el trabajo de campo de la tesis, se observaron rocas sedimentarias no detríticas (calizas) y detríticas de todo tamaño de grano, debido a lo cual la primera clasificación que se necesita conocer, es la que se refiere al tamaño de grano, para luego entonces pasar a analizar la composición mineralógica de estos granos.

La clasificación textural (tabla 1) más usada en geología es la de Wentworth (1922).

Una vez clasificada la roca según el tamaño de grano, se necesita darle el nombre de acuerdo a su composición química, para lo cual existen muchas clasificaciones de diversos autores, en algunos casos dándole diferentes nombres a una roca de una misma composición química.

Para las areniscas se sigue en este trabajo la clasificación de Chen (1968). Figura 6 y tabla 2. Esta clasificación como la mayoría ubica en los extremos de un triángulo equilátero los componentes más usuales en los granos de arenisca, éstos son: el cuarzo (Q), el feldespato (F) y los fragmentos de rocas anteriores (FR). Este autor ubica en el extremo del feldespato los fragmentos de rocas ígneas ácidas y gneis, mientras que, en el extremo de los fragmentos de roca ubica al chert. Otros autores no concuerdan con Chen en el aspecto de que incluso los fragmentos de rocas ígneas ácidas y gneis deben ir en el extremo de fragmentos de roca, y de que el chert debe incluirse en el extremo del cuarzo.

En esta clasificación Chen utiliza el porcentaje de matriz detrítica fina no para dar nombre a las rocas, sino para decir el grado de madurez de la roca, siendo más inmadura mientras mayor cantidad de esta matriz contenga. Otros autores si consideran importante el porcentaje de matriz para darle nombre a las areniscas; tal es así que, Williams (1968) clasifica a las areniscas como puras a aquellas con menos de 10 % de matriz argilácea, denominándolas arenitas; y a las areniscas con más de

Tabla 1 CLASIFICACION DE LAS ROCAS SEDIMENTARIAS POR EL TAMAÑO DE GRANO, SEGUN PETTIJOHN (1957) Y OTROS. TENIENDO EN CUENTA LA ESCALA DE WENTWORTH.

Grupo	Diámetro (mm)	Clase	Sedimento y tamaño textural		Compactada
ROCAS DETRITICAS	>256	RUDITA <sup>c</sup>	Bloques	Grava	Conglomerado (redondeado)
	256		Cantos		Brecha (anguloso)
	2	ARENITAS	Arena muy gruesa		Arenisca
	1/2		Arena gruesa		
	1		Arena media		
	1/4		Arena fina		
	1/8		Arena muy fina		
	1/16	LUTITA	Limo		Limolita
	1/256		Arcilla		Arcillita
	<1/256				

Tabla 2 CLASIFICACION DE LAS ARENISCAS DE CHEN (1968)

División mayor	Subdivisión	Parámetros
ARENISCAS CUARZOSAS	1. Cuarciarenita pura	Q > 95 %
	2. Cuarciarenita feldespática	F > FR
	3. Cuarciarenita litífica	FR > F
		} Q = 90 a 95 %
ARENISCAS SUBCUARZOSAS	4. Subarcosa	F > FR (F 5 a 25%)
	5. Sublitarenita	FR > F (FR 5 a 25%)
		} Q = 70 a 75 %
ARENISCAS FELDESPATICAS	6. Arcosa	Q = 35 a 75 %
	7. Extra-arcosa	Q < 35 %
	8. Arcosa litífica	Q = 35 a 75 %
	9. Extra- litiarcosa	Q < 35 %
		} F/FR > 3/1
		} F/FR = 3/1 a 1/1
ARENISCAS LITITICAS	10. Felitarenita	Q = 35 a 75 %
	11. Extra-felitarenita	Q < 35 %
	12. Litarenita	Q = 35 a 75 %
	13. Extra-litarenita	Q < 35 %
		} F/FR = 1/3 a 1/1
		} F/FR < 1/3

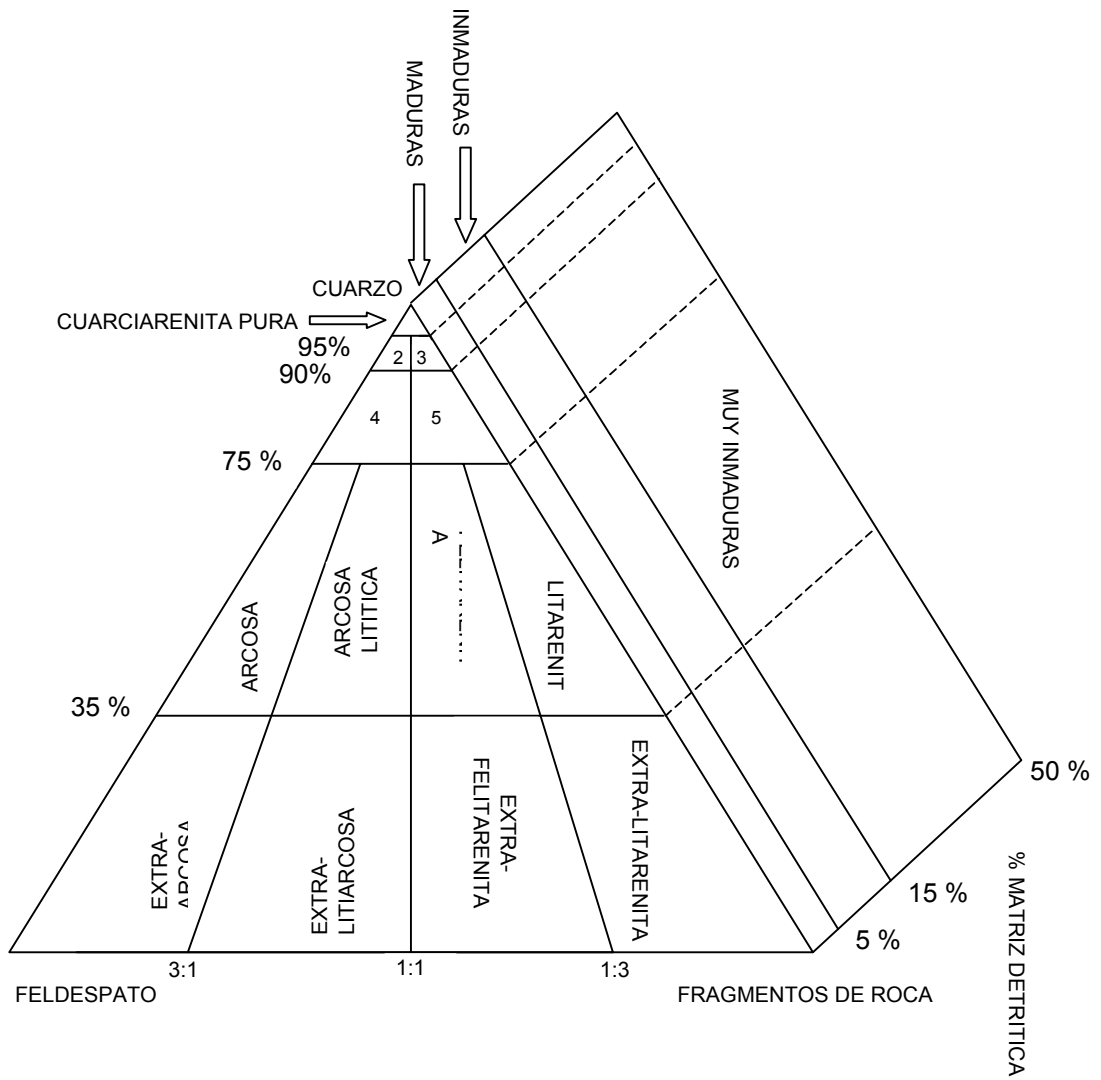


FIG. 6 DIAGRAMA DE CLASIFICACION DE LAS ARENISCAS DE CHEN (1968)



matriz detrítica fina las denomina areniscas impuras o wackas. Las grauwackas serían aquellas wackas que han sido profundamente sepultadas, es decir, son rocas duras, con matriz oscura, pobremente clasificada y con la presencia de minerales micáceos y cloríticos de grano fino.

Dentro de las litarenitas de Chen (tabla 2), Folk (1968) establece una subdivisión en función del tipo de fragmentos de roca que domine, cambiándole el lit- por el del fragmento de roca. Así una calcarenita será una litarenita en la cual dominan los fragmentos de roca calcárea sobre los otros fragmentos presentes en la muestra. Otros nombres pueden ser: Filarenita, chertarenita, etcétera.

Para las rocas intermedias entre calizas y areniscas, se sigue la idea de Vatan (1967), quien les adjetiva la palabra arenosa, si corresponde a una caliza con 10 a 50 % de detritos arenosos y de calcárea si corresponde a una arenisca conteniendo de 10 a 50% de carbonato de calcio.

Para las rocas carbonatadas se sigue principalmente la clasificación de Folk (1962). Sin tener en cuenta los terrígenos (materiales procedentes de fuera de la cuenca), los principales elementos texturales de una roca carbonatada son: los aloquímicos y los ortoquímicos.

Los aloquímicos son detritos carbonatados procedentes de la misma cuenca, éstos pueden ser: intraclastos (con tamaño de arena o rudita), oolitos, fósiles y pelets.

Los ortoquímicos son los precipitados químicos o bioquímicos de carbonatos, éstos pueden ser: la micrita (lodo de calcita microcristalina con cristales de 1 a 4 micras) y la esparita (cemento de calcita con cristales superiores a 10 micras).

Existe una gran clasificación de rocas carbonatadas que la intención de este trabajo no es explicarla, sino de realizar un análisis particular de los dos tipos de roca carbonatada encontrados en las muestras petrográficas.

#### **4.2.3. RESULTADOS DE LOS ANALISIS DE LAS MUESTRAS**

##### **PETROGRAFICAS**

Los resultados del análisis petrográfico de las 26 muestras (tabla 3), aparecen en el anexo 1.

De acuerdo al análisis petrográfico, se presenta a continuación para cada formación, los gráficos de Chen y el de procedencia de las Areniscas de Dickinson et al (1985), indicando con un circulo el lugar donde se ubican las muestras.

MUESTRA	PETROG.	BIOEST.	UBICAC.	MUESTRA	PETROG.	BIOEST.	UBICAC.
FH-1		X	22+080	FH-25	X		28+890
FH-2	X		22+140	FH-26	X		28+890
FH-3		X	22+980	FH-27	X		28+890
FH-4	X		23+070	FH-28	X		28+890
FH-5		X	23+480	FH-29		X	29+520
FH-6	X		23+480	FH-30		X	30+210
FH-7		X	24+060	FH-31	X		31+260
FH-8		X	24+840	FH-32		X	32+250
FH-9	X		24+990	FH-33		X	32+280
FH-10		X	25+320	FH-34		X	32+890
FH-11	X		25+710	FH-35	X		33+060
FH-12		X	25+770	FH-36	X		33+360
FH-13	X		26+190	FH-37	X		33+630
FH-14	X		26+220	FH-38		X	33+900
FH-15		X	26+370	FH-39	X		33+960
FH-16		X	26+490	FH-40	X		34+320
FH-17	X		26+940	FH-41	X		35+040
FH-18		X	27+000	FH-42	X		35+070
FH-19		X	27+480	FH-43	X		35+100
FH-20		X	28+380	FH-44	X		35+160
FH-21		X	28+890	FH-45		X	35+400
FH-22	X		28+890	FH-46		X	35+820
FH-23	X		28+890	FH-47	X		36+160
FH-24	X		28+890	FH-48		X	36+800

**TABLA 3. LISTA DE MUESTRAS PETROGRAFICAS Y BIOESTRATIGRAFICAS ANALIZADAS.**

## **FORMACION NAPO**

Para esta formación se analizaron las muestras de areniscas FH-9, FH-13, FH-14 y FH-17.

Del análisis de las muestras, se observa (fig. 7a) que existe cuarciarenita pura, sublitarenita, litarenita silíceas y extra-litarenita (extra-calcarenita ferruginosa).

Se determinó gran cantidad de material silíceo en las muestras. En la figura 7b, la mayoría de las muestras se ubican en el área de reciclado cuarzoso. El resultado permite establecer un área fuente de reciclados de origen cratónico

## **FORMACION TENA**

En la formación Tena se analizaron las muestras FH-2, FH-22, FH-24, FH-25, FH-26, FH-28 y FH-31.

Del análisis de las muestras, se observa (fig. 8a) que cinco son litarenitas calcáreas (incluida una calcarenita) y dos son extra-litarenitas (incluida una extra-chertarenita calcárea).

En la figura 8b la mayoría de las muestras se ubica en el área de reciclado transicional. El cuarzo y el cemento silíceo, evidencian que la fuente sedimentaria es

la Cordillera Real; efectos de la Orogenia Andina sobre el margen continental sudamericano.

### **FORMACION TIYUYACU**

Para esta formación se analizaron las muestras FH-35, FH-36, FH-37 y FH-39.

Del análisis de las muestras, se observa (fig. 9a) que dos son sublitarenitas, una litarenita (chertarenita) y una extra-chertarenita ferruginosa.

El cuarzo lechoso, chert y cemento silíceo, evidencian que la fuente principal constituía el complejo ígneo-metamórfico de la cordillera Real (Orógeno reciclado).

### **FORMACION VOLCANOCLASTICA SIN NOMBRE**

En esta formación se analizaron las muestras FH-41, FH-42, FH-43 y FH-44.

Del análisis de las muestras, se determinó (fig. 10a) una arcosa, una extra-litiarcosa y dos extra-arcosas.

En estas muestras el 50% de los materiales provienen de la erosión del basamento levantado y el resto de arco magmático disectado (fig. 10b).

## **FORMACION CHALCANA**

Para esta formación se analizó la muestra FH-47 (fig. 11a), ésta es una litarenita calcárea.

En esta muestra el sedimento es un reciclado transicional, teniendo como área fuente los materiales provenientes de la cordillera Real.

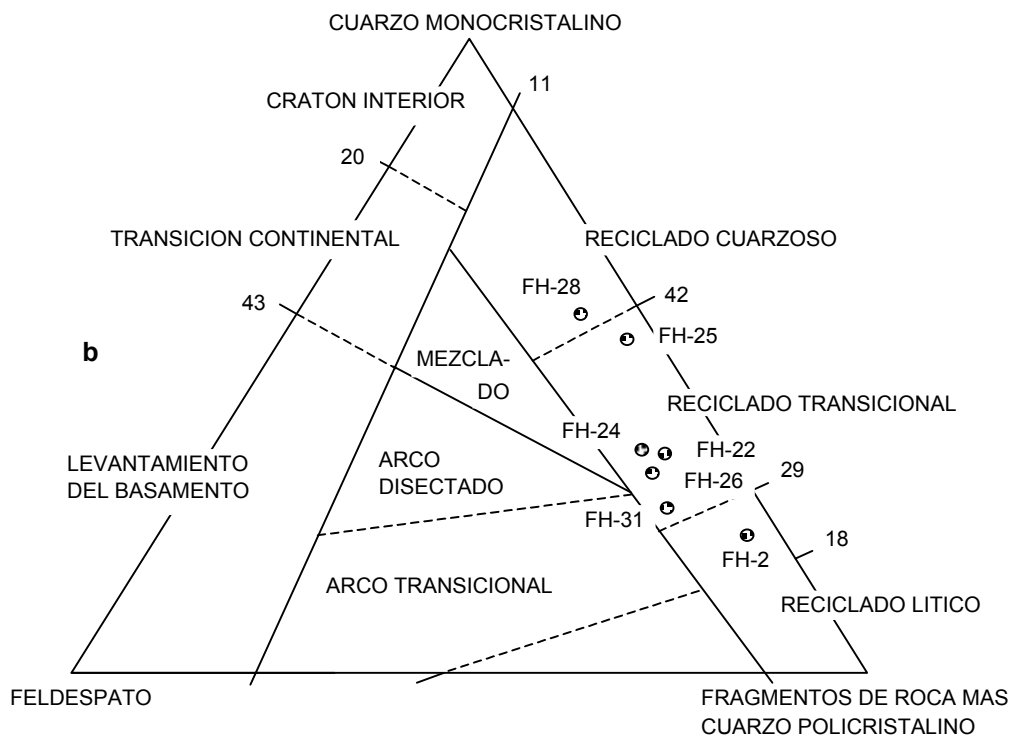
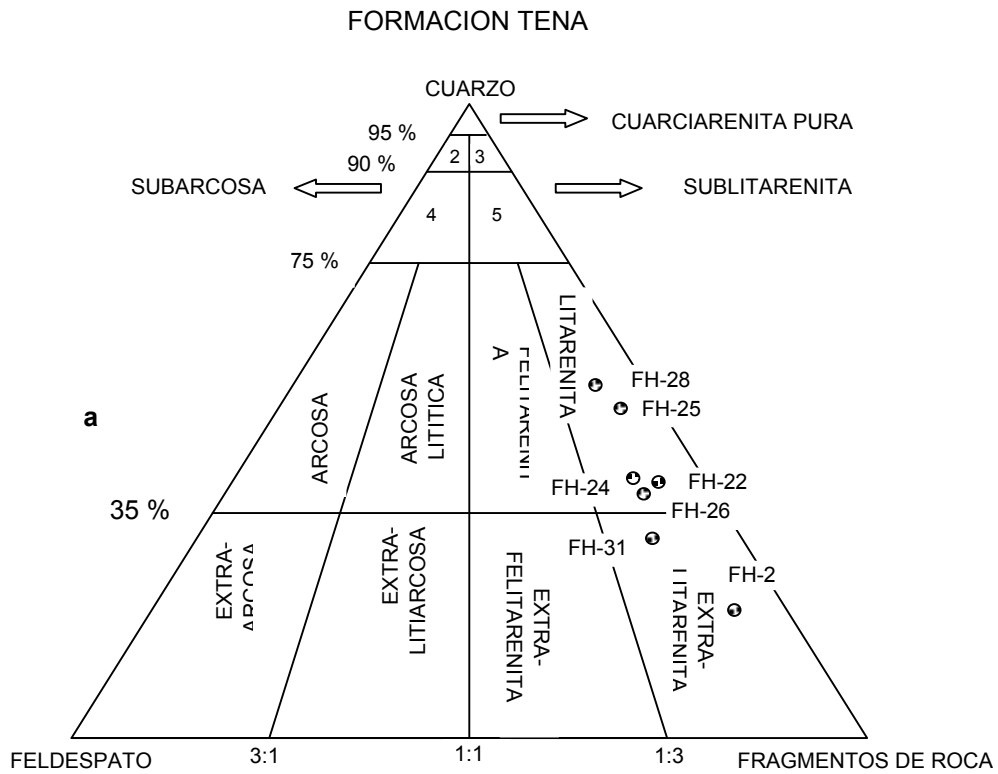


FIG. 8 a) Diagrama de Chen y b) diagrama de Dickinson, indicando donde caen las muestras de la formación Tena.

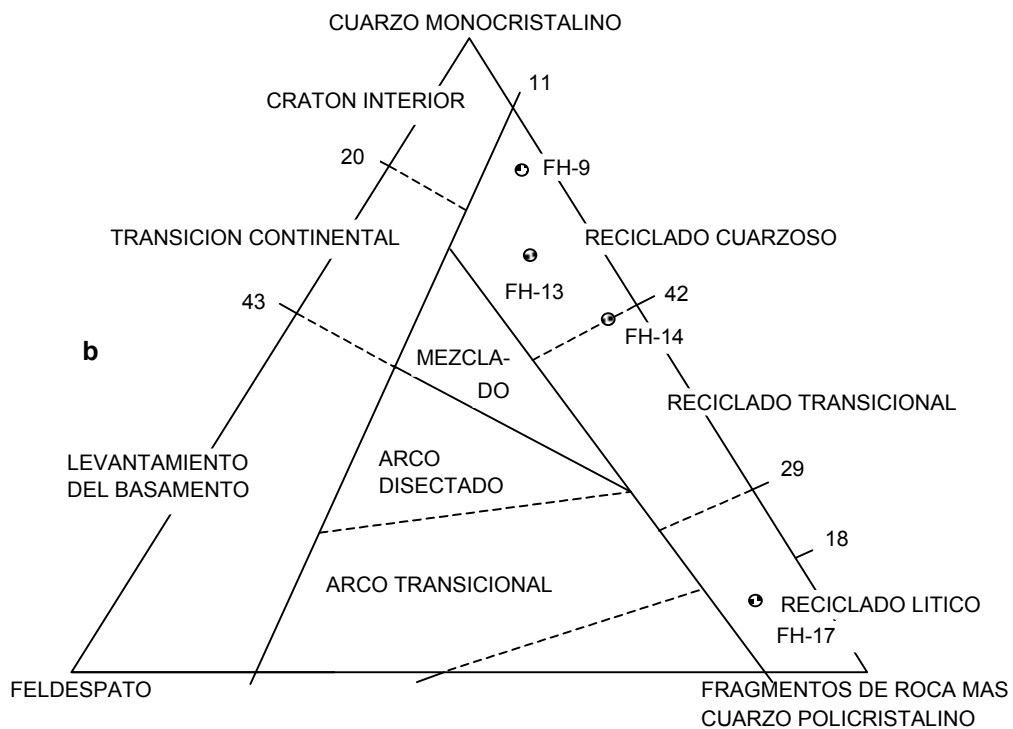
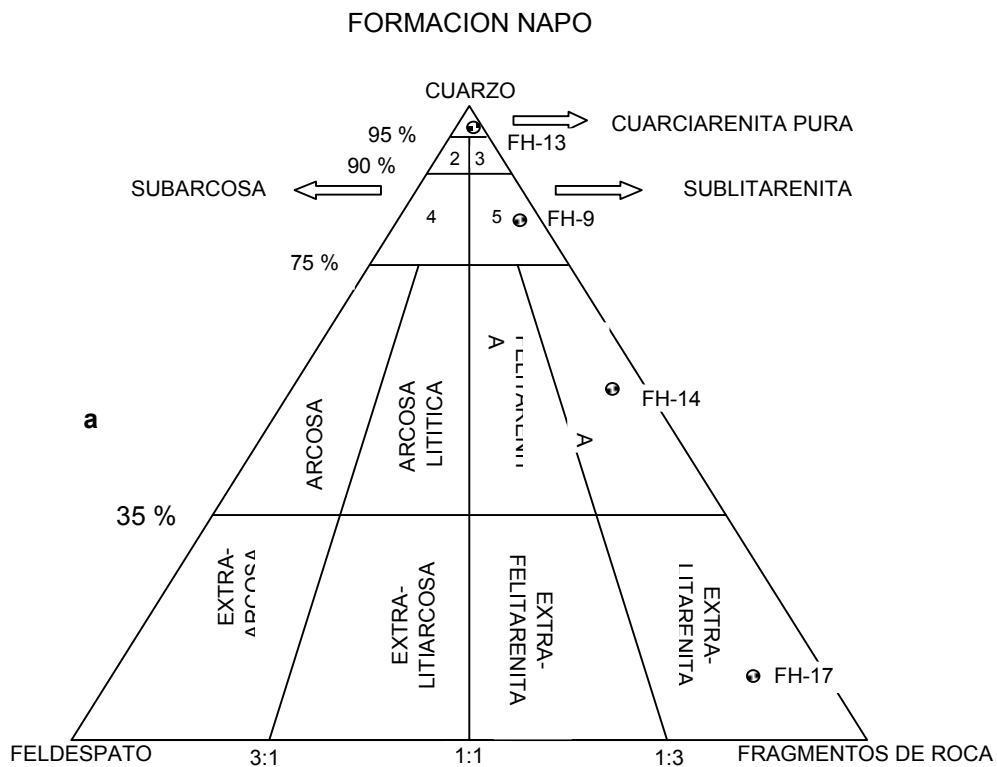


FIG. 7 a) Diagrama de Chen y b) diagrama de Dickinson, indicando donde caen las muestras de la formación Napo.



### FORMACION TIYUYACU

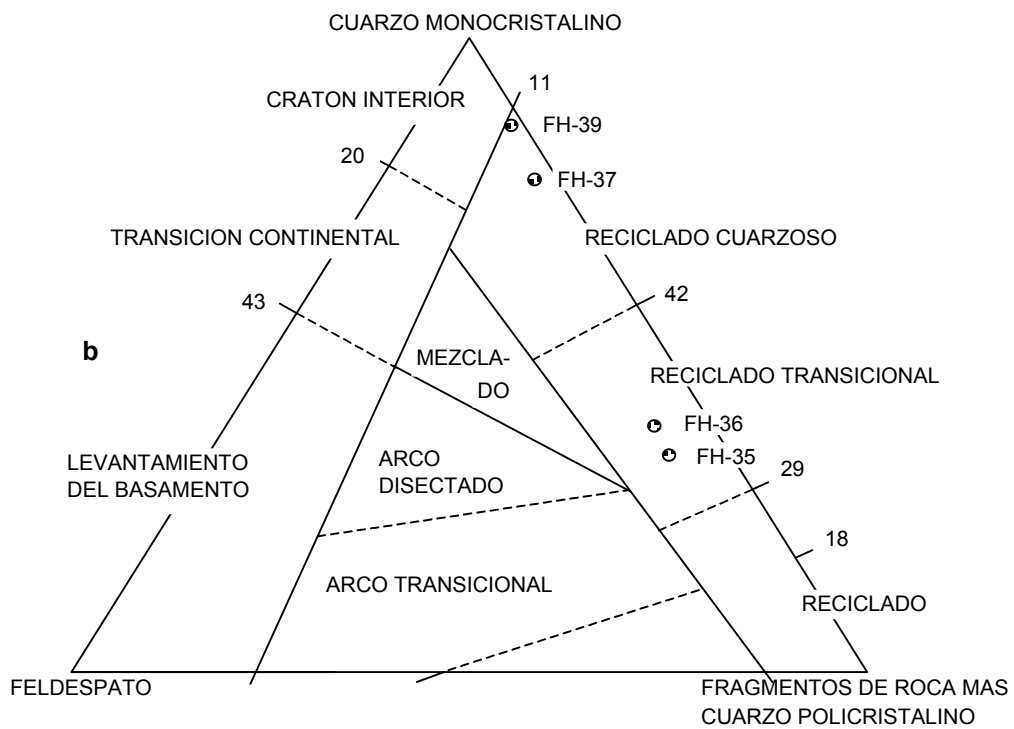
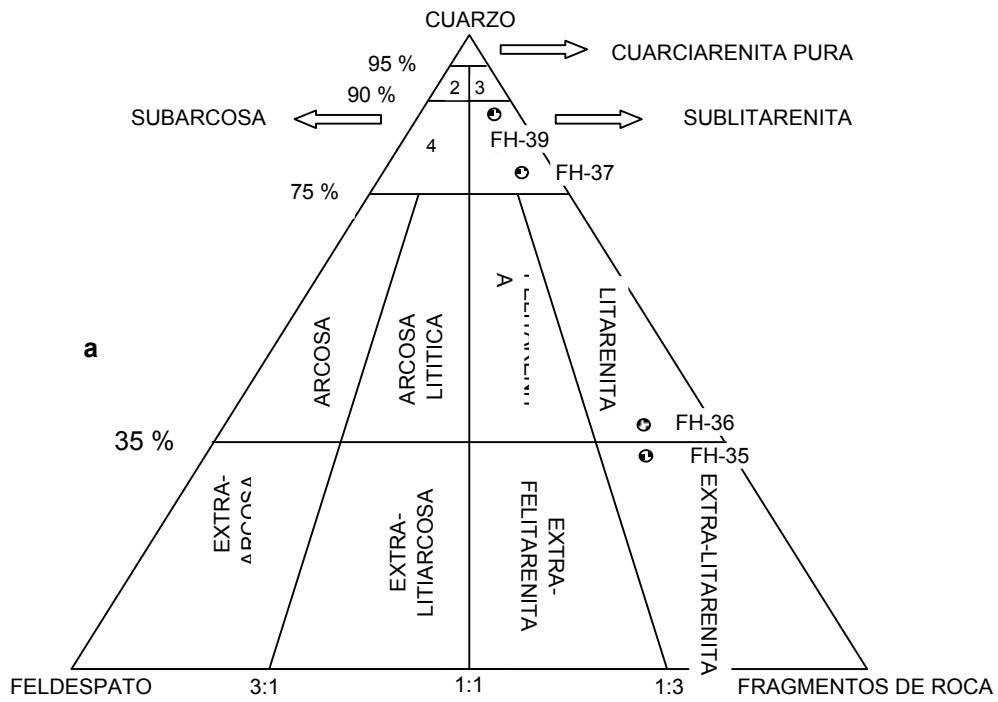


FIG. 9 a) Diagrama de Chen y b) diagrama de Dickinson, indicando donde caen las muestras de la formación Tiyuyacu.

FORMACION VOLCANO-CLASTICA SIN NOMBRE

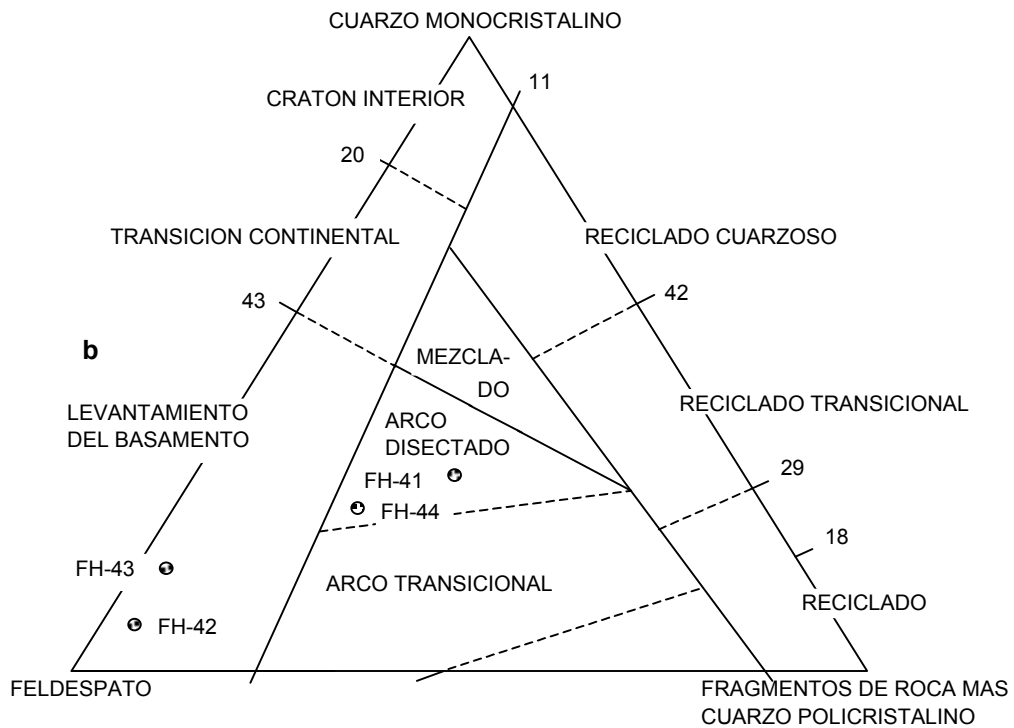
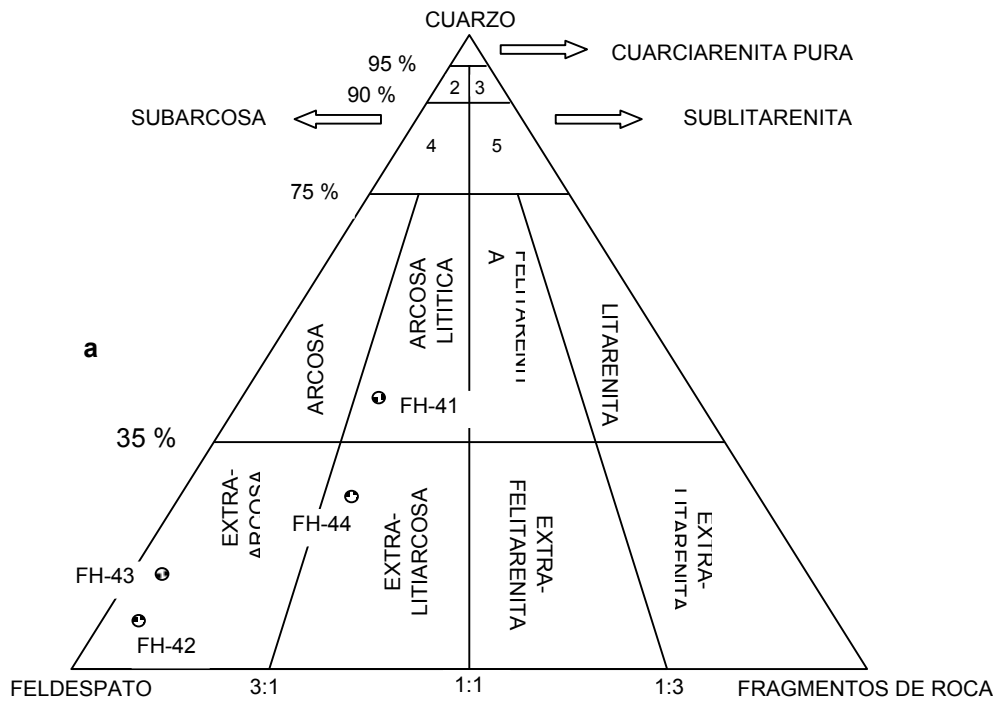


FIG. 10 a) Diagrama de Chen y b) diagrama de Dickinson, indicando donde caen las muestras de la formación Volcano-clástica sin nombre.

FORMACION CHALCANA

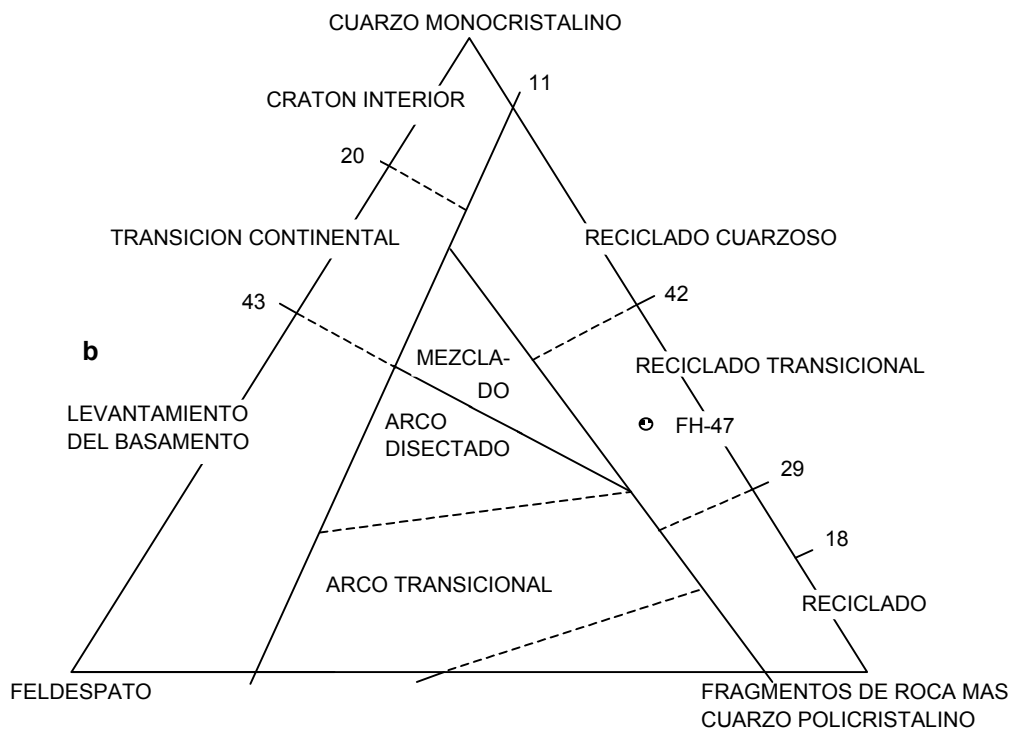
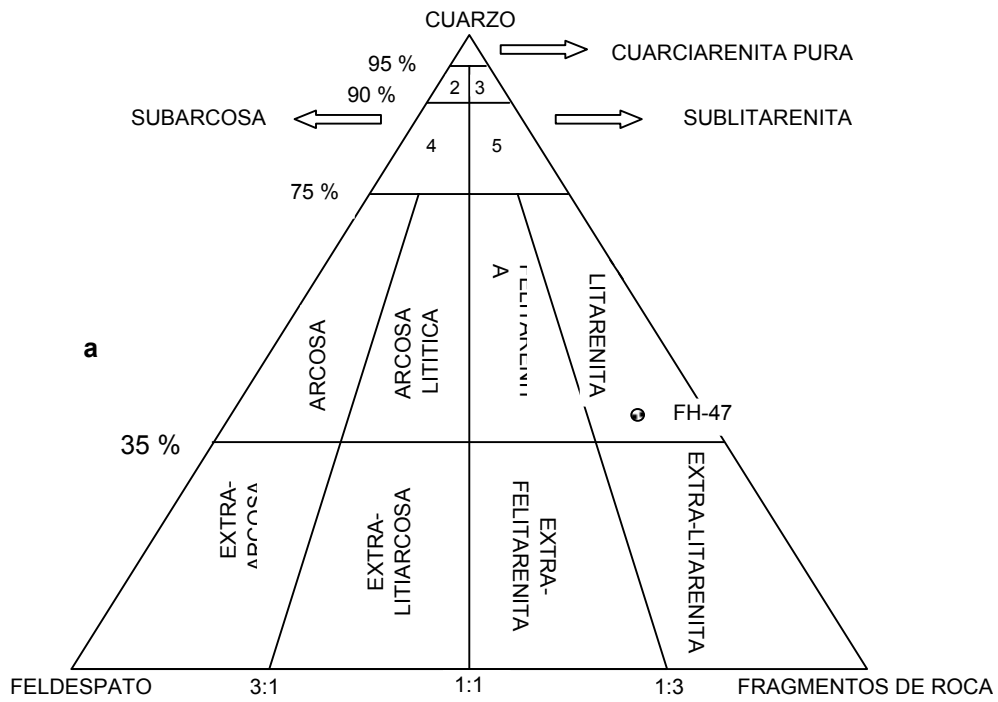


FIG. 11 a) Diagrama de Chen y b) diagrama de Dickinson, indicando donde cae la muestra de la formación Chalcana.

### 4.3. ANALISIS BIOESTRATIGRAFICO

Para realizar el análisis bioestratigráfico se tomaron 22 muestras para micropaleontología (tabla 3) y una muestra de macrofósiles ubicada en el kilómetro 23+780 (foto 5).

El estudio y la determinación se los realizó con la ayuda de los Paleontólogos de LABOGEO-Guayaquil: **Dra. Martha Ordóñez y Geólogo Italo Zambrano** (determinación de foraminíferos), **Ing. Nelson Jiménez** (determinación de nanofósiles y ostrácodos).

De las muestras analizadas sólo tres contuvieron microfósiles (FH-5, km 23+480; FH-12, km 25+770; FH-29, km 29+520) y el resto resultaron estériles.

## ANÁLISIS DE LA MUESTRA FH-5 (Formación Napo)

En la muestra FH-5, se reconocieron foraminíferos planctónicos (de *Evansella* y *Elphidium* enrollados) y foraminíferos bentónicos (*Ammonia*).

Así como a los foraminíferos, se reconocieron ostrácodos (*Brachycthere*).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

**FOTO 5. MACROFOSILES PRESENTES EN LA PARTE SUPERIOR DE CALIZAS DEL MIEMBRO NAPO MEDIO (*Inoceramus*, *Gasterópodos* y otros).**

Entre los ostrácodos se reconocieron: *Brachycthere* sp. (Cretácico superior).

### ANÁLISIS DE LA MUESTRA FH-5 (Formación Napo)

En la muestra FH-5, se reconocieron foraminíferos plantónicos (de forma biserial y enrollados) y foraminíferos bentónicos (aglutinados y calcáreos). La microfauna incluye a los foraminíferos plantónicos: **Heterohelix globulosa** (Campaniano-Maastrichtiano inferior), **Heterohelix cf morenami** (Albiano superior-Turoniano medio), **Heterohelix aff reussi** (Turoniano medio-Campaniano), **Gumbelina pseudotessera** (Cretácico superior), **Gumbelina pulchra** (Cretácico superior), **Gumbelina glabrans** (Cretácico superior), **Whiteinella inornata** (Turoniano medio-Santoniano), **Whiteinella báltica** (Cenomaniano superior-Santoniano inferior), **Hedbergella delrioensis** (Neocomiano medio-Santoniano inferior), **Claviedbergella simplex** (Cenomaniano-Santoniano medio), **Dicarinella sp** (Cenomaniano superior-Campaniano), **Globigerinelloides sp** (Aptiano inferior-Maastrichtiano); los foraminíferos bentónicos: **Ammobaculitis colombianus** (Cretácico superior), **Ammobaculitis coprolithiformis** (Cretácico superior); **Cibicides subcarinatus** (Cretácico superior). Los ostrácodos: **Brachycythere sp** (Cretácico superior), **Brachycythere sapucariensis** (Senoniano), **Brachycythere cf angulata** (Senoniano), **Darwinula sp** (Cretácico superior), **Darwinula cf fuvelensis** (Senoniano), **Buntonia sp** (Cretácico superior), **Buntonia cf sagunata** (Senoniano). Los nanofósiles: **Watznaueria barnesae** (Neocomiano-Maastrichtiano), **Coccolithus paenepelagicus** (Neocomiano-Maastrichtiano), **Eiffelithus turriseiffelli** (Albiano

superior-Maastrichtiano), **Arnaugelisnella sp** (Cretácico superior), **Zyolithus cf stenopous** (Cenomaniano-Campaniano). La asociación de esta microfauna (tabla 4) indica una **edad del Turoniano medio al Santoniano inferior**. Pero por numerosos análisis realizados por especialistas de Labogeo-Guayaquil, se reconoce que el miembro Napo superior es de edad **Santoniano inferior**. También se encontraron fragmentos de espículas de equinodermos por lo que se deduce un paleoambiente marino somero de salinidad normal. Confirmándose que esta muestra corresponde al miembro Napo superior.

#### **ANALISIS DE LA MUESTRA FH-12 (Formación Napo)**

Esta muestra sólo contuvo el foraminífero planctónico enrollado **Ammobaculites colombianus** (Cretácico superior). Los ostrácodos: **Brachycythere sapucariensis** (Senoniano), **Cytherioza sp** (Cretácico superior). No se encontró nanofósiles. La asociación de los microfósiles indica una **edad de Cretácico superior** y un paleoambiente marino somero, correspondiendo a la formación Napo.

#### **ANALISIS DE LA MUESTRA FH-29 (Formación Tena)**

Al analizar esta muestra se encontró el único microfósil calcáreo: **Oogonio de carofita porochara** (Carbonífero superior-Eoceno inferior) y los nanofósiles: **Watznaueria barnesae** (Neocomiano-Maastrichtiano), **Coccolithus paenepelagicus**

(Neocomiano-Maastrichtiano), **Eiffellithus sp** (Cretácico superior), **Arkhangelsniella sp** (Cretácico superior). La asociación de los microfósiles indica una **edad Neocomiano-Maastrichtiano** y un paleoambiente de agua dulce. Correspondiendo esta muestra a la formación Tena, cuya edad por posición estratigráfica es **Maastrichtiana**.



Edad	Foraminíferos	
	Plantónicos y	Bentónicos
		Heterohelix globulosa
		Heterohelix pseudotessera
		Heterohelix pulchra
		Heterohelix glabrans
		Heterohelix cf morenami
		Heterohelix aff reussi
		Whiteinella baltica
		Whiteinella inornata
		Dicarinella sp
		Globigerinelloides sp
		Hedbergella delrioensis
		Hedbergella aff planispira
		Claviedbergella simplex
		Ammobaculitis coprolithiformis
		Cibicides subcarinatus

TABLA 4. DISTRIBUCION DE FORAMINIFEROS PLANTONICOS Y BENTONICOS DEL CRETACICO, MUESTRA FH-5. FORMACION NAPO.

#### **4.4. ANALISIS SECUENCIAL**

Para el análisis secuencial se sigue el concepto de Lombard (1956), donde una secuencia litológica <<es una serie de al menos dos términos litológicos formando una sucesión natural, sin otra interrupción importante que la de los planos de estratificación>>. Además, denominó como una secuencia positiva a la secuencia granodecreciente (señalada en las columnas por una flecha que se inclina a la derecha); mientras que, la secuencia negativa corresponde a una secuencia granocreciente (señalada en las columnas por una flecha que se inclina hacia la izquierda).

Por su dimensión (Corrales et al, 1976), distinguen las microsecuencias (a escala del milímetro), las macrosecuencias (a escala del centímetro al metro), y las megasecuencias (a escala de las decenas de metros).

Es necesario mencionar que por razón de la escala utilizada para el mapeo geológico (1:3.000), no se podía graficar capas de tamaño menor a tres metros, por lo tanto, de lo que se puede hablar es de paquetes de capas, dentro de los cuales se incluyen estas capas menores.

En las columnas estratigráficas, cuando se presentan alternancias de capas menores a tres metros, solo se dibuja la litología que más predomina. Teniendo en cuenta este

detalle, al realizar el análisis secuencial se van a presentar secuencias de diferente orden. Esto quiere decir que las secuencias que se muestran son principalmente de segundo orden, luego de tercer orden, y solamente cuando las capas de la secuencia son mayores a tres metros serán de primer orden.

### **FORMACION CHAPIZA**

En la figura 12, se encuentra la columna de una parte de la formación Chapiza levantada en el campo a 800 m al Este de Santiago. Las dos primeras secuencias de unos 50 cm cada una son positivas, ya que empiezan con limolitas y terminan en las lutitas laminadas verdes, la tercera también de unos 50 cm, en cambio es negativa; pero si se considerara los 1,6 primeros metros como una sola secuencia, esta sería negativa puesto que las capas de limolita son estratocrecientes. Luego de la arenisca de 0.2 m de espesor, continúa una macrosecuencia negativa de lodolita, limolita y arenisca. Las secuencias negativas dan una pauta de la ocurrencia de regresión que es típica en la formación Chapiza.

### **FORMACION NAPO**

Entre el kilómetro 23+480 y el 24+770 (fig. 16 y 17) sólo se observan facies de calizas micríticas y de lutitas negras, siendo la mayoría del material del mismo tamaño (sumamente fino), que no permite establecer secuencias. Aquí se podría hacer

un estudio de análisis muy detallado que tendría algunas dificultades debido a los malos afloramientos.

En general, en la formación Napo no fue posible determinar secuencias, ya sea por los malos afloramientos y predominancia de lutitas negras sobre cualquier otro material litológico presente.

### **FORMACION TENA**

Del kilómetro 22+000 al 22+240 (fig. 13 y 14), se encuentran macrosecuencias y megasecuencias positivas, principalmente de areniscas y de arcillolitas rojas, aunque a veces pasando por alguna limolita o lodolita, lo que indica que las secuencias empiezan por depósitos arenosos y terminan con depósitos arcillosos, pasando en ocasiones por depósitos lodosos (lodolita).

En general la formación Tena presenta mayormente secuencias positivas de areniscas, limolitas y arcillolitas, donde en muchos casos no se ha podido determinar secuencias por la predominancia de las arcillolitas sobre los otros materiales presentes.

En las figuras 34 y 35 (km 28+890), se muestra la columna obtenida en la base de la formación Tena, donde se determinaron macrosecuencias generalmente positivas a excepción de la más inferior, que se trata de una macrosecuencia negativa seguramente señalando una regresión.

## **FORMACION TIYUYACU**

La primera aparición de la formación Tiyuyacu se da entre el kilómetro 22+240 al 23+330 (fig. 14, 15 y 16). Una megasecuencia conglomerática, desde el kilómetro 22+240 al 22+390 es positiva, puesto que los clastos cuarzosos del conglomerado en la parte inferior tienen un diámetro de 5 centímetros y disminuyen hacia el tope de la secuencia con clastos pequeños de 1 centímetro o menos, indicando claramente la disminución de energía hacia el final, donde termina con una capa de arcillolita. Luego desde el kilómetro 22+390 al 22+670, se observa una megasecuencia positiva de granos más finos (arenicas grises y arcillolitas rojas). Finalmente entre el kilómetro 22+670 al 22+800 se encuentra otra megasecuencia positiva, que empieza con depósitos de conglomerados y termina con arcillolitas rojas.

Las tres secuencias pertenecerían al miembro Tiyuyacu inferior (Benítez et al, 1996).

La segunda aparición de la formación Tiyuyacu se da entre los kilómetros 32+270 al 34+190 (fig. 24 a 28), donde existen megasecuencias positivas, pero hay que tener en cuenta las escamas tectónicas alternantes en este sitio de las formaciones Tiyuyacu y Tena.

### **FORMACION ORTEGUAZA**

Entre el kilómetro 34+190 y el 34+890 (fig. 29) se encuentran tres megasecuencias, todas negativas de la formación Orteguaza, donde las dos primeras secuencias empiezan por lutitas negras laminadas y terminan en areniscas de grano bien fino y la última contiene lutita negra laminada, limolita negra y arenisca de grano bien fino.

### **FORMACION VOLCANOCLASTICA SIN NOMBRE**

Entre el kilómetro 34+890 y 35+210 (fig. 29, 30 y 31) empiezan las capas de areniscas volcánicas, de donde se pudieron obtener tres secuencias, las dos primeras positivas y la tercera negativa. Las secuencias contienen arcillolitas rojas, areniscas volcánicas de grano grueso (anguloso), y conglomerado de cuarzo de matriz arenosa con fragmentos de sílice.

### **FORMACION CHALCANA**

Desde el kilómetro 35+210 al 37+080 (fig. 31, 32 y 33), se encuentran megasecuencias de la formación Chalcana, todas positivas de un medio continental. En ciertas partes no se pudo realizar el mapeo por encontrarse estos sectores cubiertos en superficie.

## **4.5. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS DE LAS FORMACIONES**

### **CRETACICO-TERCIARIAS**

En las columnas estratigráficas, se pueden apreciar las capas donde se efectuó el muestreo tanto petrográfico como bioestratigráfico, así como su ubicación con respecto a la población de Santiago. Además se presentan detalles de la historia de sedimentación, por lo cual, las columnas necesitaron de los análisis expuestos en este Capítulo IV, para una mejor definición.

#### **4.5.1. COLUMNAS ESTRATIGRAFICAS OBTENIDAS DEL MAPEO**

##### **GEOLOGICO**

De la figura 13 a la 33 se muestran las columnas estratigráficas obtenidas a partir del mapeo geológico (escala 1:3000), trazando líneas perpendiculares a las capas y utilizando el buzamiento verdadero, para así obtener espesores verdaderos.

##### **FORMACION NAPO**

En el kilómetro 23+320 (fig. 16) se encuentra un contacto tectónico Tiyuyacu-Napo. En este punto pasa la gran falla de retrocorrimiento observada en la figura 74.

La formación Napo que aparece entre los kilómetros 23+320 al 24+770 (fig. 16 y 17), está compuesta de arenisca de grano fino de color gris-verdoso, intercalaciones de areniscas métricas con bioturbaciones en la parte superior, limolitas arenosas verdes a

gris, lutitas decimétricas negras, lutitas negras intercaladas con calizas micríticas, lutitas laminadas de color negro con capas decimétricas de calizas que parecen lenticular, caliza micrítica de color blanco-hueso. El espesor medido en la columna estratigráfica es de 56 m (km 23+320 al 23+480; fig. 16) correspondiendo este tramo al miembro Napo superior, la asociación de los fósiles de la muestra FH-5 (km 23+480) proporciona una edad de Turoniano medio a Santoniano inferior y un paleoambiente marino somero de salinidad normal, confirmándose así que se trata del miembro Napo superior. Pero por diversos estudios anteriores se sabe que es Santoniano inferior. Desde el kilómetro 23+480 al 24+770 (fig. 16 y 17) se observa el miembro Napo medio con un espesor medido en la columna estratigráfica de 154 m.

La formación Napo desde el kilómetro 24+990 hasta el 26+990 (fig. 17 y 18), presenta afloramientos de arenisca cuarzosa de grano muy fino, lutita negra laminada con intercalaciones de capas decimétricas de caliza aproximadamente cada dos metros, lutita negra laminada con bloques métricos de caliza, intercalaciones de paquetes decimétricos de lutita negra deleznable en capas centimétricas, limolita arcillosa no calcárea en capas decimétricas de color gris a negro y lutita limosa negra en capas centimétricas. Es necesario mencionar que la formación Napo en este trayecto tiene algunas capas que se repiten en superficie ya que se disponen en forma de pliegues, motivo por el cual no afloran todas las capas (fig. 72). El espesor medido en la columna estratigráfica (sólo el aflorante y que no se repite) es de 80 m entre los



kilómetros 25+350 y 25+550 (fig. 18) y de 180 m entre los kilómetros 26+220 y 26+990, dando un total de 260 m, que correspondería al miembro Napo superior. Al analizar la muestra bioestratigráfica FH-12 (km 25+770; fig. 18), sólo se encontró el foraminífero plantónico enrollado **Ammobaculites colombianus** (Cretácico superior). Los ostrácodos: **Brachycythere sapucariensis** (Senoniano), **Cytherioza sp** (Cretácico superior). No se encontró nanofósiles. La asociación de los microfósiles indica una **edad de Cretácico superior** y un paleoambiente marino somero, correspondiendo a la formación Napo.

La última vez que aparece la formación Napo se da entre el kilómetro 28+340 al 28+890 (fig. 19). Debido a que las capas se encuentran plegadas, esta parte de la formación Napo se repite en la columna, por lo que el espesor medido en la parte aflorante y que no se repite es de 170 m (km 28+340 al 28+610; fig. 19), que corresponde al miembro Napo superior. Aquí se observaron buenas características petrolíferas (las lutitas negras se presentaron muy bituminosas, con fuerte olor a hidrocarburos). Más prueba de esto se da con el análisis petrográfico en la base de Tena, donde la muestra petrográfica FH-25 presentó un porcentaje de material bituminoso del 16,16%.

La sección más importante de la formación Napo (km 23+480 al 26+990; fig. 72), tiene un espesor de 414 m, representando el 102% aflorante del espesor de la

formación Napo en comparación con el pozo Cangaime-1 (situado pocos kilómetros al Noreste de la zona de estudio), donde la formación Napo alcanza 407 m de espesor, ésto confirma que la formación Napo aumenta hacia el Sur, más aún si se tiene en cuenta que su equivalente en el Perú, que es la formación Chonta alcanza espesores de 700 a 1000 m.

### **FORMACION TENA**

Desde el inicio del mapeo geológico (km 22+000) hasta el kilómetro 22+240 (fig. 13 y 14), aparece la formación Tena, la cual consta de arcillolitas rojas con capas métricas de arenisca de grano fino, capas métricas y decimétricas de limolita arcillosa y lutitas verdosas; arenisca de grano fino, porosa gris, con granos de cuarzo y calcita, con clastos de arcilla; lodolita verde; arenisca gris con meteorización esferoidal en la base y capas decimétricas en el tope; arcillolita roja con bioturbaciones arcillosas de color verde. En el kilómetro 22+240 está el contacto algo discordante entre la formación Tena y la Tiyuyacu, donde se observan estructuras de base de estrato, tales como calcos de herradura (crescent cast), que indican un sentido de corriente hacia el Sureste. El espesor medido de la columna estratigráfica de este tramo de la parte superior de Tena es de 106 m (fig. 13 y 14).

En el tramo comprendido entre el kilómetro 24+770 al 24+990 (fig. 17), se encuentra un bloque invertido de arcillolitas con areniscas calcáreas de la formación Tena,

limitado por capas de la Napo (fig. 71). El espesor medido de la columna estratigráfica es de 80 m.

Entre el kilómetro 26+990 y el 28+340 (fig. 71), se encuentra también la formación Tena, compuesta de arcillolitas rojas métricas intercaladas con limolitas métricas, de color gris rojizo; arenisca calcárea de grano muy fino de color café rojizo con minerales de cuarzo, calcita y sulfuros de hierro. Estando en ambos extremos en contacto discordante con la formación Napo. Hay que notar que entre el kilómetro 26+990 y el 27+400 (fig. 71) se repite la formación Tena a ambos lados de la carretera. El espesor de la columna estratigráfica se midió desde el kilómetro 27+400 al 28+340 (fig. 18 y 19) dando 580 m.

Finalmente la formación Tena aparece entre el kilómetro 28+890 al 32+270 (fig. 19 a 24), compuesta de limolita arenosa calcárea gris-rojiza, arcillolita roja con horizontes decimétricos de lodolitas verdes, arenisca limosa calcárea de color gris, lodolita calcárea de color gris-verdoso, con laminación cruzada y planar intercalada con arcillolita roja centimétrica. En la base de la Tena kilómetro 28+890 se tomaron cinco muestras petrográficas, donde se determinaron tanto intraclastos como fragmentos calcáreos provenientes desde fuera del medio, cuarzo tanto monocristalino como policristalino, calcita, cemento calcáreo y pirita. En todo caso parece que el medio de depósito en esta parte corresponde a una transición entre plataforma carbonatada y

continental fluvio-lacustre. El espesor medido de la columna estratigráfica entre el kilómetro 28+890 al 29+560 (fig. 19) es de 210 m y entre el kilómetro 29+880 al 32+270 (fig. 19 a 24) es de 578 m. La asociación de los microfósiles encontrados en la muestra FH-29 (km 29+520), indica una edad Neocomiano-Maastrichtiano, pero cuya edad por posición estratigráfica y por diversos análisis realizados en Labogeo-Guayaquil es maastrichtiana, con un paleoambiente de agua dulce, con lo cual se confirma que el ambiente de depositación de la formación Tena es continental fluvio-lacustre. En el kilómetro 32+270 se encuentra un nuevo contacto Tena-Tiyuyacu algo discordante.

La sección más importante de la formación Tena (km 28+890 al 32+270; fig. 74), donde se la observa completa tiene un espesor 788 m, representando el 133% aflorante de la formación Tena en comparación con el pozo Cangaime-1, donde la formación Tena tiene un espesor de 594 m, confirmándose así que la formación Tena aumenta de espesor hacia el Sur, teniendo en cuenta que su equivalente en el Perú, la formación Manseriche alcanza espesores de 300 a 1200 m.

Se corrobora en dos sitios (km 22+000 al 22+240; fig. 72) y (km 30+210 al 32+270; fig. 73) que el tope de la formación Tena tiene un desarrollo de areniscas muy importante, lo cual es algo que no se conoce en los pozos de la parte Norte de la cuenca.

## FORMACION TIYUYACU

La primera aparición de la formación Tiyuyacu está entre el kilómetro 22+240 al 23+320 (fig. 14, 15 y 16), correspondería al miembro Tiyuyacu inferior (Benítez et al, 1996), donde predominan los conglomerados sin estratificación en algunos casos, con gradación normal en otros y finalmente con estratificación cruzada tabular (Almeida, 1992). El espesor medido de la columna estratigráfica es de 594 m.

Entre el kilómetro 32+270 al 34+190 (fig. 24 a 28) aparece nuevamente la formación Tiyuyacu, compuesta de conglomerado de cuarzo lechoso, granodecreciente con clastos menor a 1 cm en la base y clastos de 5 a 8 cm hacia el tope; arenisca sucia (Grauwacka), intercalaciones métricas de arenisca, limolita y arcillolita, arcillolita roja con capas decimétricas de lodolita, limolita calcárea de color gris-verdoso, intercalaciones métricas de arcillolita roja con capas decimétricas de limolita gris-verdosa, arenisca limosa gris y brecha calcárea, arenisca masiva gris con capas centimétricas de conglomerado de clastos de cuarzo lechoso con diámetros menor o igual a 1 cm, que también pertenecería al miembro Tiyuyacu inferior (Benítez et al, 1996), pero también estaría presente el miembro Tiyuyacu medio ya que éste se caracteriza por una drástica disminución de los conglomerados, pasando a predominar los depósitos arcillosos y limosos. En este tramo (km 32+270 al 34+190; fig. 71), se observan escamas tectónicas y la sucesión estratigráfica de la parte basal donde se

encuentran los conglomerados está rota, por este motivo para el presente trabajo no se llegó a definir cual es la sucesión estratigráfica normal. El espesor aproximado de la columna estratigráfica en esta sección es de 852 m. En este sector la formación Tiyuyacu aflora en varias ocasiones en forma fragmentaria y en posición estructural diversa desde sub-vertical hasta sub-horizontal e incluso en posición invertida, lo que indica que se trata de escamas tectónicas por efecto del fallamiento compresivo (Comunicación personal del Dr. Stalin Benítez). Su edad no fue determinada en el laboratorio, pero está datada como Paleoceno - Eoceno medio.

En la sección más representativa de la formación Tiyuyacu (km 22+240 al 23+320; fig. 72), el espesor medido de la columna estratigráfica es de 594 m, representando el 85% aflorante de la formación Tiyuyacu que alcanza un espesor de 700 m hacia el Oeste. La disminución de la potencia de la formación Tiyuyacu hacia el Este de la cuenca, indica que el aporte sedimentario fue desde el Oeste (Cordillera Real), a través de Conos de deyección.

### **FORMACION ORTEGUAZA**

Datos puramente litológicos, hacen pensar que la formación Orteguaza se encuentra entre el kilómetro 34+190 y el 34+890 (fig. 29), puesto que de repente vuelven a aparecer lutitas laminadas negras diferentes a las de Napo (que son muy bituminosas), lo que hace pensar en un depósito de mar residual, presente en el Eoceno medio –

superior, que es el origen de la formación Orteguaza. La potencia medida en la columna estratigráfica es de 140 m, representa el 96% aflorante en comparación con el pozo Palo Rojo, perforado por la AMOCO, en el cual la formación Orteguaza tiene un espesor de 146 m.

### **FORMACION VOLCANOCLASTICA SIN NOMBRE**

Estos depósitos volcánicos mencionados entre el kilómetro 34+890 al 35+210 (fig. 29, 30 y 31), se encuentran antes de empezar la formación Chalcana; es decir que es un depósito entre la formación Orteguaza y la Chalcana, teniendo en cuenta que ninguna de estas dos formaciones tiene material de este tipo, y que recién en la formación Arajuno se habla de arcillas volcánicas tipo tobas y arcillas bentoníticas. En definitiva al no tener una completa seguridad de la formación a la que pertenecen estos depósitos, sólo se los menciona como formación volcanoclástica sin nombre. Para esta formación se analizaron las muestras FH-41 (km 35+040); FH-42 (km 35+070); FH-43 (km 35+100); FH-44 (km 35+160), resultando éstas: arcosa litítica, extra-arcosa, extra-litiarcosa. La composición de estas muestras fue principalmente fragmentos de roca volcánica, fragmentos de roca sedimentaria, cuarzos monocristalino y policristalino y minerales opacos. Su edad estaría comprendida entre el Oligoceno – Mioceno inferior. El aporte de los sedimentos es claramente por

erosión del Arco Volcánico Andino en vías de levantamiento. La potencia medida en la columna estratigráfica es de 213 m.

### **FORMACION CHALCANA**

Desde el kilómetro 35+210 al 37+080 (fig. 31 a 33), se encuentra la formación Chalcana. Es muy parecida a la formación Tena; pero en esta Chalcana sobresalen las arcillolitas abigarradas (que presentan diversos colores). En ciertas partes no se pudo realizar el mapeo por encontrarse estos sectores cubiertos en superficie. Su edad no fue determinada en el laboratorio en el presente trabajo, pero está datada como del Mioceno medio, con un ambiente de depositación continental. La potencia medida en la columna estratigráfica es de 507 m (hasta donde se mapeo).

#### **4.5.2. COLUMNA ESTRATIGRAFICA SINTETIZADA**

En la figura 36, se puede observar la columna estratigráfica sintetizada, obtenida como resultado del análisis estratigráfico realizado en este trabajo. Esta columna muestra un resumen estratigráfico de todas las formaciones que afloran en los 15 kilómetros del levantamiento geológico.



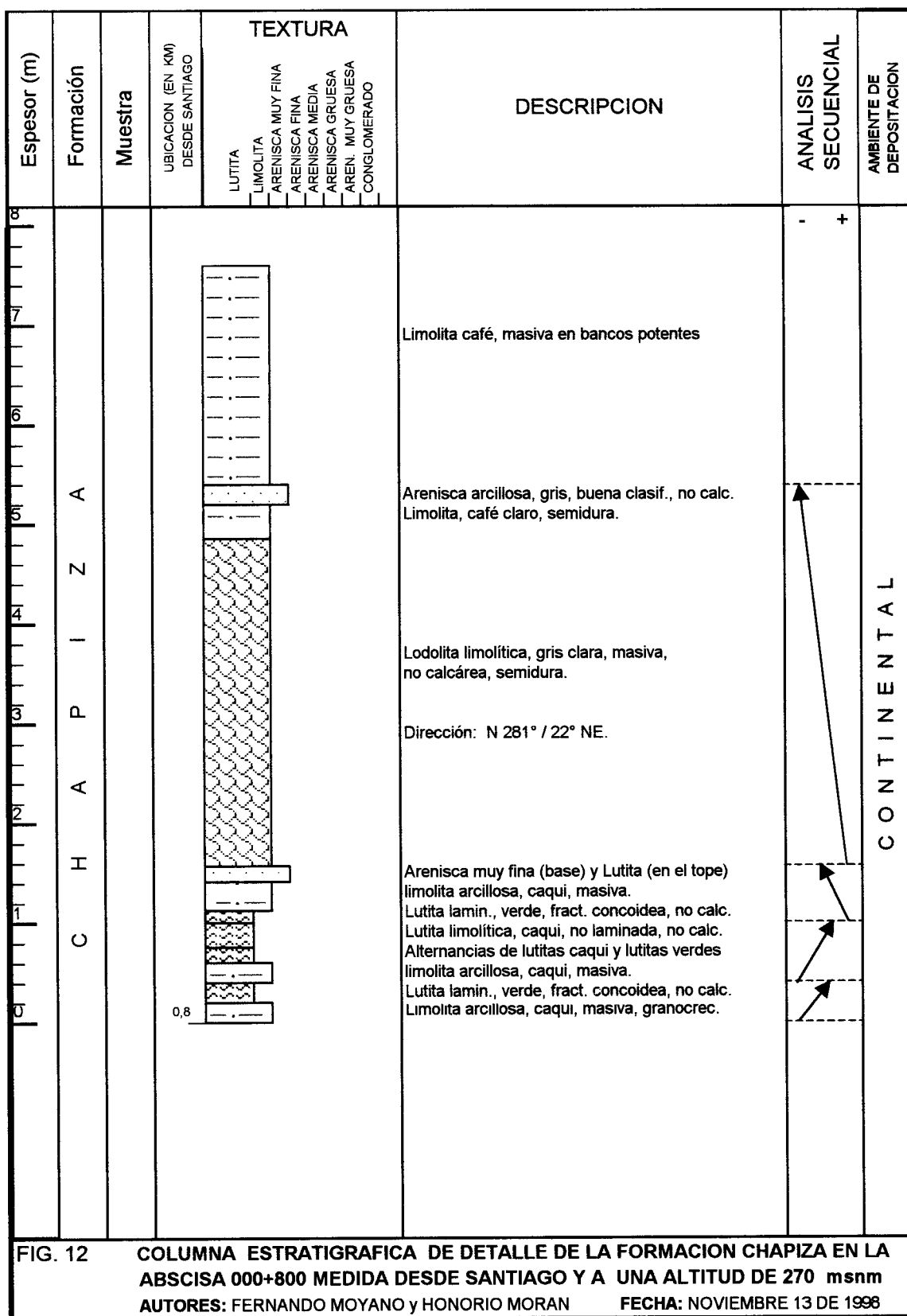
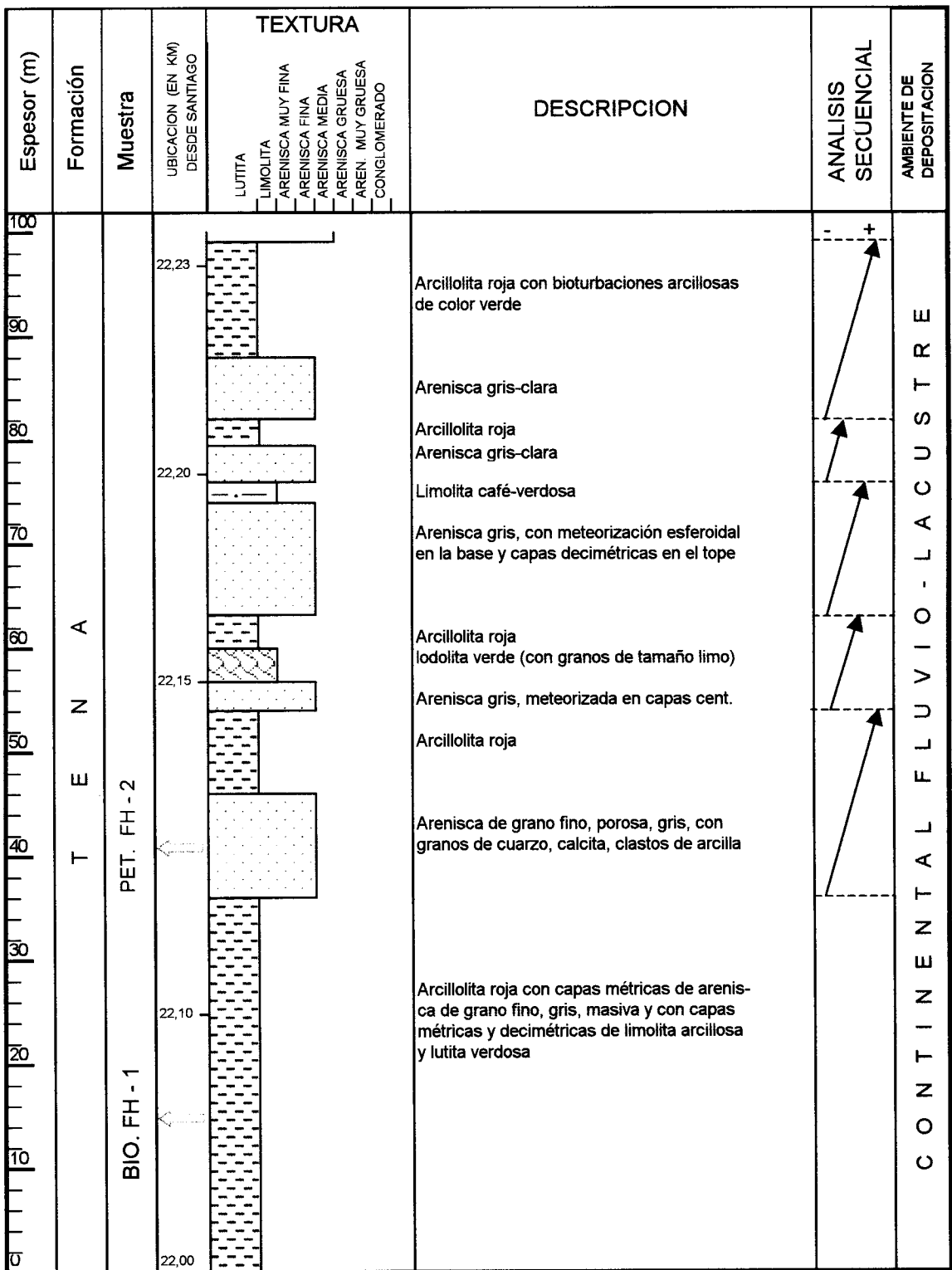
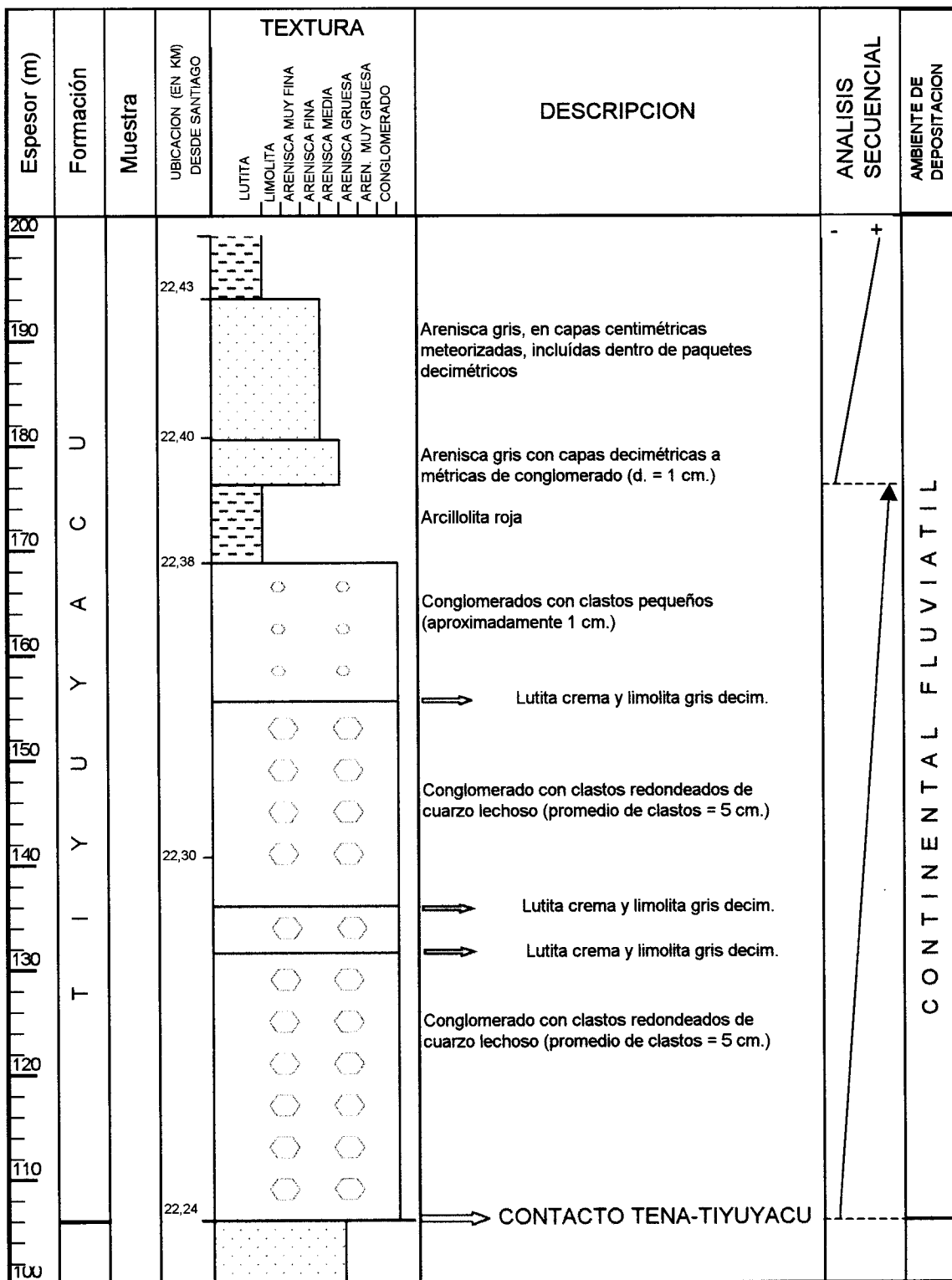


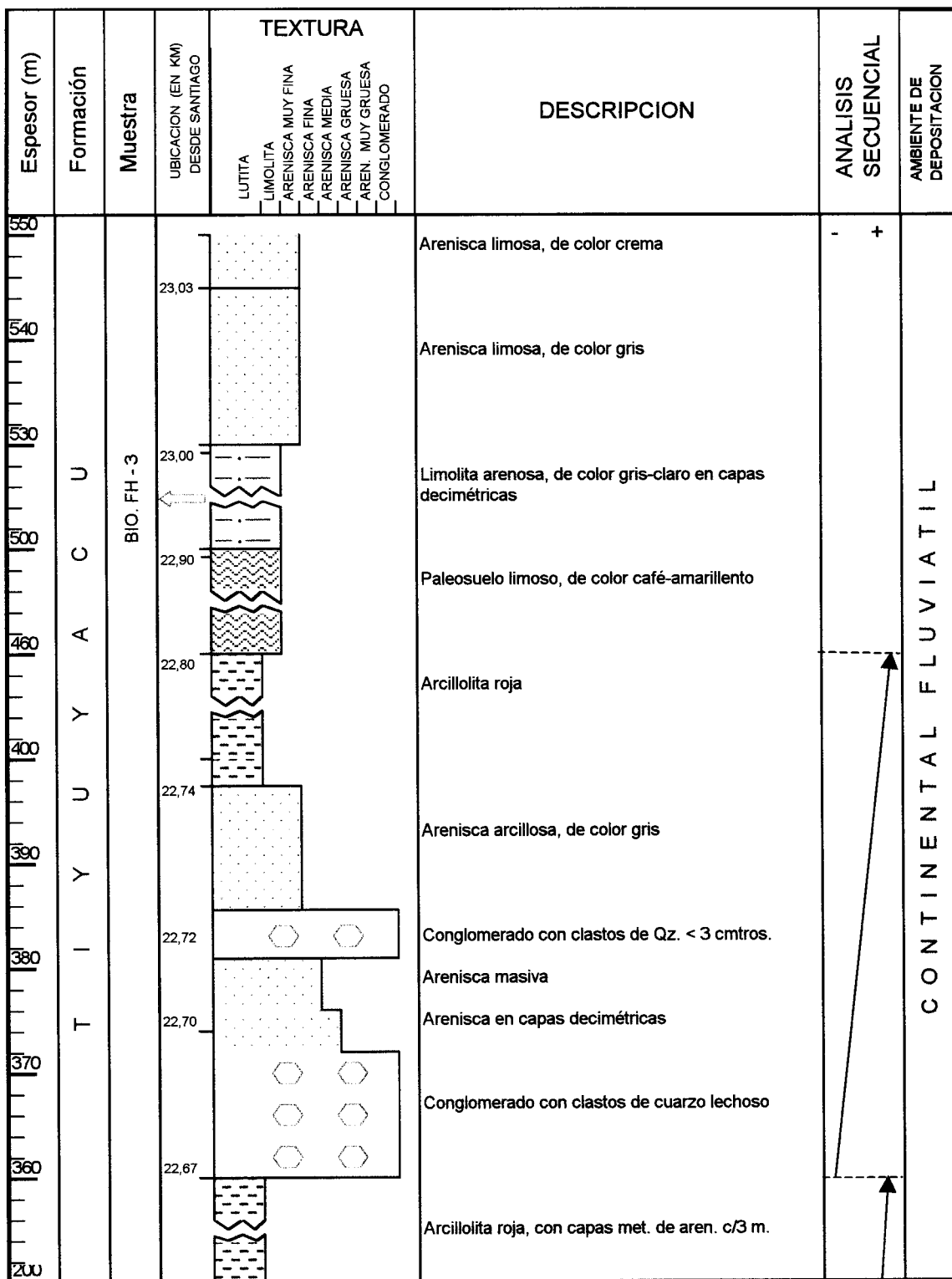
FIG. 12 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE DETALLE DE LA FORMACION CHAPIZA EN LA ABSCISA 000+800 MEDIDA DESDE SANTIAGO Y A UNA ALTITUD DE 270 msnm  
 AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN      FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



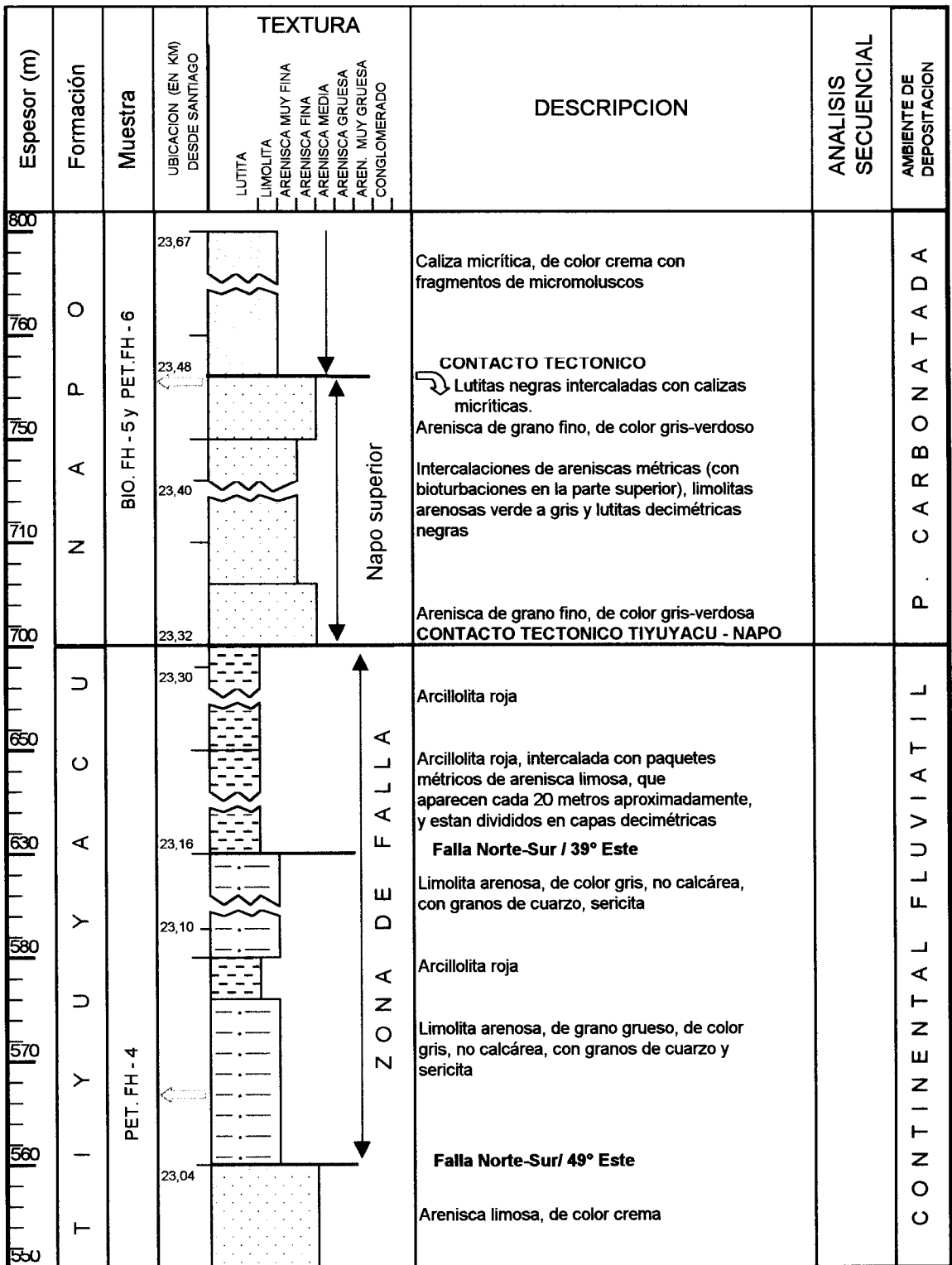
**FIG. 13 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TENA ENTRE LAS ABSCISAS 22+000 Y 22+234 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



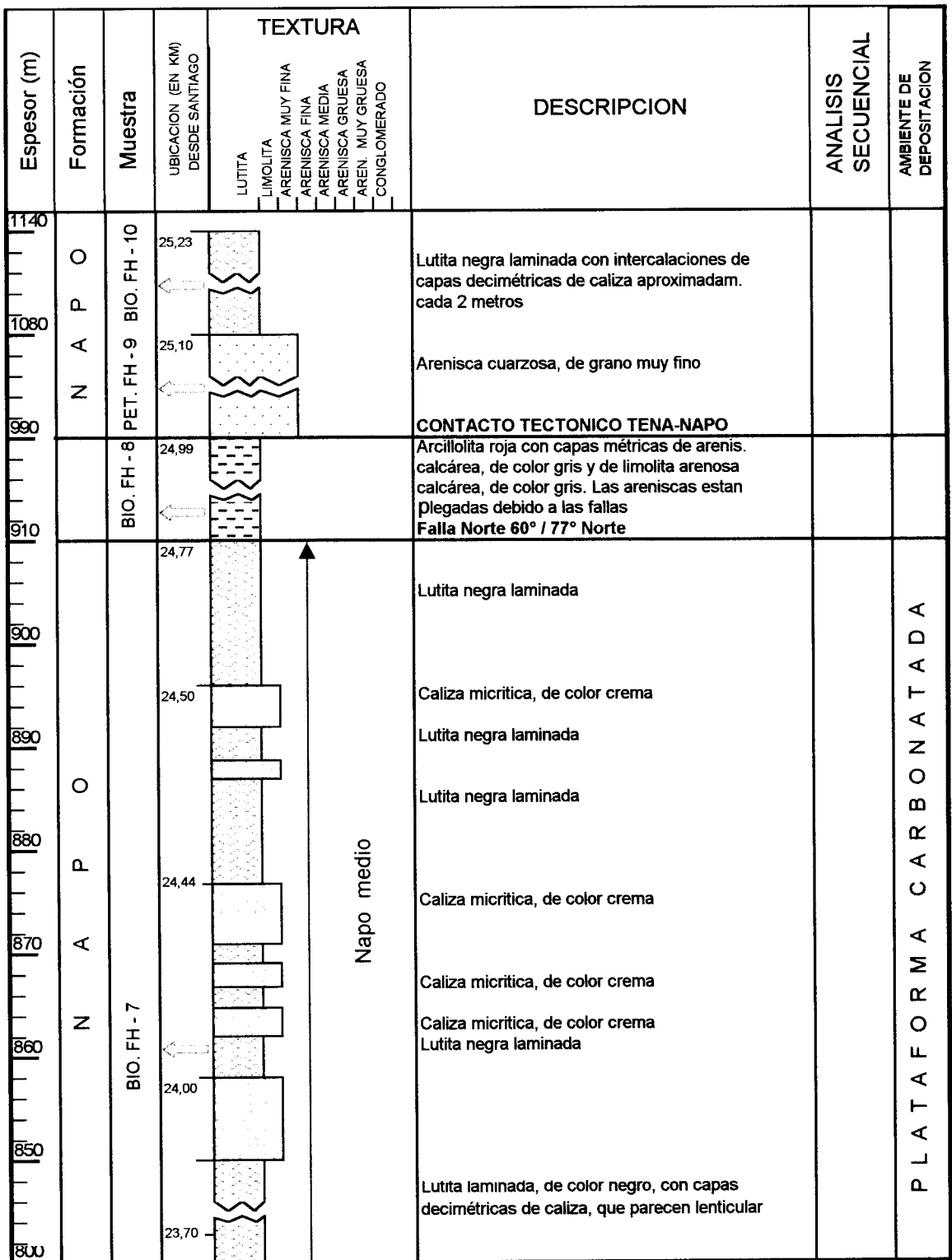
**FIG. 14 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABCISAS 22+234 Y 22+450 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



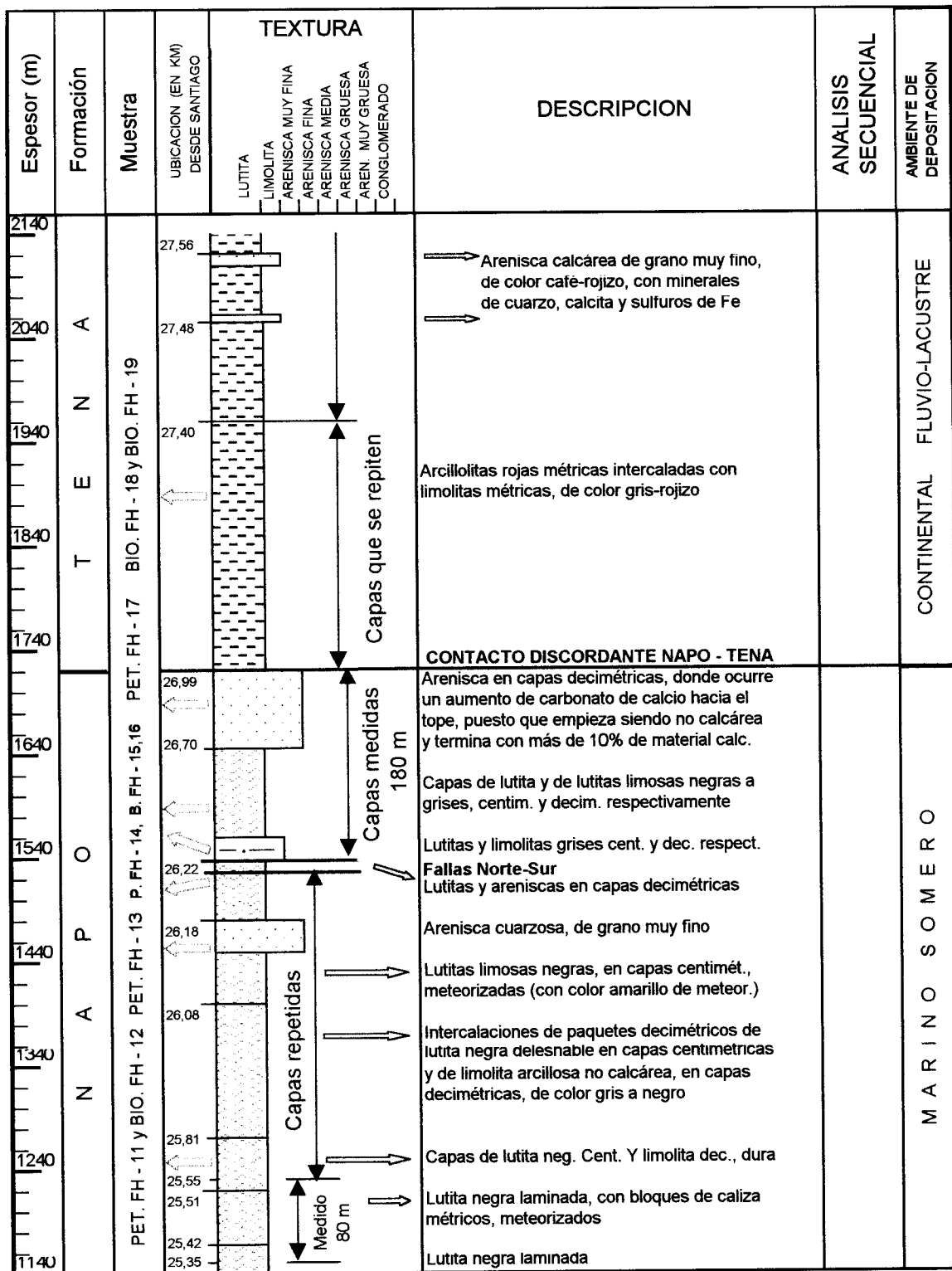
**FIG. 15 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABSCISAS 22+450 Y 23+034 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



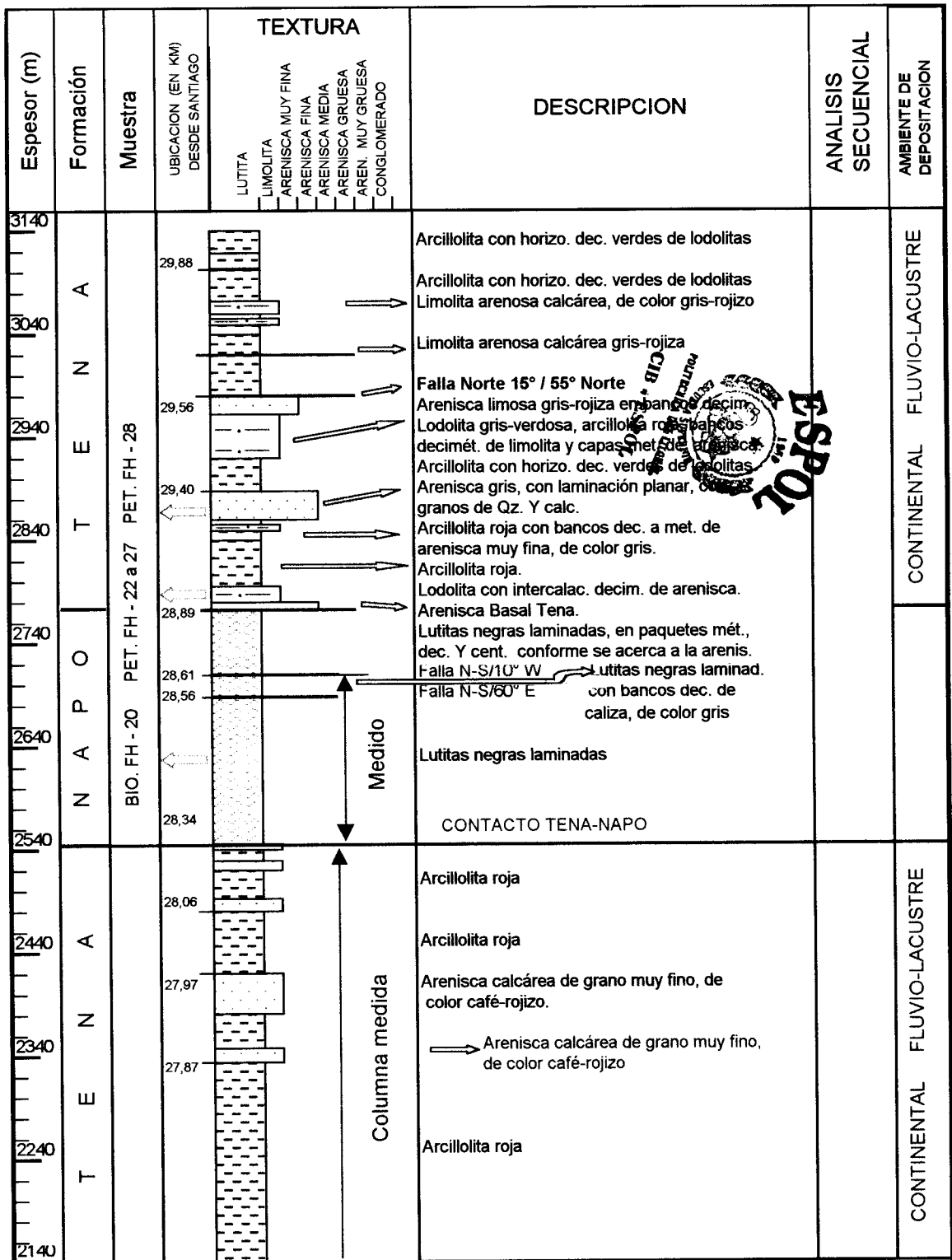
**FIG. 16 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES TIYUYACU Y NAPO ENTRE LAS ABSCISAS 24+035 Y 23+670 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 17 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION NAPO ENTRE LAS ABCISAS 23+670 Y 25+230 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

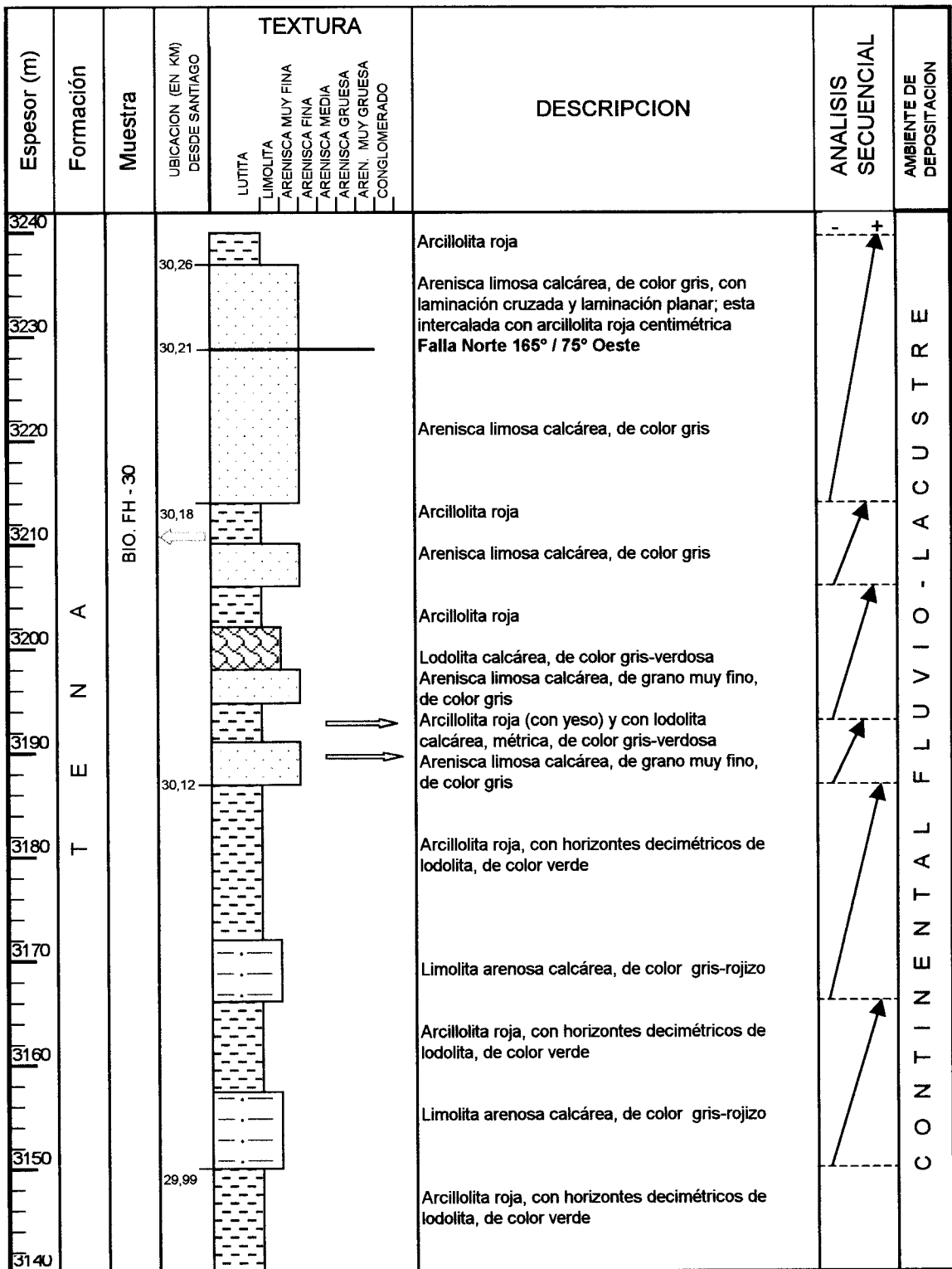


**FIG. 18 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES NAPO Y TENA ENTRE LAS ABCISAS 25+230 Y 27+570 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

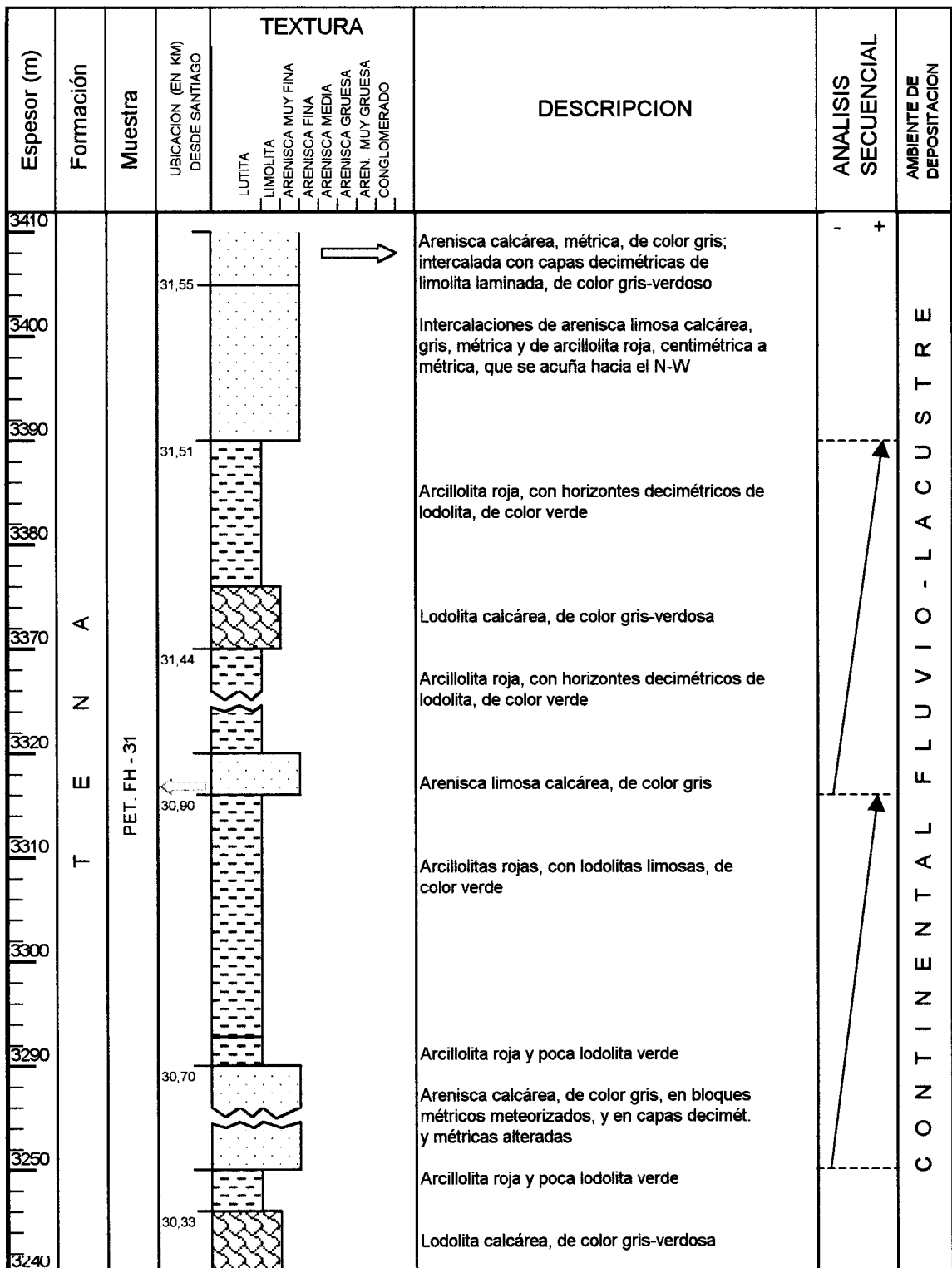


**FIG. 19 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES TENA Y NAPO ENTRE LAS ABCISAS 27+570 Y 29+900 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

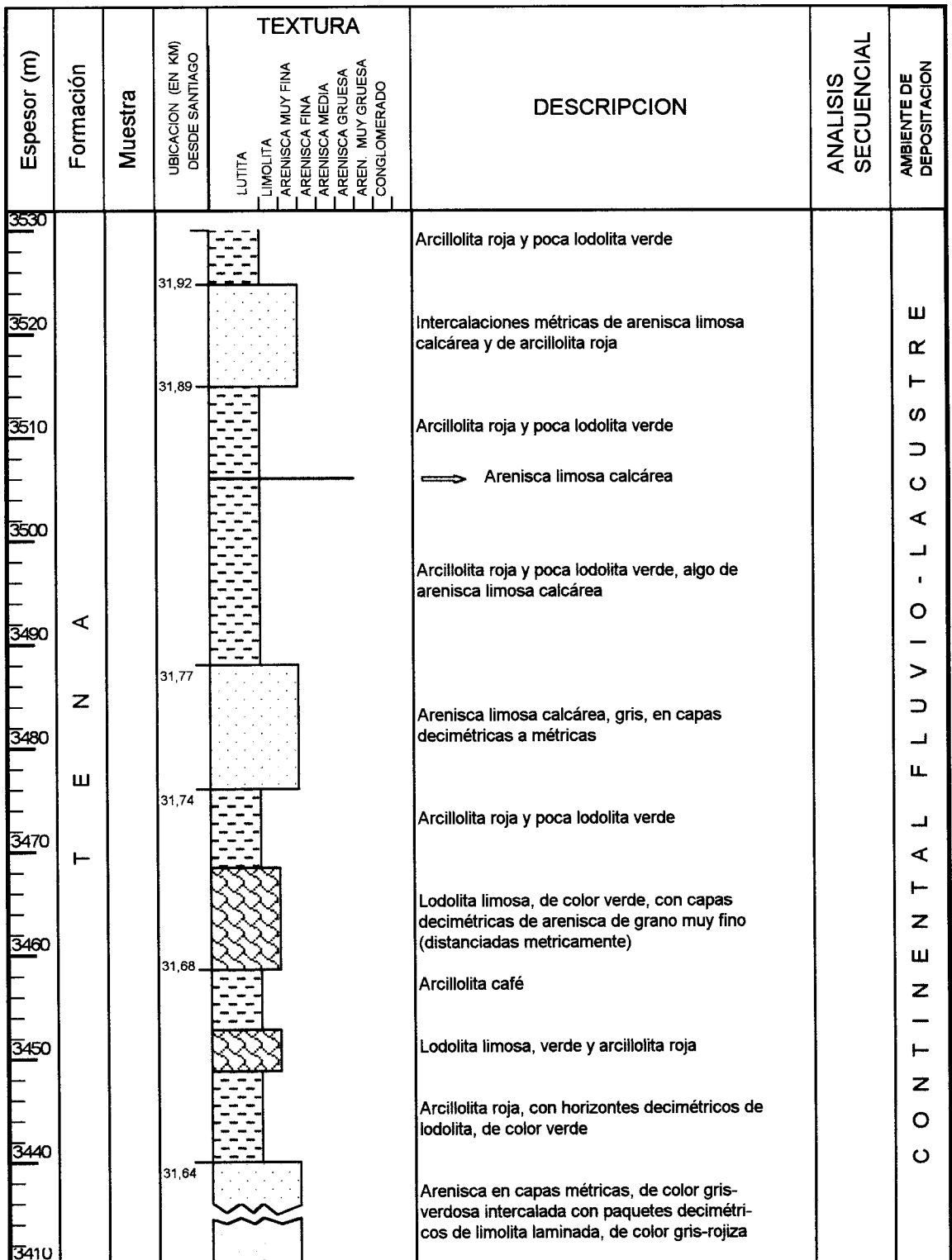




**FIG. 20 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TENA ENTRE LAS ABSCISAS 29+900 Y 30+290 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 21 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TENA ENTRE LAS ABSCISAS 30+290 Y 31+570 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 22 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TENA ENTRE LAS ABCISAS 31+570 Y 31+930 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**

**AUTORES:** FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN

**FECHA:** NOVIEMBRE 13 DE 1998

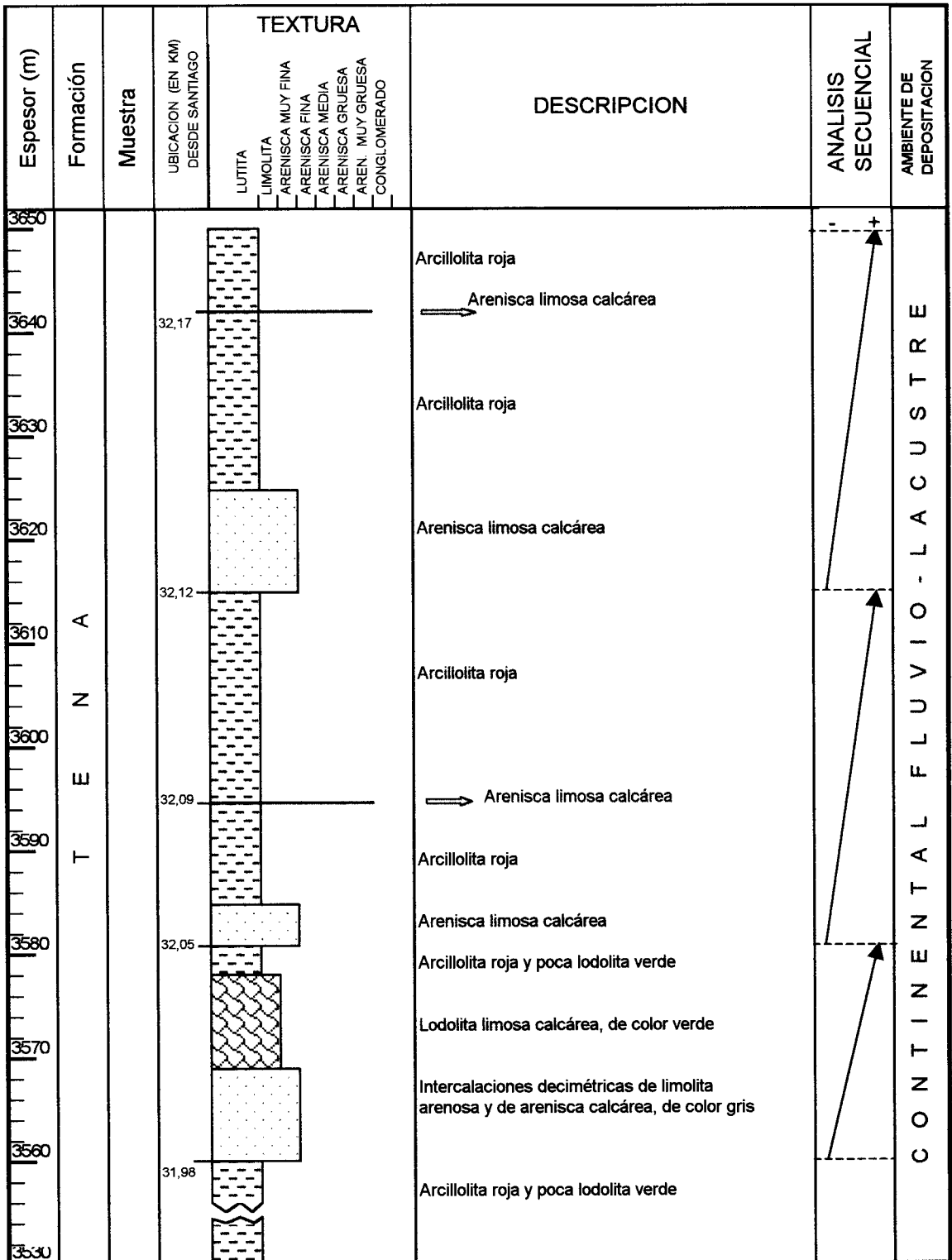
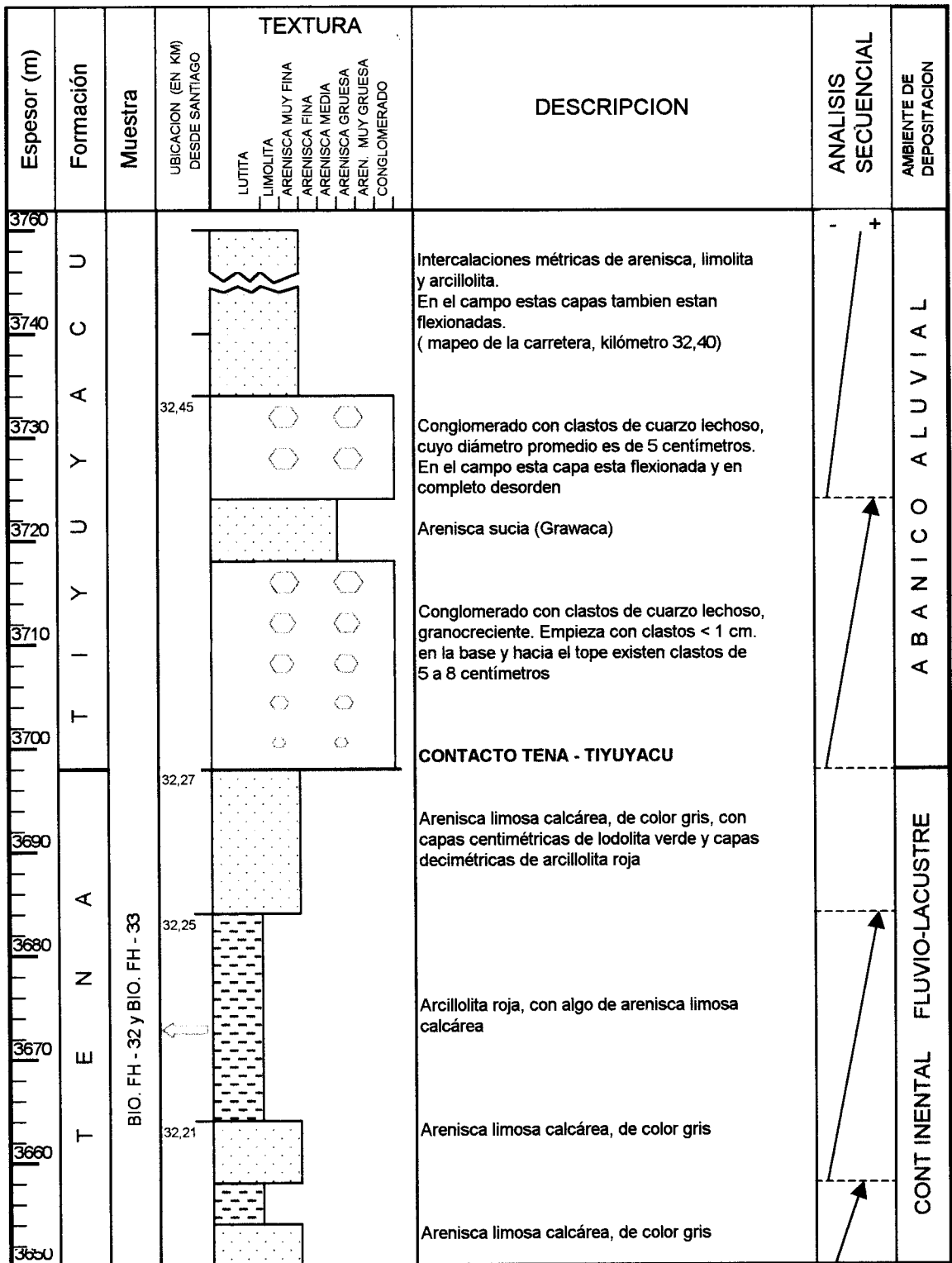


FIG. 23

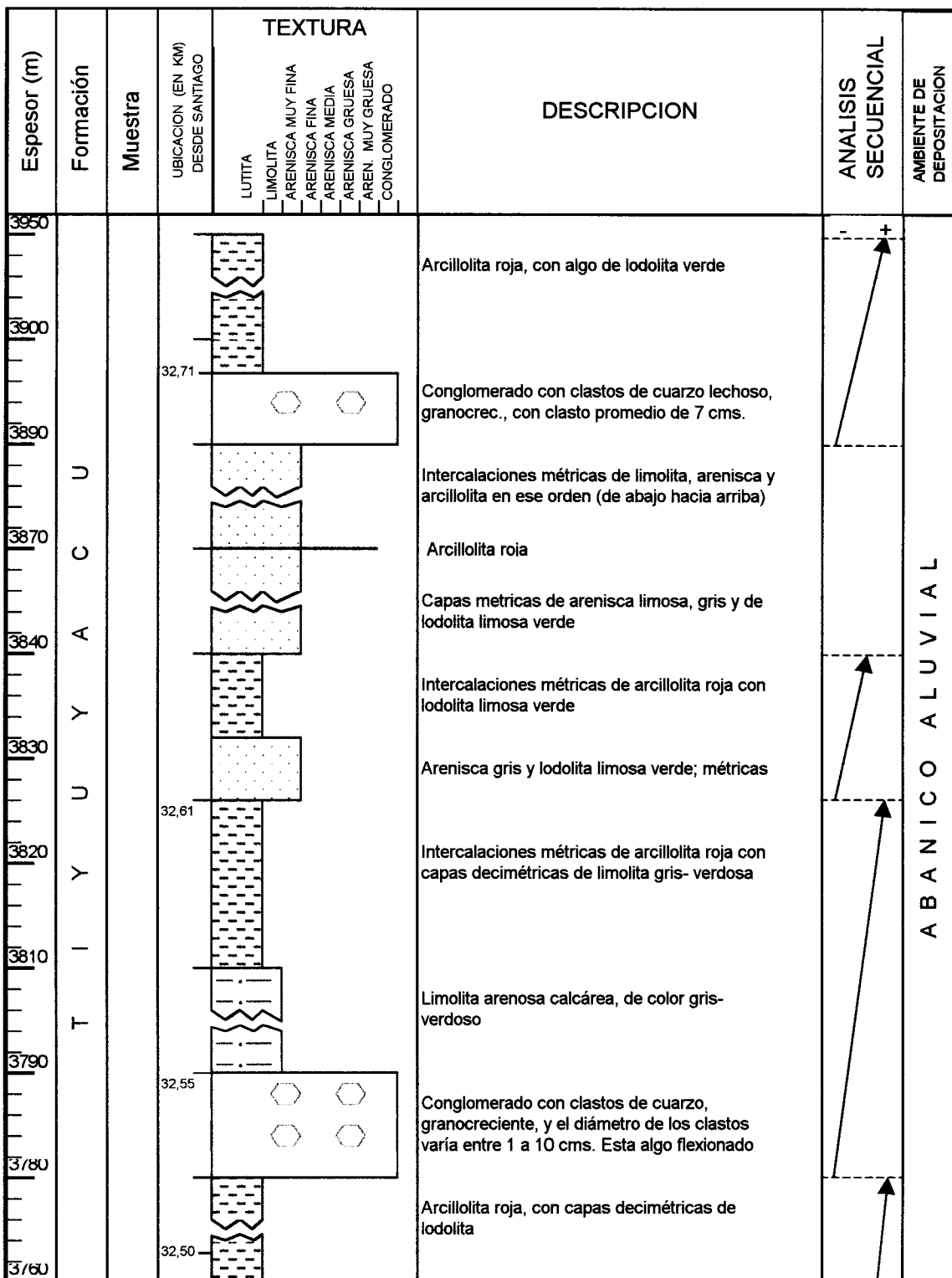
COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TENA ENTRE LAS  
 ABCISAS 31+930 Y 32+190 MEDIDAS DESDE SANTIAGO

AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



**FIG. 24 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES TENA Y TIYUYACU ENTRE LAS ABSCISAS 32+190 Y 32+480 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 25 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABCISAS 32+480 Y 32+800 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

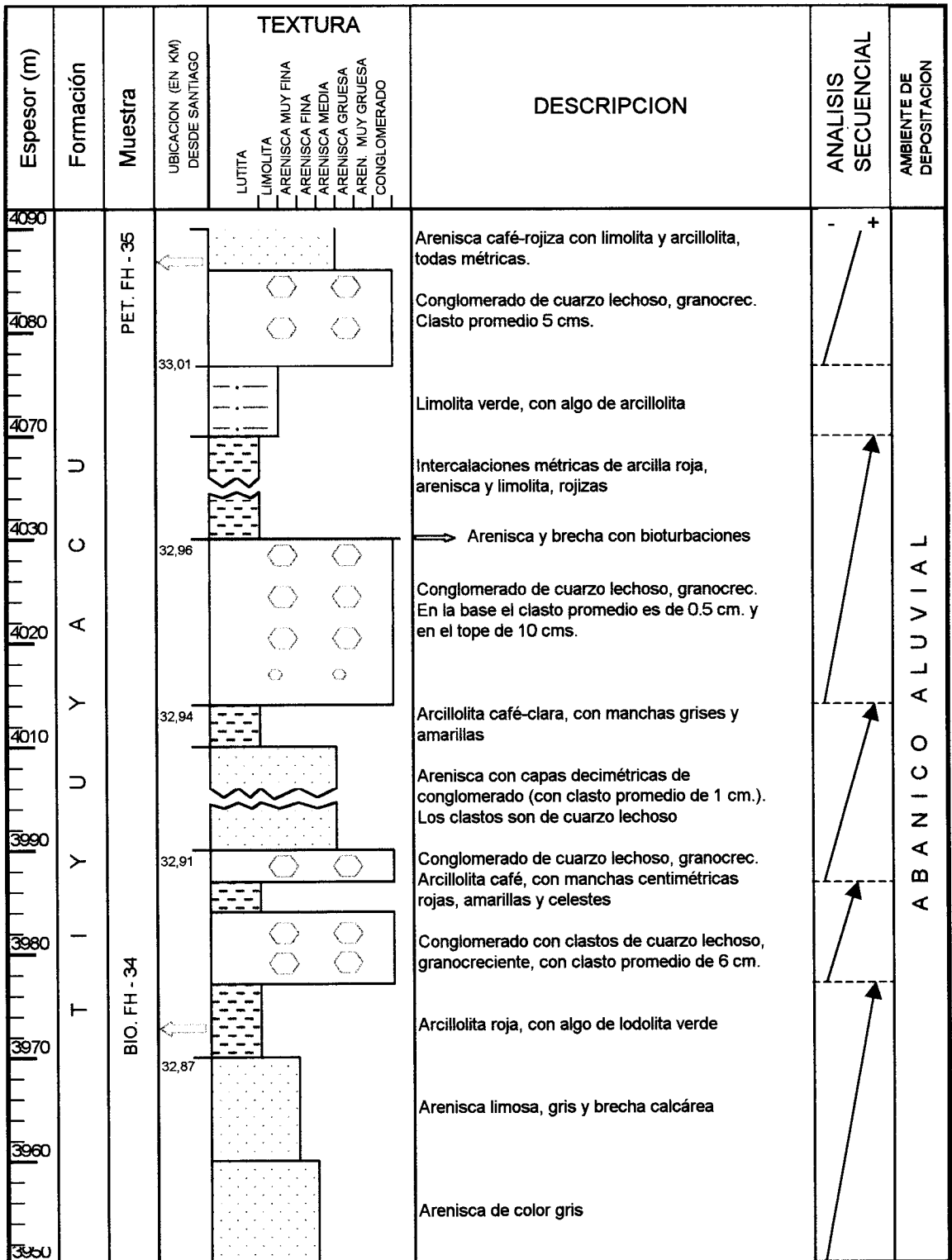
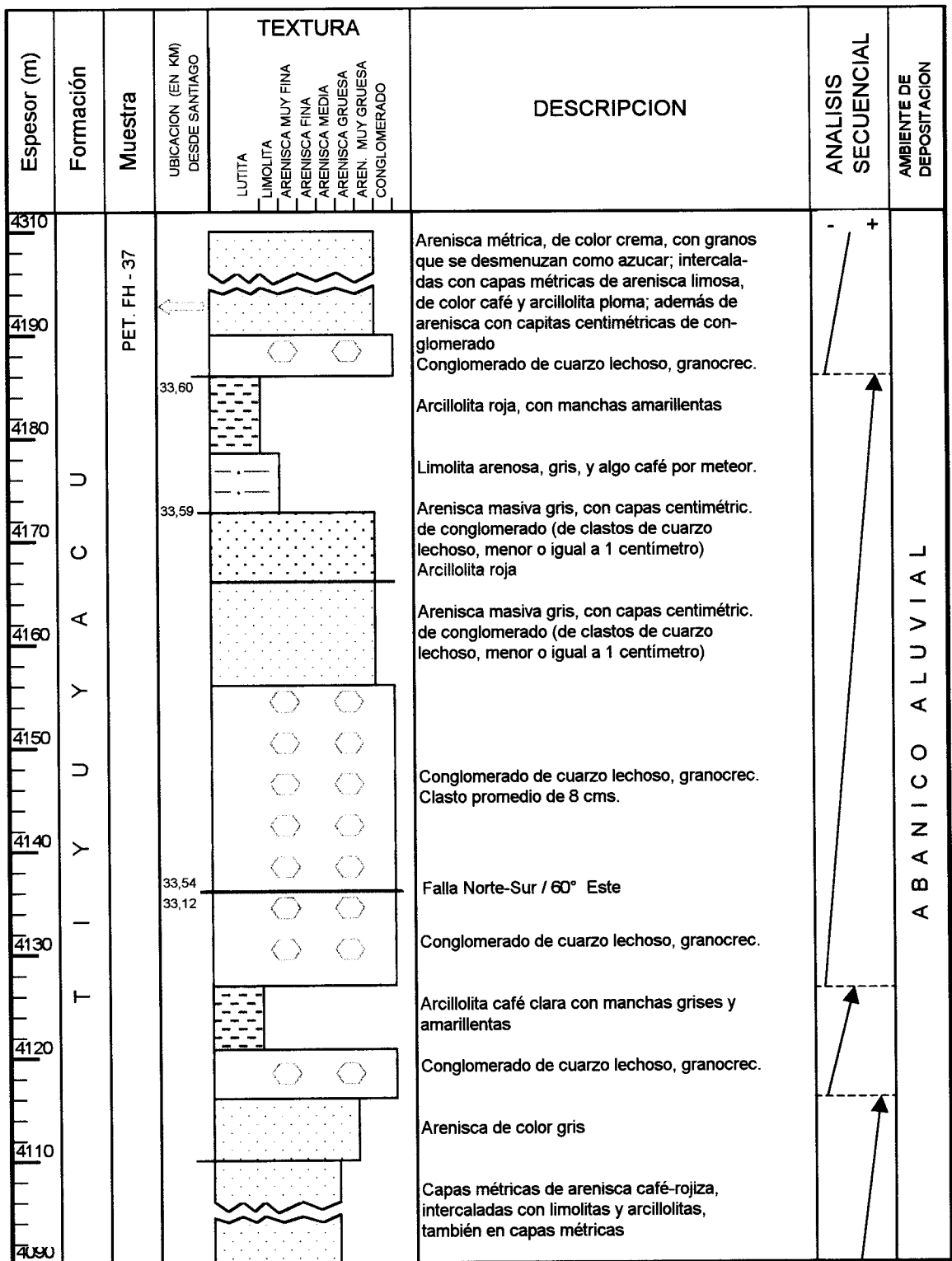


FIG. 26

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABSCISAS 32+800 Y 33+050 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**

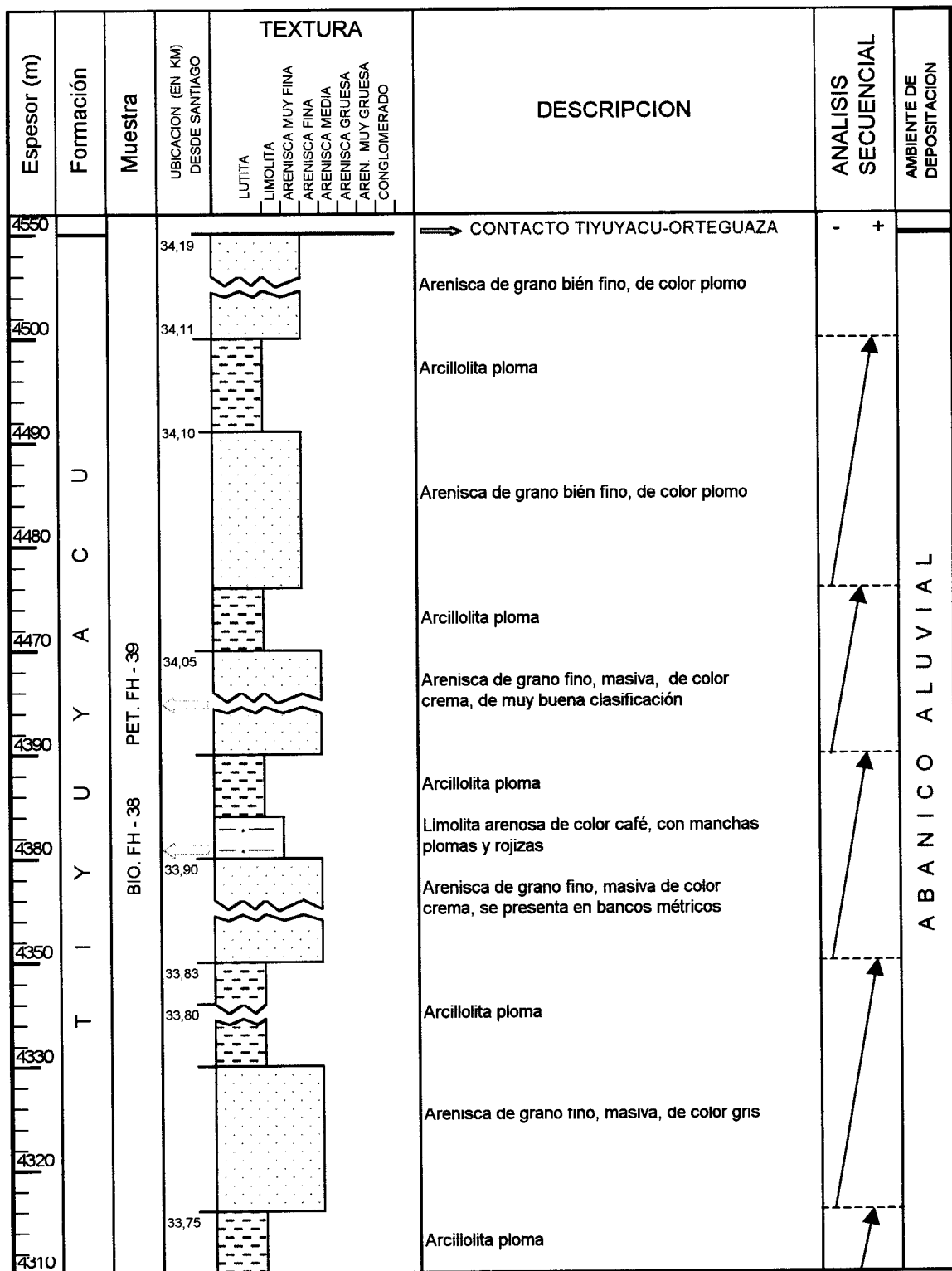
AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998

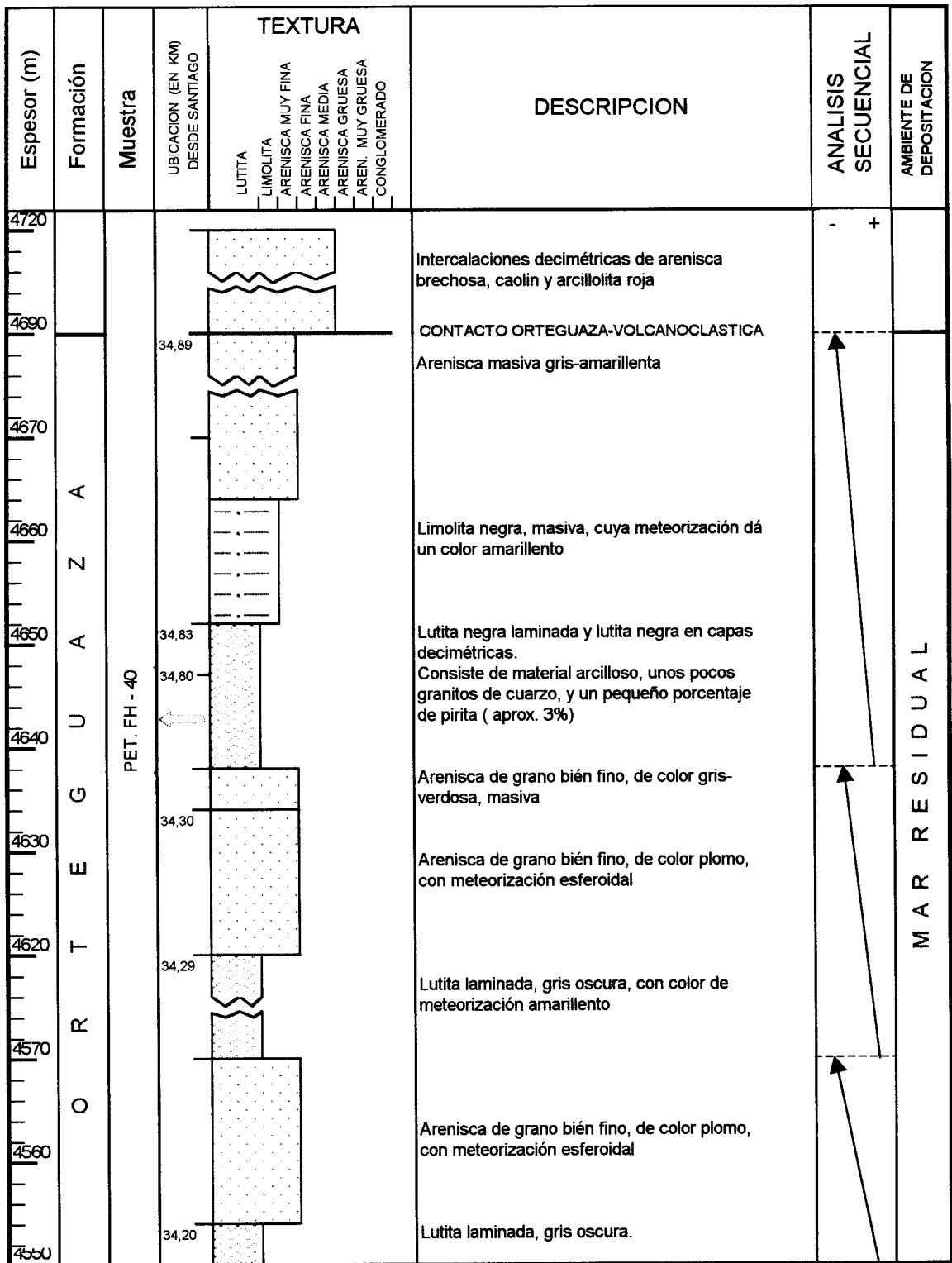


**FIG. 27 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABSCISAS 33+050 Y 33+700 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

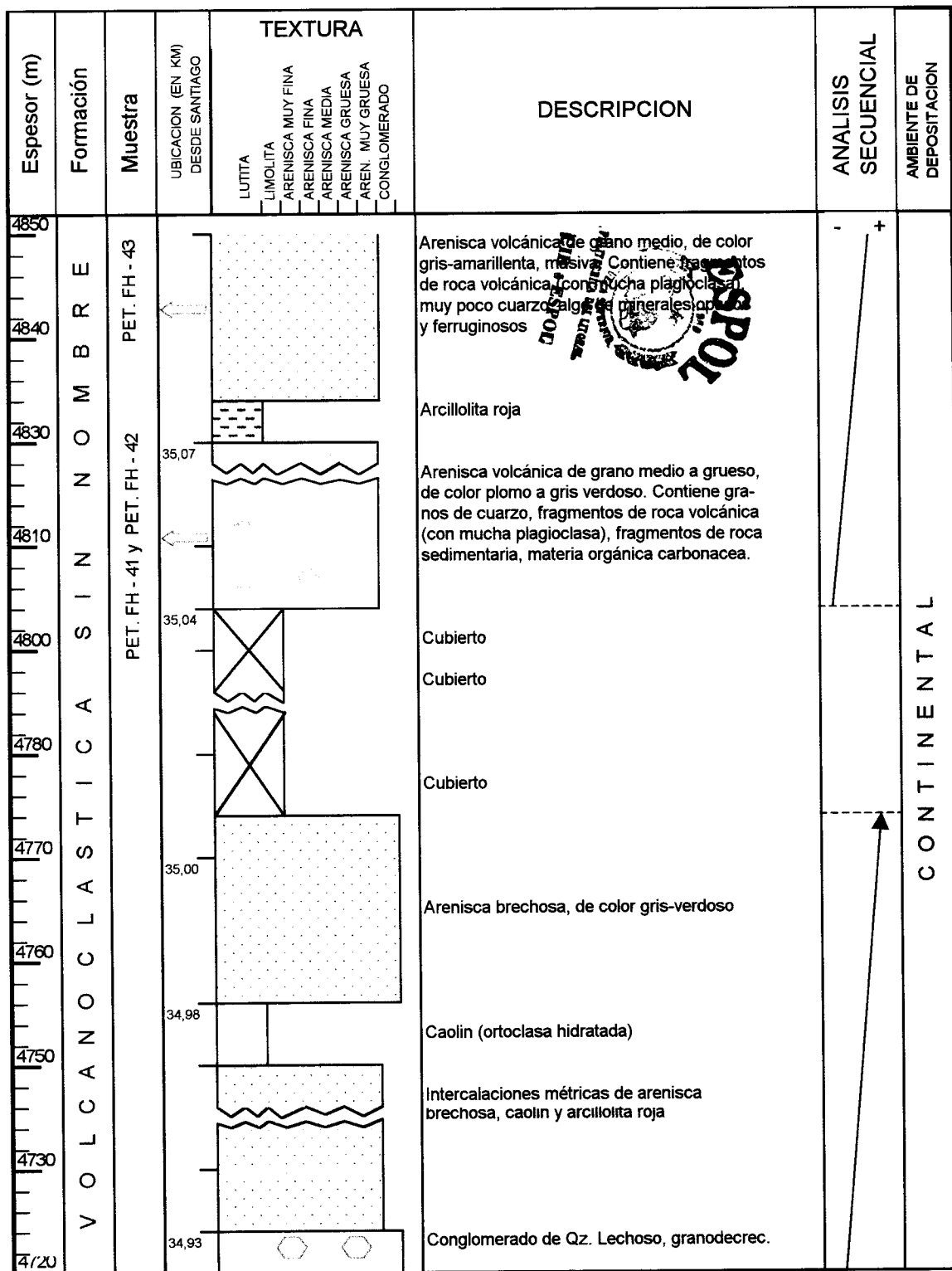




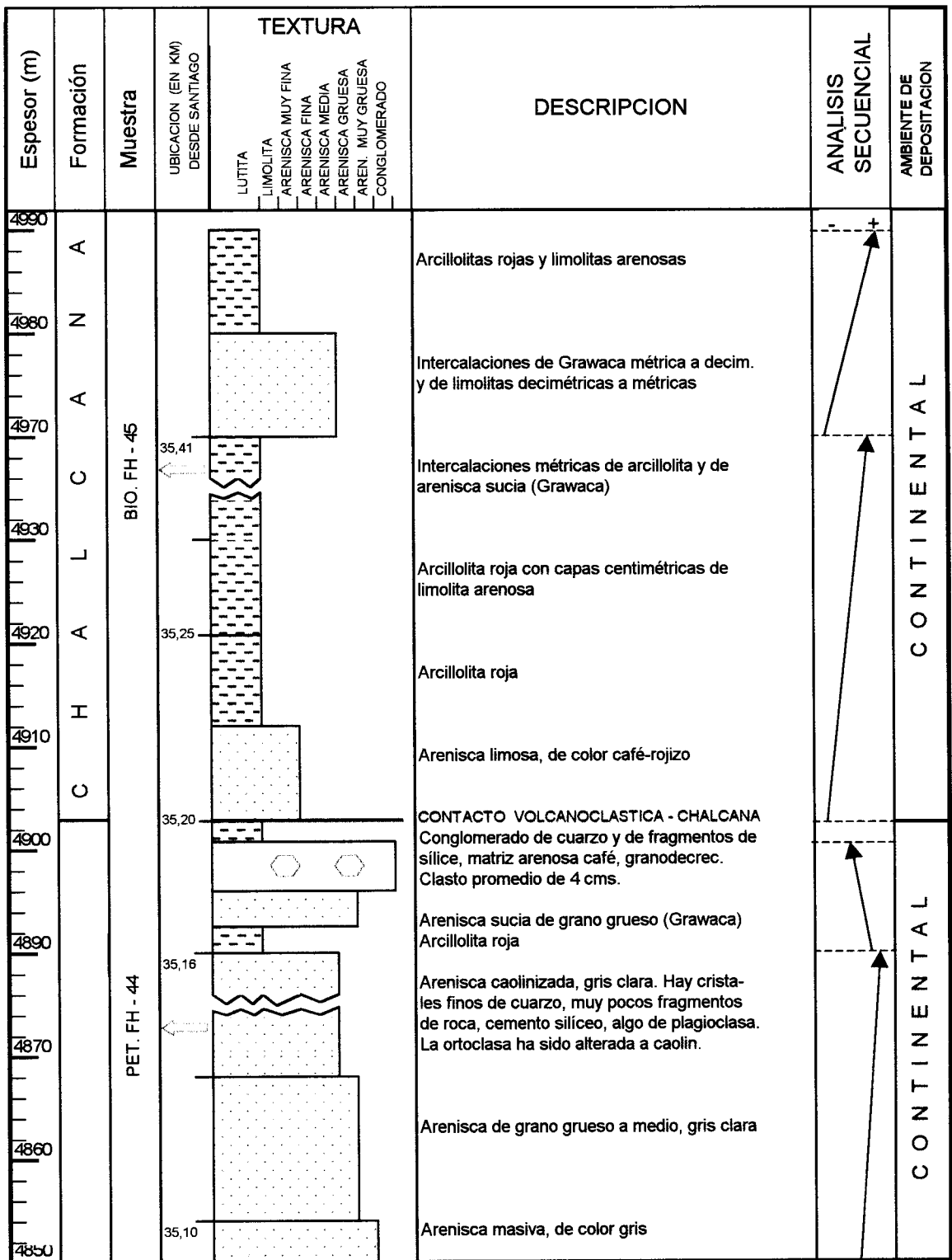
**FIG. 28 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION TIYUYACU ENTRE LAS ABSCISAS 33+700 Y 34+190 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 29 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION ORTEGUAZA ENTRE LAS ABSCISAS 34+190 Y 34+910 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 30 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION VOLCANOLCLASTICA SIN NOMBRE ENTRE LAS ABCISAS 34+910 Y 35+095 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 31 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES VOLCANOCLASTICA SIN NOMBRE Y CHALCANA ENTRE LAS ABSCISAS 35+095 Y 35+450 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

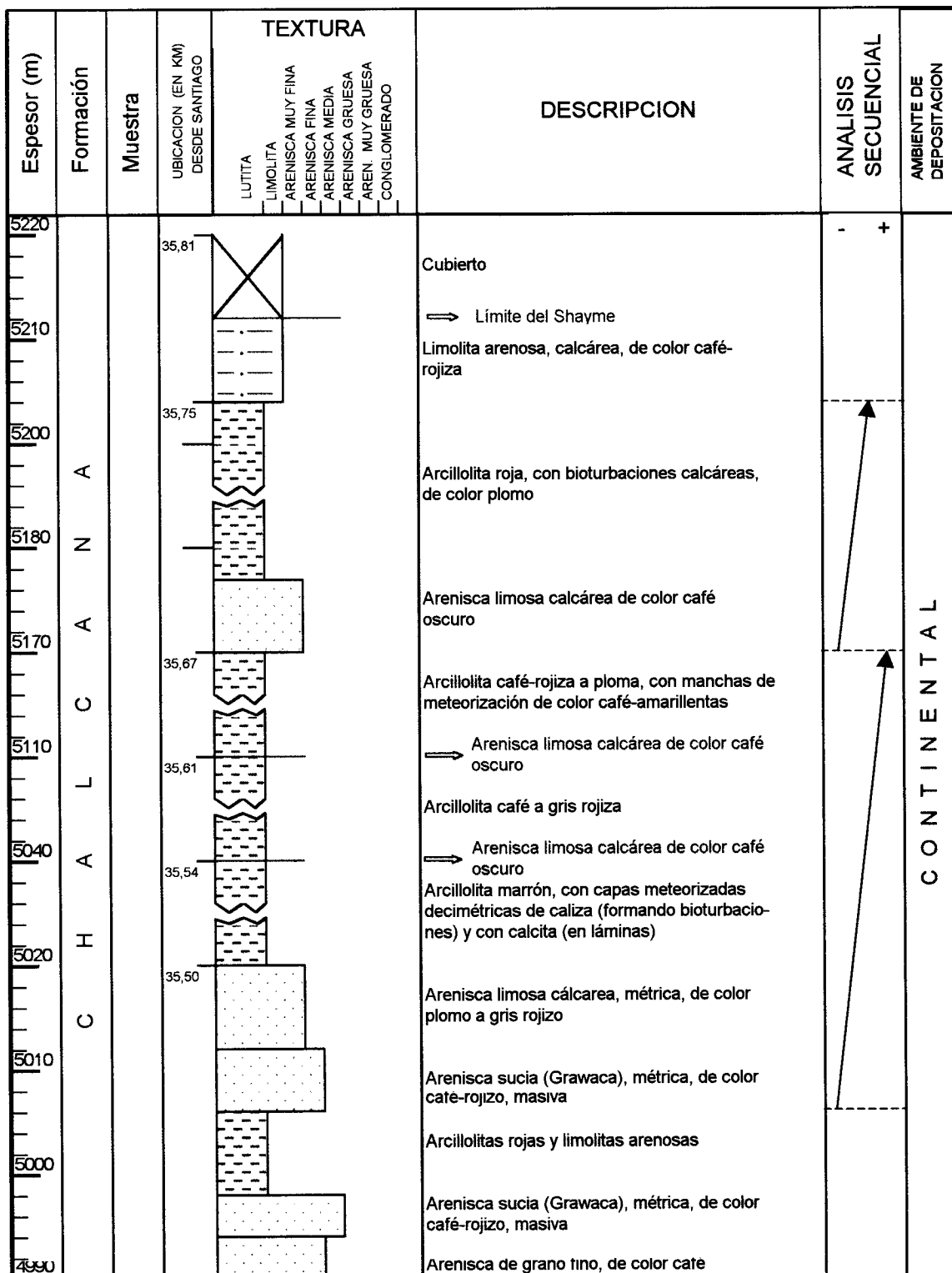


FIG. 32

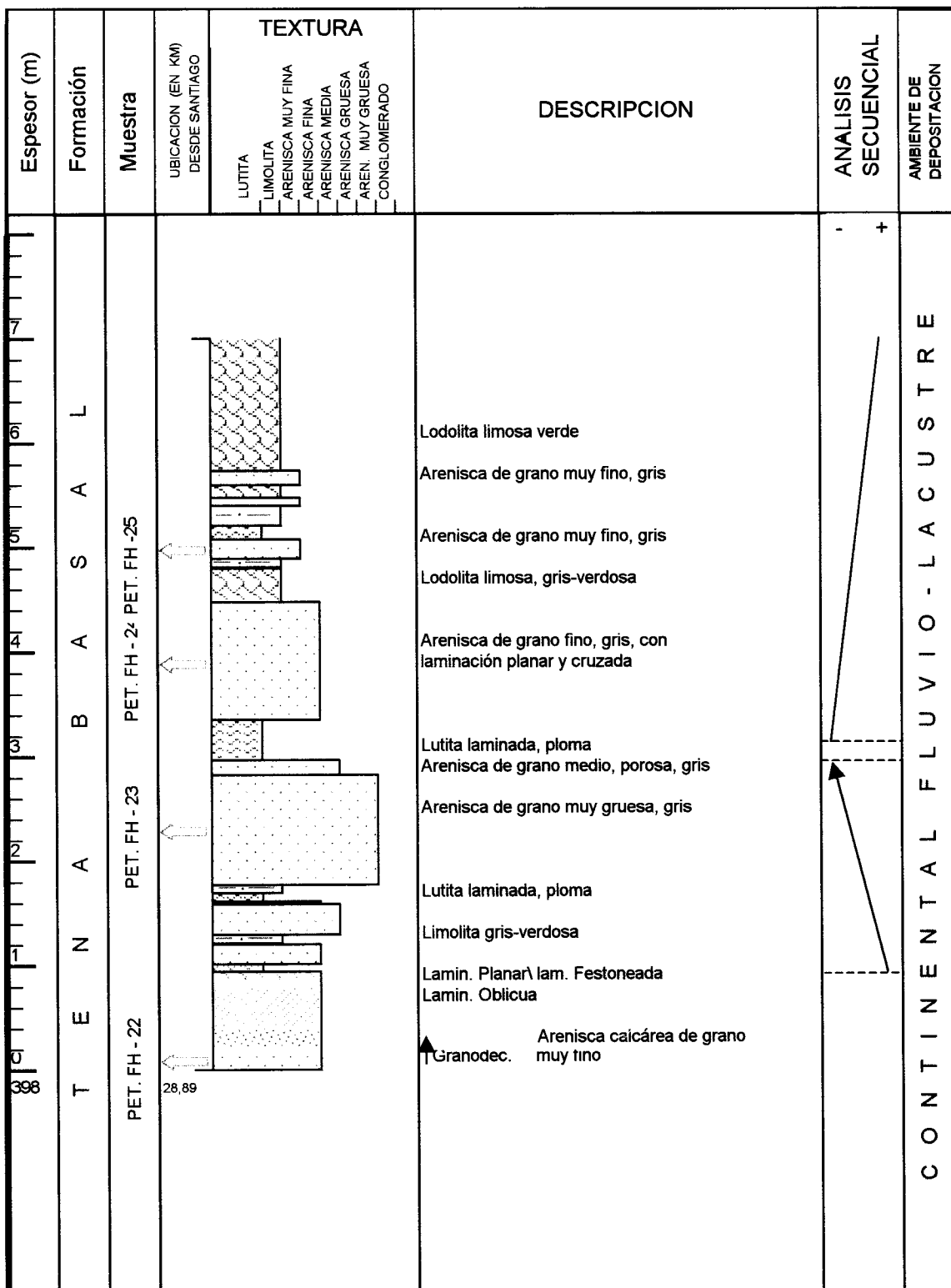
**COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION CHALCANA ENTRE LAS ABSCISAS 35+450 Y 35+810 MEDIDAS DESDE SANTIAGO**

**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**

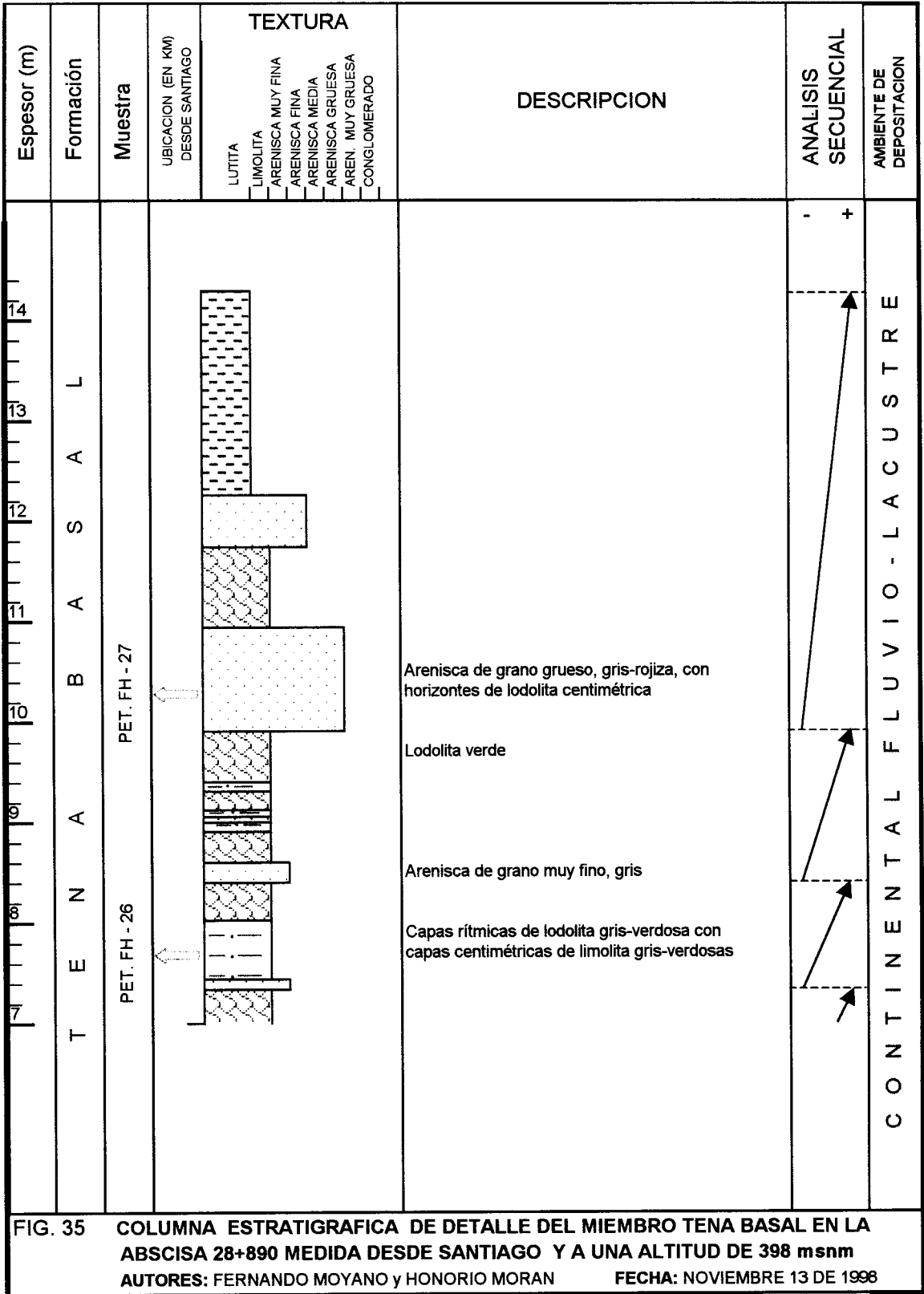
**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

Espesor (m)	Formación	Muestra	UBICACION (EN KM) DESDE SANTIAGO	TEXTURA						DESCRIPCION	ANALISIS SECUENCIAL	AMBIENTE DE DEPOSITACION					
				LUTITA	LIMOLITA	ARENISCA MUY FINA	ARENISCA FINA	ARENISCA MEDIA	ARENISCA GRUESA				AREN. MUY GRUESA	CONGLOMERADO			
5410	C H A L C A N A	BIO. FH - 48	37,08													-	+
5350											Arcillolita gris-rojiza, con limolita métrica gris-rojiza, además arenisca métrica intercalada						
5340			36,75									Arenisca gris-verdosa métrica, masiva					
5330												Arcillolita gris-rojiza con limolita gris-rojiza métrica					
5290			36,68									cubierto					
5270												cubierto					
5260			PET. FH - 47									Capas métricas de arenisca gris-verdosa, calcárea, arcillolita café-rojiza y limolita gris-verdosa decimétrica					
5250			36,62									Cubierto					
5250												Material arcilloso de colores plomo, gris-rojizo y gris-amarillento con franjas centimétricas de color crema, también de arcilla					
5230			BIO. FH -									Cubierto					
5220			35,82														

FIG. 33 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LA FORMACION CHALCANA ENTRE LAS  
 ABSCISAS 35+810 Y 37+080 MEDIDAS DESDE SANTIAGO  
 AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN      FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



**FIG. 34 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE DETALLE DEL MIEMBRO TENA BASAL EN LA ABCISCA 28+890 MEDIDA DESDE SANTIAGO Y A UNA ALTITUD DE 398 msnm**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



**FIG. 35 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE DETALLE DEL MIEMBRO TENA BASAL EN LA ABSCISA 28+890 MEDIDA DESDE SANTIAGO Y A UNA ALTITUD DE 398 msnm**  
**AUTORES: FERNANDO MOYANO y HONORIO MORAN**      **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



FORMACION	ESPESOR MEDIDO (m)	TEXTURA	DESCRIPCION LITOLOGICA	AFLORAMIENTO (km) Desde Santiago	EDAD	PALEOAMBIENTE
CHALCANA	507	<p>LUTITA LIMOLITA ARENISCA MUY FINA ARENISCA FINA ARENISCA MEDIA ARENISCA GRUESA AREN. MUY GRUESA CONGLOMERADO</p>	Areniscas limosas; limolitas calcáreas y arcillolitas rojas; arcillolitas abigarradas (que presentan varios colores).	35,21 a 37,08	MIOCENO MEDIO	Continental
VOLCAN. SIN NOMBRE	213		Capas de detritos volcánicos, que pasan a formar areniscas volcánicas de tipo arcosa; caolín.	34,89 a 35,21	OLIGOCENO ? - MIOCENO INF.	Continental
ORTE - GUAZA	140		Lutitas negras laminadas; limolitas negras y areniscas gris-verdosas de grano fino a muy fino.	34,19 a 34,89	EOCENO SUP. - OLIGOCENO	Marino Residual
TIYUYACU	594		Conglomerado de cuarzo lechoso; Grauwaca; limolita y arcillolitas rojizas; arenisca limosa gris; brecha calcárea.	22,24 a 23,32 32,27 a 34,19	PALEOCENO ? - EOCENO MEDIO	Abanico Aluvial
TENA	788		Arcillolitas rojas con capas métricas de arenisca de grano fino; capas métricas y decimétricas de limolita arcillosa y lutitas verdes; lodolita verde.	22,00 a 22,24 26,99 a 28,34 28,89 a 32,27	MAASTRICHTIANO - PALEOCENO	Continental Fluvió - Lacustre
NAPO	414	<p>Napo Superior Napo Medio</p>	Arenisca de grano fino, gris-verdoso; intercalaciones métricas de arenisca con bioturbaciones en la parte superior; limolitas arenosas; lutitas negras intercaladas con calizas micríticas; calizas micríticas cremas.	23,32 a 23,77 24,99 a 26,99 28,34 a 28,89	ALBIANO INFERIOR - CAMPANIANO INFERIOR	Plataforma Carbonatada

FIG.36 COLUMNA ESTRATIGRAFICA DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS ENTRE MORONA Y SANTIAGO

## **CAPITULO V**

### **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

#### **5.1. FALLAS**

Los tres tipos de fallas que más se conocen en las diversas clasificaciones son: normales, inversas y rumbo-deslizantes.

Para el presente trabajo, al número total de fallas cuya dirección se logró medir en el campo a lo largo de los 15 kilómetros de la carretera y que se interpretó en los cortes geológicos, se las puede agrupar como lo indica la tabla 5. Donde no se interpretó ninguna falla como normal, teniendo en cuenta que se estudió un sistema típicamente compresivo.

#### **FALLAS INVERSAS ASOCIADAS AL EMPUJE SUBANDINO**

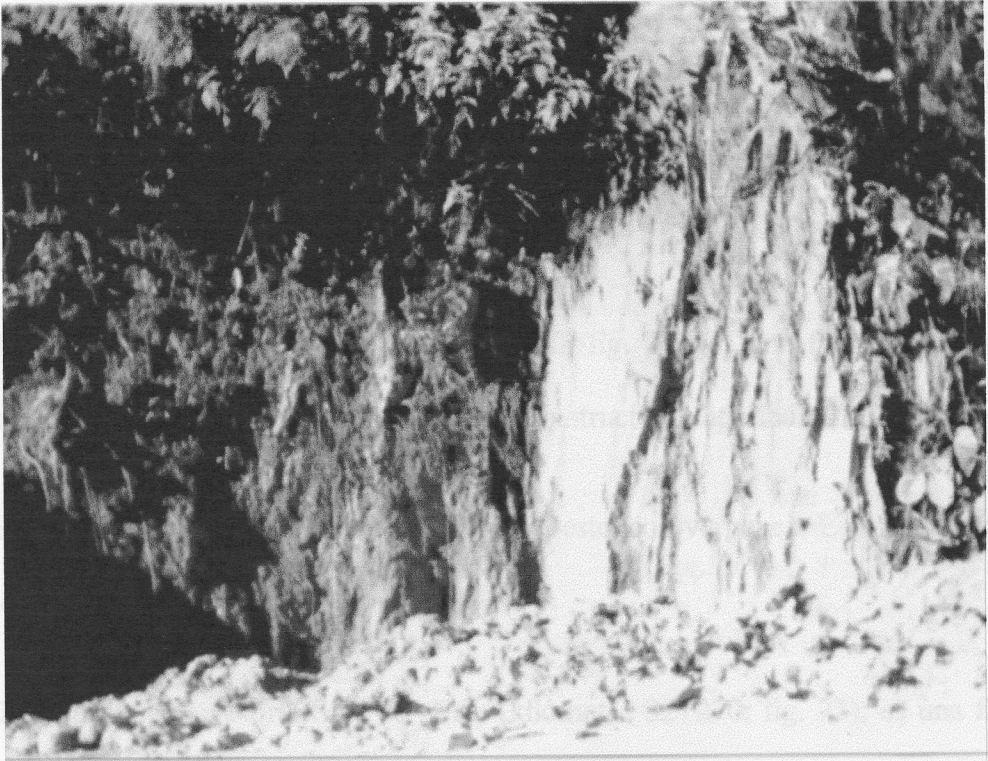
En el campo la primera falla inversa medida, de dirección Norte  $60^{\circ}$  /  $77^{\circ}$  Oeste, se encuentra en el kilómetro 24+770 (fig. 72 y 74), donde se observa un ascenso del miembro Napo medio sobre el miembro Napo superior.

Otra falla de este tipo, de dirección Norte-Sur /  $80^{\circ}$  Oeste (kilómetro 26+220; fig. 72), con una vergencia Este, produce flexuras hectométricas en capas de la formación Napo. En el campo esta falla aparece como una zona con cizallamiento casi vertical (foto 6), que limita un pliegue de tipo anticlinal desarrollado hacia el Oeste en lutitas

TIPO	CANT.	RUMBO (en azimuth)	RUMBO PROMEDIO (en azimuth)	BUZAM.	BUZAM. PROMEDIO	UBICACION (en kilómetros) Desde Santiago
FALLAS INVERSAS	1	NORTE 60°		77° OESTE		24+770
	1	NORTE-SUR		80° OESTE	77° OESTE	26+220
	1	NORTE-SUR		60° OESTE		28+560
	1	NORTE 15°	NORTE-SUR	55° ESTE	Y	29+560
	1	NORTE 165°		75° OESTE	60° ESTE	30+210
	1	NORTE-SUR		60° ESTE		32+610
FALLAS SUBPARALELAS	1	NORTE-SUR		49° ESTE		23+040
	1	NORTE-SUR	NORTE-SUR	39° ESTE	45° ESTE	23+160
FALLAS RUMBO-	2	NORTE 60°	-----	65° OESTE	-----	24+800 Y 24+920

Tabla 5. CLASIFICACION DE LAS FALLAS DE ACUERDO A SUS CARACTERISTICAS

y calizas de la formación Napo. Las deformaciones que produce esta falla se observan en el campo desde el kilómetro 24+940 hasta el 26+230, donde se producen cambios de dirección en lutitas y calizas.



**FOTO 6. CIZALLAMIENTO EN LA FALLA NORTE-SUR/80° OESTE**

También se debe indicar la existencia de varias fallas subparalelas a la estratificación. Estas fallas, de bajo ángulo, están asociadas a los movimientos de fallas inversas que caracterizan al corte estudiado.

y calizas de la formación Napo. Las deformaciones que produce esta falla se observan en el campo desde el kilómetro 24+940 hasta el 26+220, donde se producen cambios de dirección en lutitas y calizas.

Una falla Norte-Sur/  $60^\circ$  Oeste (kilómetro 28+560, fig. 72), produce pliegues métricos vistos en el campo (fig. 40), deformando lutitas y calizas de la formación Napo.

La falla Norte  $15^\circ/ 55^\circ$  Este (kilómetro 29+560, fig. 74), es una falla inversa con vergencia Oeste. Esta falla está marcada por una estructura anticlinal al Este.

Una falla inversa de dirección Norte  $165^\circ/ 75^\circ$  Oeste, con vergencia Este, actúa en el kilómetro 30+210 (fig. 73).

Una falla de dirección Norte-Sur/  $60^\circ$  Este (kilómetro 32+270; fig. 73), es una falla inversa con vergencia Oeste, marcada en el campo por la imbricación compleja de escamas tectónicas de las formaciones Tiyuyacu y Tena.

Las fallas inversas se las presenta en la proyección estereográfica (fig. 37), donde se aprecia que los rumbos predominantemente son de dirección Norte-Sur, con buzamientos altos tanto hacia el Este, como hacia el Oeste.

También se debe indicar la existencia de varias fallas subparalelas a la estratificación. Estas fallas, de bajo ángulo, están asociadas a los movimientos de fallas inversas que caracterizan al corte estudiado.

En el campo una falla de este tipo, se la puede apreciar en el inicio del mapeo geológico (kilómetro 22+000), la misma que se puede observar en la foto 7.

En los cortes geológicos fueron interpretadas como subparalelas las fallas Norte-Sur/ 49° Este (kilómetro 23+040; fig. 74) y Norte-Sur/ 39° Este (kilómetro 23+160; fig. 74), tienen un plano sub-paralelo al rumbo de las capas, siendo muy difícil detectarlas. Se logró hacerlo gracias a la presencia de material cizallado en el plano de falla. Estas fallas están en la base de un cabalgamiento de la formación Napo sobre la formación Tiyuyacu.

A las fallas sub-paralelas se las presenta en la proyección estereográfica (fig. 38), donde se puede apreciar que todas tienen dirección Norte-Sur, con buzamientos hacia el Este (menores a 50°).

### **FALLAS RUMBO-DESLIZANTES**

En el kilómetro 24+800 y el 24+920 (fig. 71) se encuentran dos fallas de cizalla, de dirección Norte 60°/ 65° Oeste, que producen un desplazamiento de más de 1 metro en areniscas limosas y arcillolitas rojas de la formación Tena, son las únicas fallas interpretadas en la sección como fallas rumbo-deslizantes.

La falla inversa Norte 140° de alto ángulo que pone en contacto cabalgante a la formación Napo sobre la formación Tena, en el kilómetro 24+990 (fig. 71) con



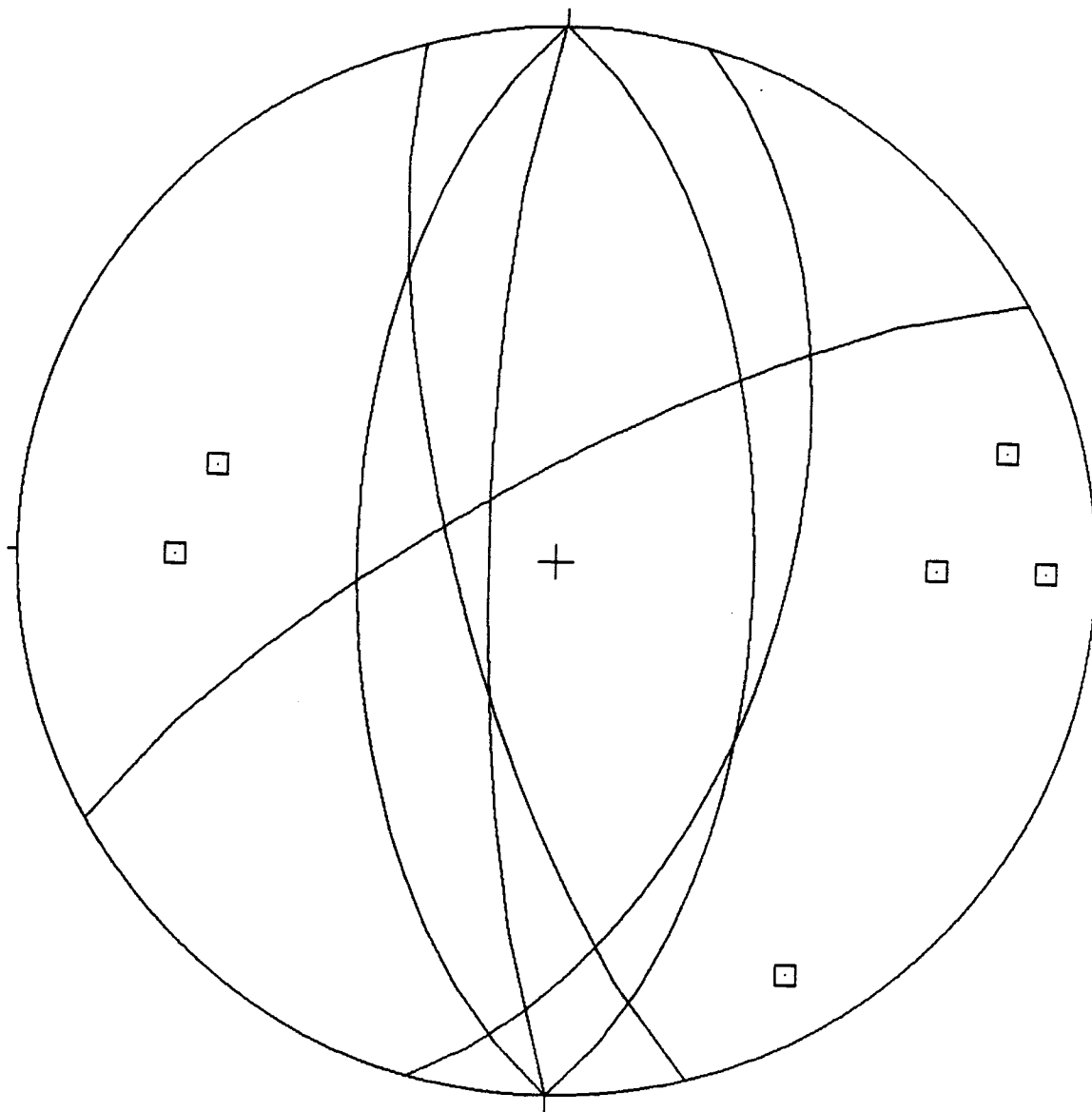
**FOTO 7. FALLA SUBPARALELA QUE AFECTA A CAPAS  
DE LA FORMACION TENA (kilómetro 22+000).**

inversión de polaridad de las capas de Tena, podría corresponder a un sistema conjugado de fallas rumbo-deslizantes de dirección NW-SE

A las fallas rumbo-deslizantes se las presenta en la proyección estereográfica (fig. 39), donde se puede apreciar un solo plano, ya que las dos fallas tienen la misma dirección.



FIG. 37 FALLAS INVERSAS  
North



EQUAL AREA PROJECTION

FIG. 37 FALLAS INVERSAS

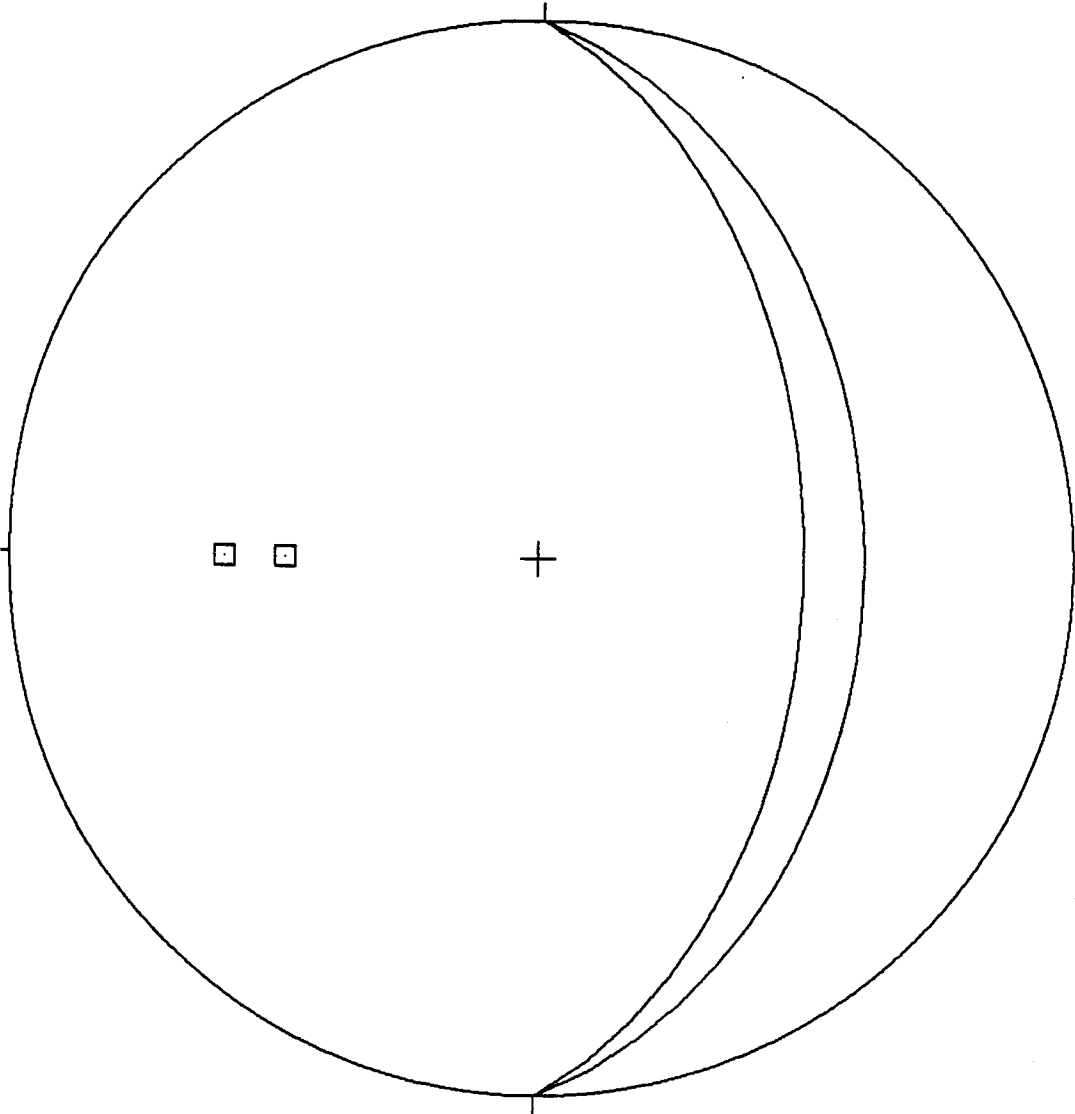
SPLIT by Darton Software

Symbol

6 Points □

6 Points Total

FIG. 38 FALLAS SUBPARALELAS  
North



EQUAL AREA PROJECTION

FIG. 38 FALLAS SUBPARALELAS

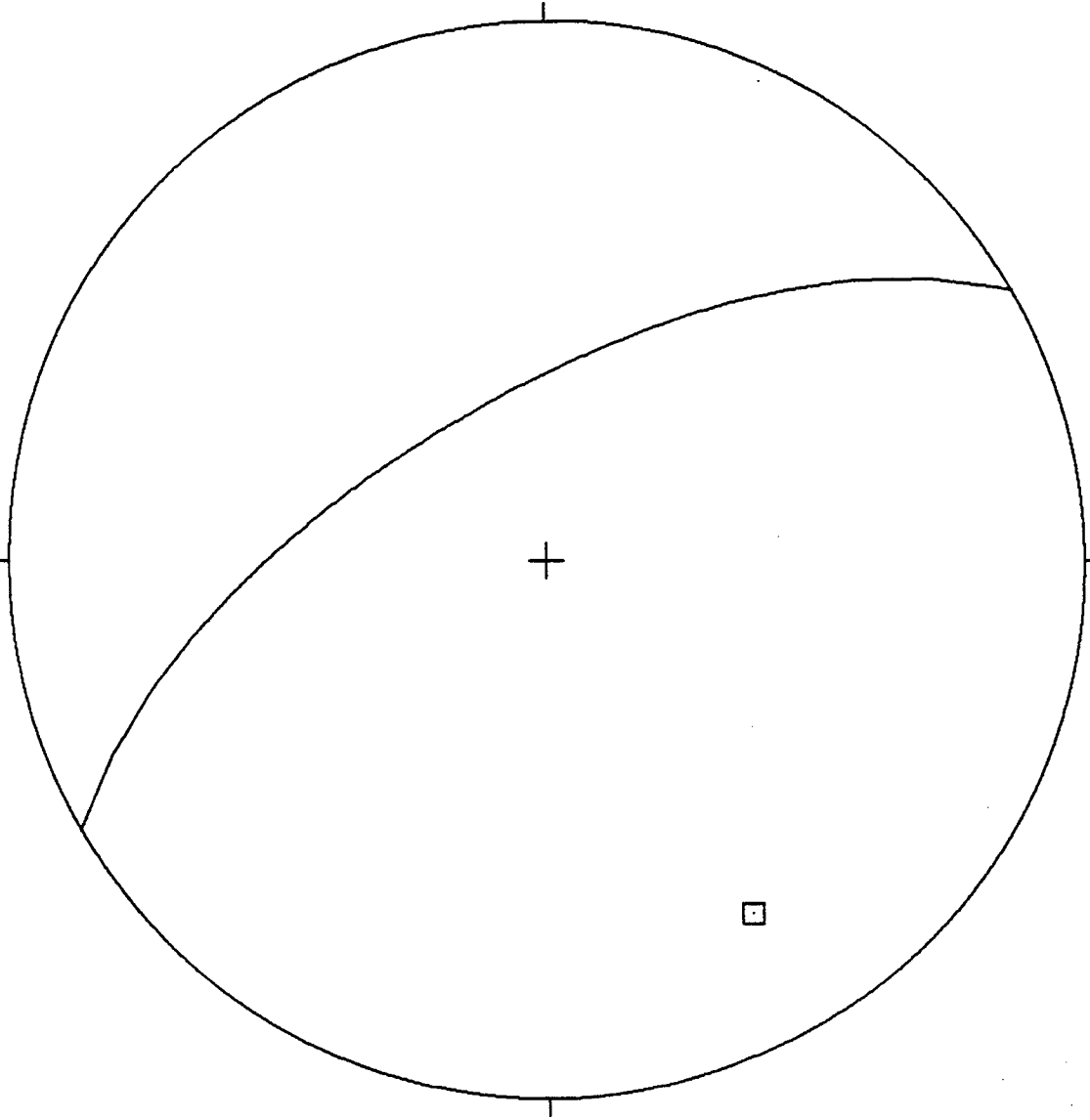
PLOT by Darton Software

Symbol

2 Points □

2 Points Total

FIG. 39 FALLAS RUMBO-DESLIZANTES  
North



EQUAL AREA PROJECTION

FIG. 39 FALLAS RUMBO-DESLIZANTES

SPLIT by Darton Software

Symbol

2 Points

□

2 Points Total

## 5.2. PLIEGUES

Los pliegues en la zona de estudio son principalmente los producidos por las fuerzas compresivas debidas al empuje en el Frente de Cabalgamiento Subandino; y están asociados a las fallas de cabalgamiento o retrocabalgamiento.

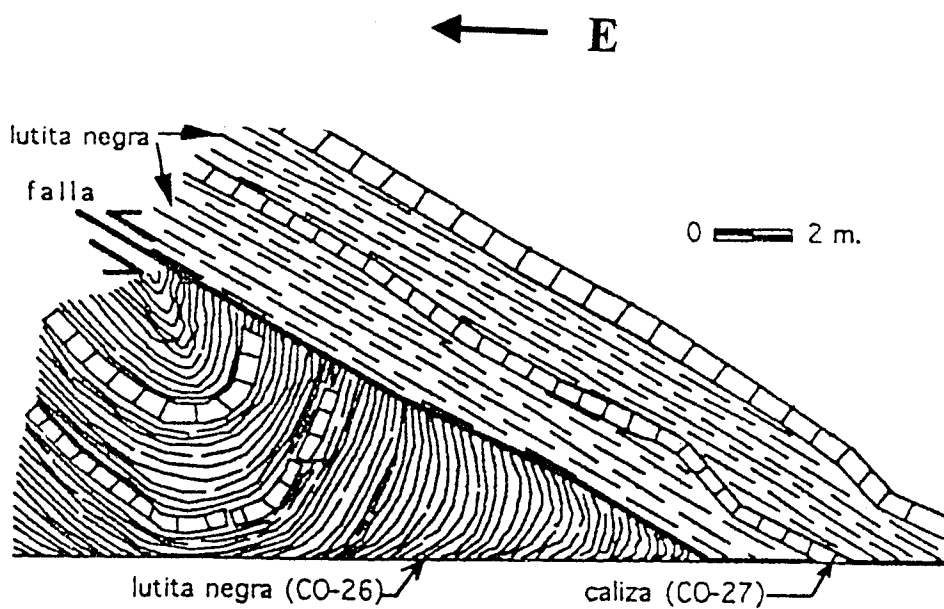
A pequeña escala (en el campo), son pocos los afloramientos donde se puede encontrar pliegues.

En el kilómetro 28+560, geólogos de Petroproducción (Benítez et al, 1996), encontraron pliegues métricos deformando lutitas negras y calizas decimétricas de la formación Napo, junto a una falla inversa. Estos pliegues fueron reconocidos en el campo, y se pudo comprobar que tanto la falla, como los planos axiales tienen rumbos Norte-Sur, siendo la vergencia hacia el Este. (fig. 40). La falla indicada sería una conjugada de una de las fallas principales de retrocabalgamiento. (fig. 74).

En la figura 72, kilómetro 26+220, se pudo interpretar un pliegue hectométrico de tipo anticlinal, precedido de un leve sinclinal que afecta a lutitas y calizas de la formación Napo, el cual se adjunta a una falla inversa de dirección Norte-Sur/ 80° Oeste.

Otro pliegue kilométrico e importante, fue interpretado en la misma figura 72, cuyo eje se encontraría en el kilómetro 28+610.

Otro pliegue hectométrico asociado a fallas inversas, ya se mencionó en el subtítulo correspondiente, cuando se examinó la falla Norte  $15^{\circ}/55^{\circ}$  Este (kilómetro 29+560; fig. 74), donde se mencionó un anticlinal al Este de la falla.



**FIG. 40 FALLA INVERSA, QUE DEFORMA ROCAS DE LA FORMACION  
NAPO. TOMADO DE INFORME TECNICO PPG-96, POR S. BENITEZ,  
G. BERRONES Y J.COTRINA.**

### 5.3. CORTE GEOLOGICO

En el corte de las figuras 72, 73 y 74, se observaron los siguientes detalles:

- Una sucesión normal hasta el kilómetro 23+040.
- A partir del kilómetro 23+320, se encuentra la formación Napo en contacto tectónico de cabalgamiento sobre la formación Tiyuyacu. La Napo aparece de una manera casi continua hasta el kilómetro 28+890, afectada por plegamientos suaves, que son efecto del movimiento compresivo Este-Oeste.
- En contacto normal se presenta sobre la formación Napo, la formación Tena. Este contacto Napo-Tena, fue observado con mucho detalle en el kilómetro 28+890. A partir de este punto subiendo hasta el kilómetro 32+610, en la parte más alta del Shayme, aparece aflorando la formación Tena, también plegada y fallada por efecto de las fallas de retrocabalgamiento.
- No se puede establecer cual es el orden del movimiento relativo de las fallas que afectan a la formación Tena, en vista de que no se conoce cual debería ser la estratigrafía considerada normal en esta zona de estudio (Sur-Oriente).
- Finalmente a partir de la cima del cerro del Shayme hacia el Este (donde se encuentra un contacto fallado de Tiyuyacu sobre Tena), en una gran cuesta se

encuentran en secuencia normal las formaciones Tiyuyacu, Orteguzza, Volcanoclástica sin nombre y Chalcana, afectadas con altos ángulos de buzamiento superiores a los 45 grados.

- Al término de la cuesta, que se señala en la figura 73 como límite entre la zona subandina y la llanura amazónica, aparece una zona cubierta (km 35+820 al 36+620), que no se pudo mapear y donde podría encontrarse la traza de la falla de cabalgamiento subandino, aunque no se observó ningún dato estructural que confirme esta hipótesis.



## CAPITULO VI

### GEOLOGIA HISTORICA

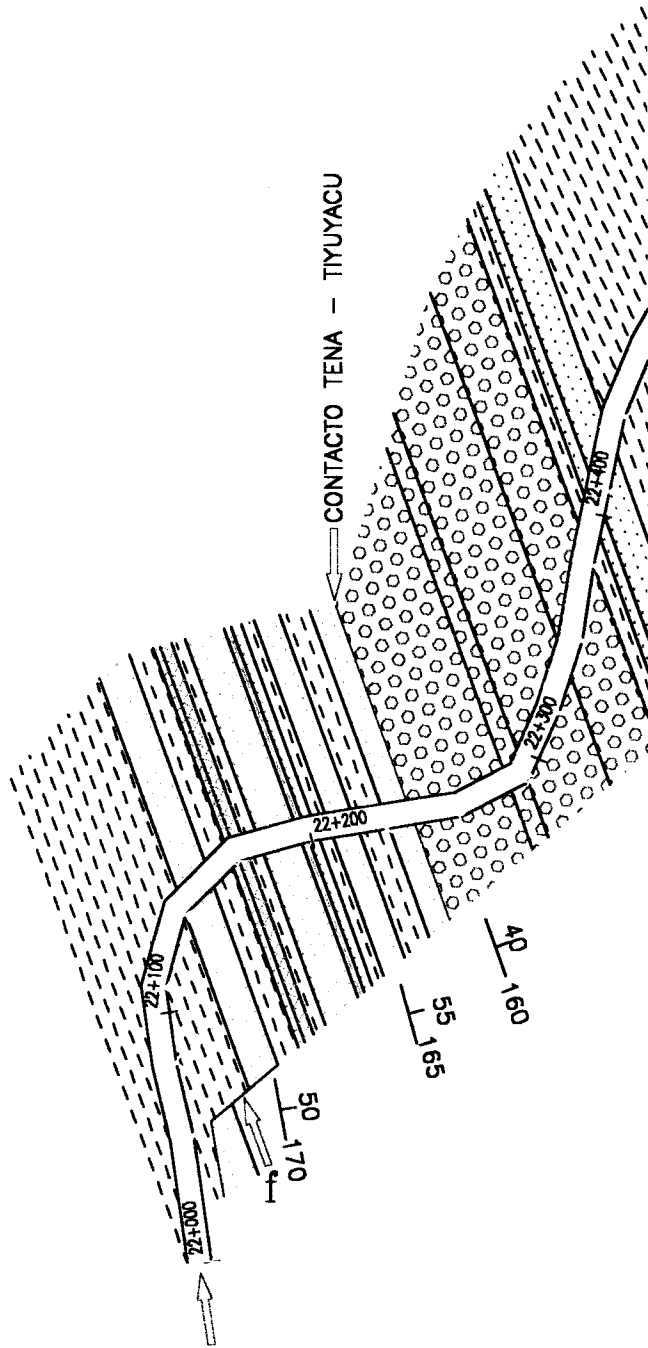
#### 6.1. PALEOGEOGRAFIA

Después del depósito de las Areniscas Hollín en ambiente fluvial a estuarino alrededor del cratón Guayano-Brasilero, la cuenca pericratónica que va a constituir el antepaís de la Cadena Andina, acentúa su individualización (Faucher y Savoyat, 1973).

Durante el Albiense el mar invade esta cuenca, permaneciendo en el Senoniano a diferentes niveles según el lugar considerado; este mar tenía de límite al Este el cratón Guayano-Brasilero, pero hacia el Oeste no estaba directamente abierto sobre el océano predecesor del Pacífico actual, ya que podía estar limitado ya sea por:

- a) Un pliegue de tipo “geoanticlinal”, que produce dos dominios, el “miogeosinclinal” al Este (oriente) y el “eugeosinclinal” al Oeste, caracterizado por su abundancia en materiales volcánicos.
- b) Una guirnalda de islas que constituyeron un arco insular situado en lo que hoy son las provincias costeras ecuatorianas (Faucher y Savoyat, 1973).

Una zona baja serviría de comunicación entre el Este y el Oeste, situada al Norte del Perú (donde actualmente se inflexiona el curso del río Marañón hacia el Oriente).



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

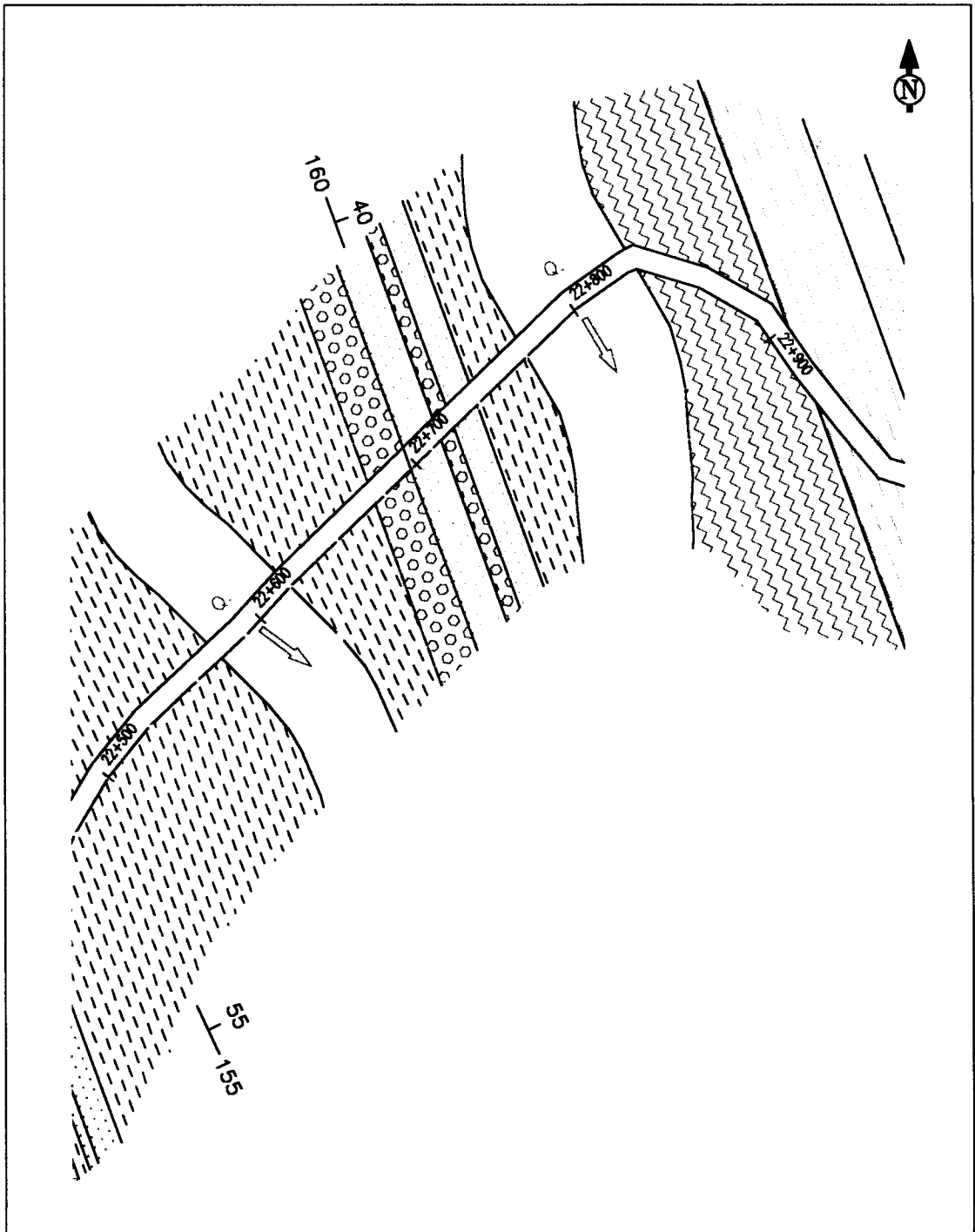
Lodolita

FIG. 41

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



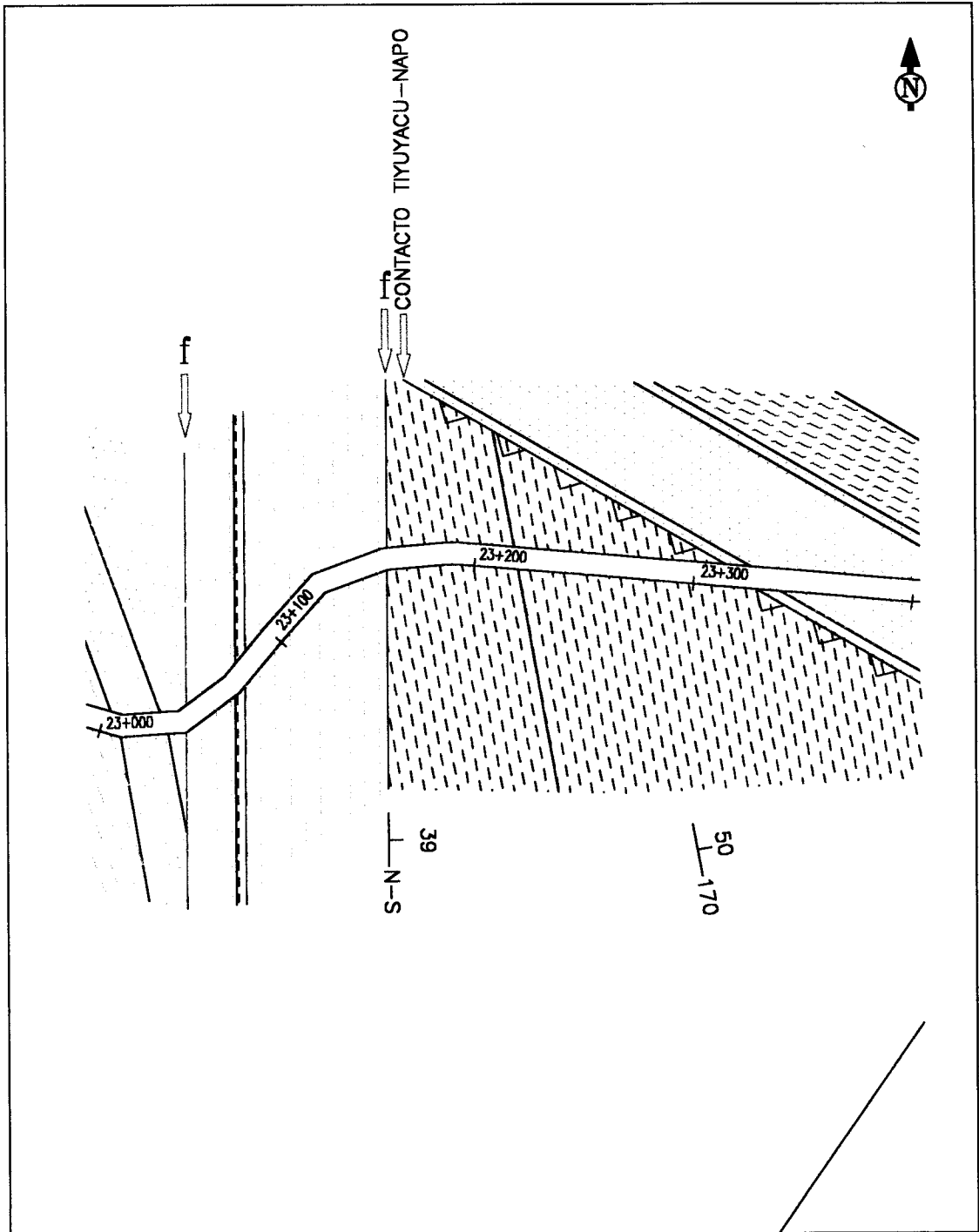
ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA

Arcillolita	Arenisca	Caliza	Limolita	Lutita	Conglomerado	Cubierto	Aren. volc.	Lodolita

**FIG. 42 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
 AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO      FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

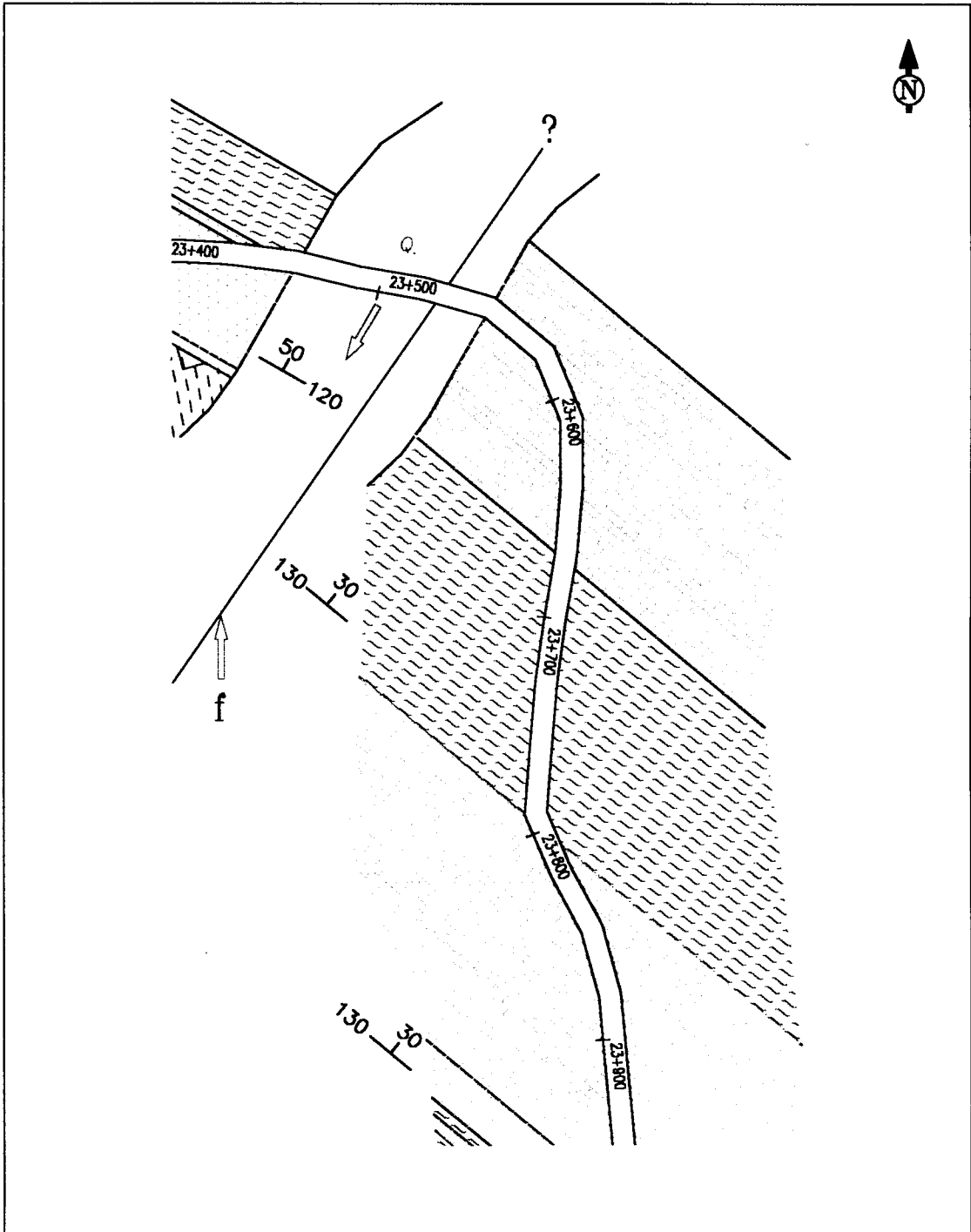
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 43 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. ⇨ FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

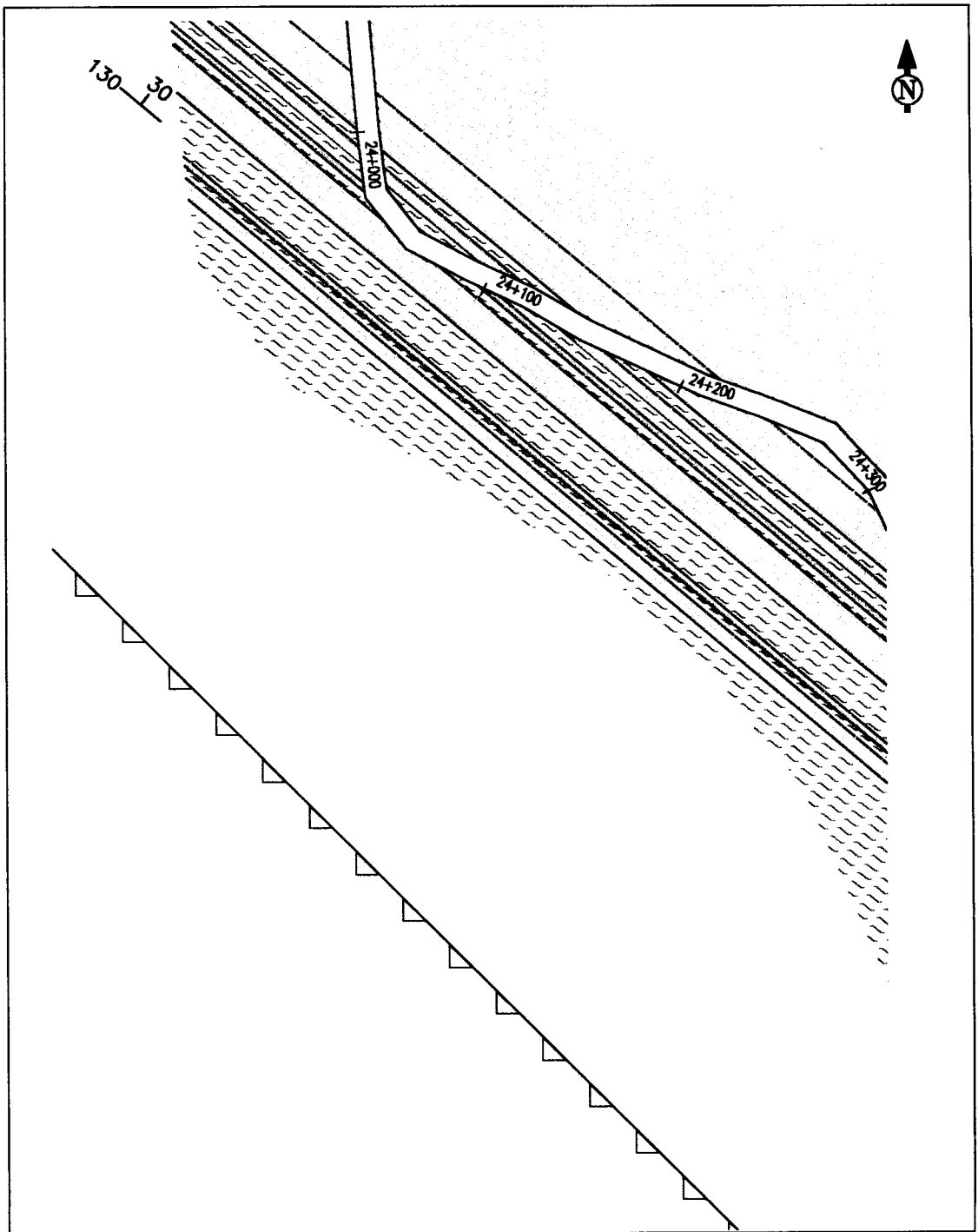
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 44 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcilloлита

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

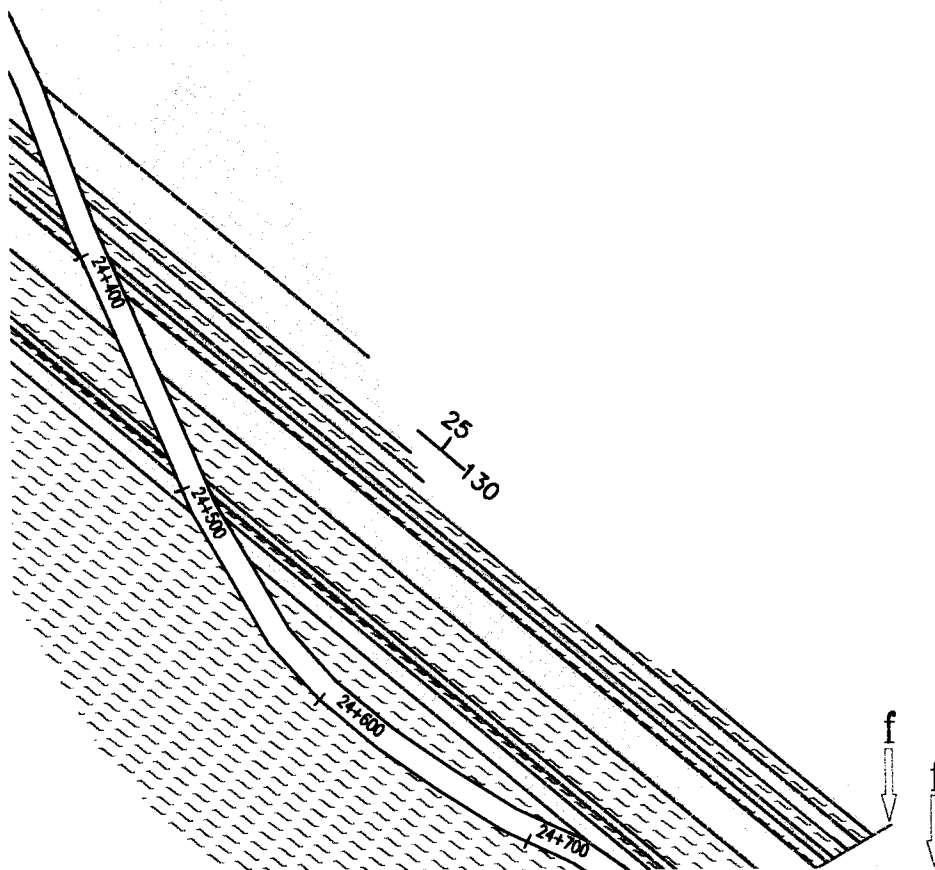
Lodolita

**FIG. 45**

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO**

**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

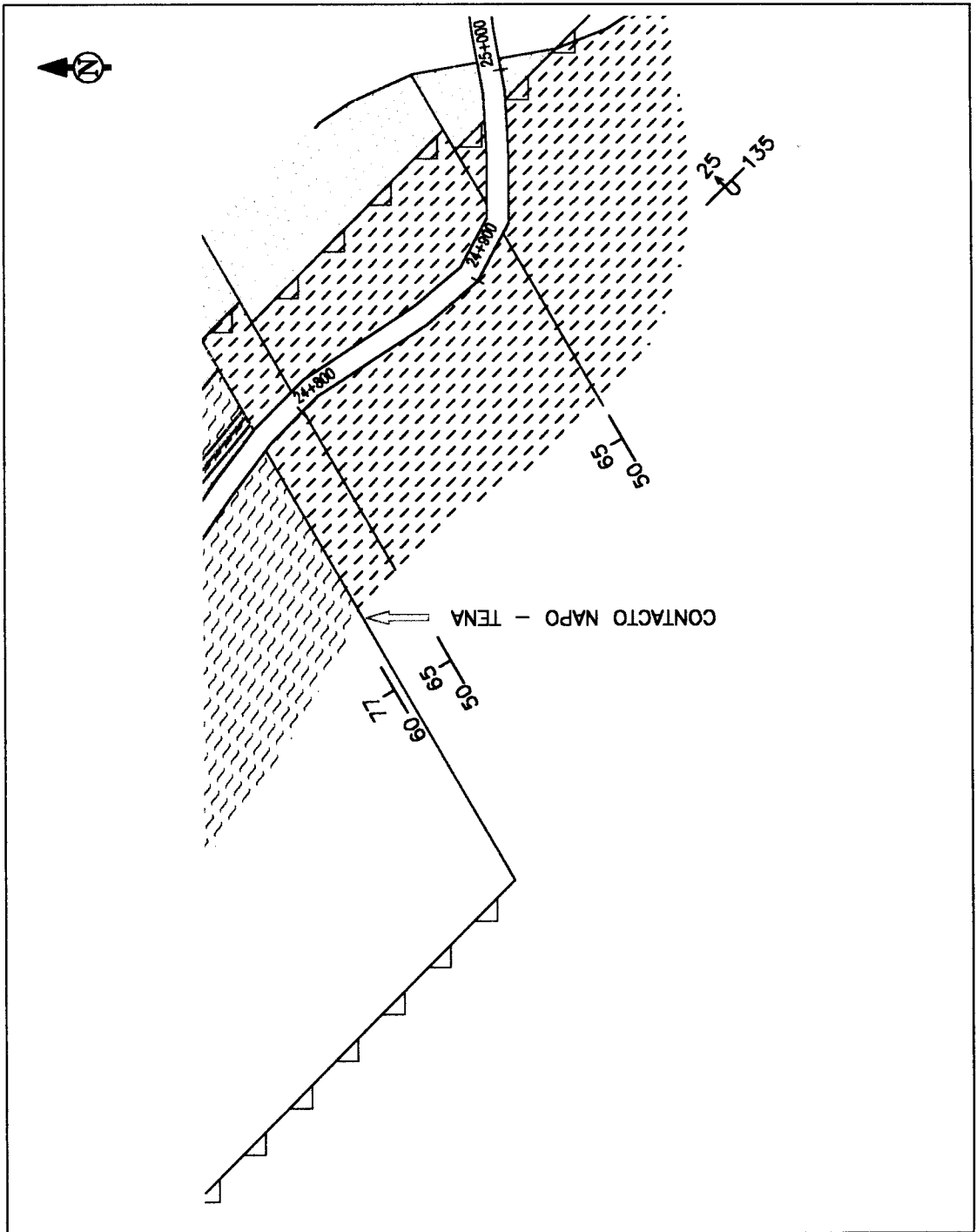
Lodolita

FIG. 46

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

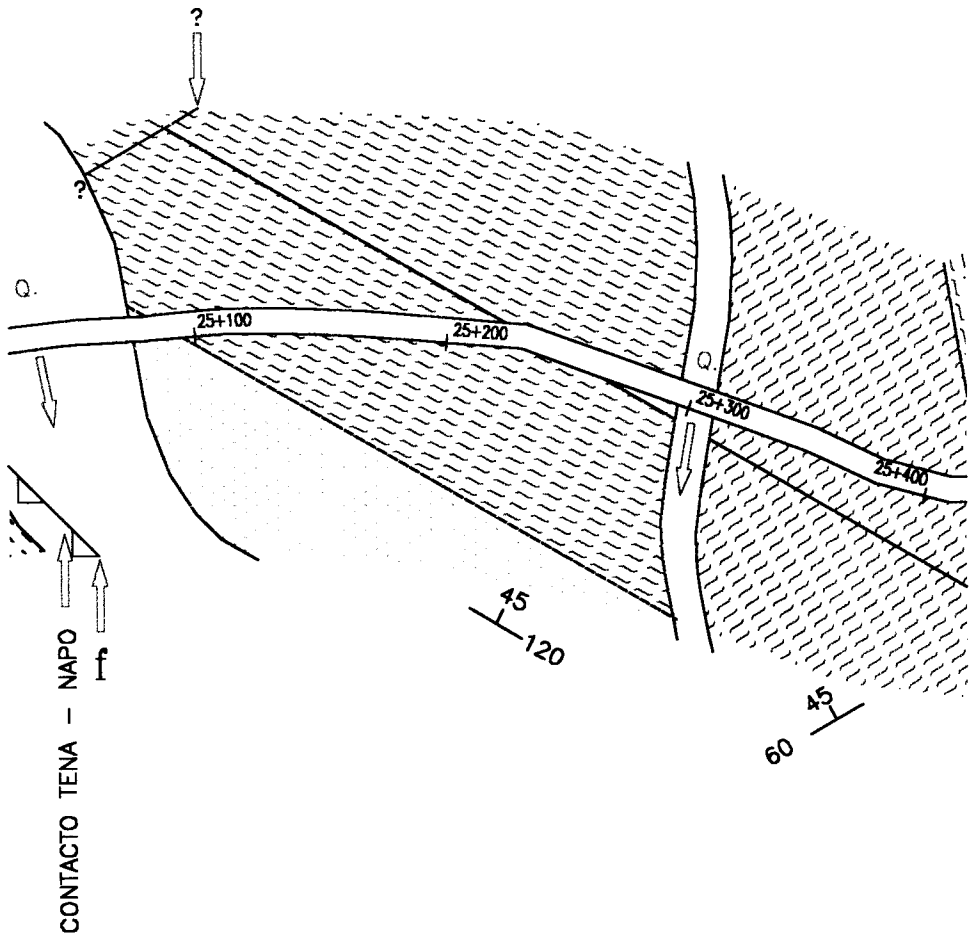
**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA

- |   |   |   |   |   |   |   |  |
|---|---|---|---|---|---|---|--|
|  |  |  |  |  |  |  |  |
| Arcillolita   | Arenisca  | Caliza  | Limolita  | Lutita  | Conglomerado  | Cubierto  | Aren. volc. Lodoita  |

**FIG. 47 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**





ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita



Arenisca



Caliza



Limolita



Lutita



Conglomerado



Cubierto

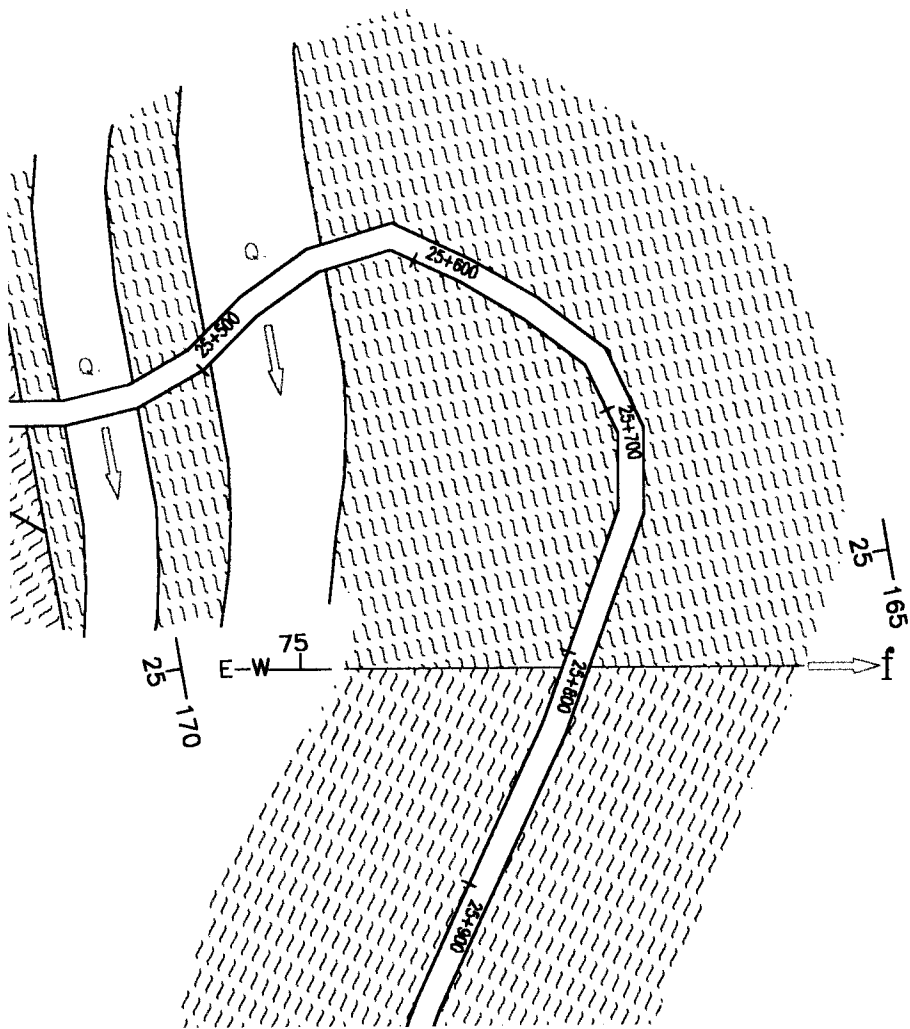


Aren. volc.



Lodolita

**FIG. 48** MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO  
AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

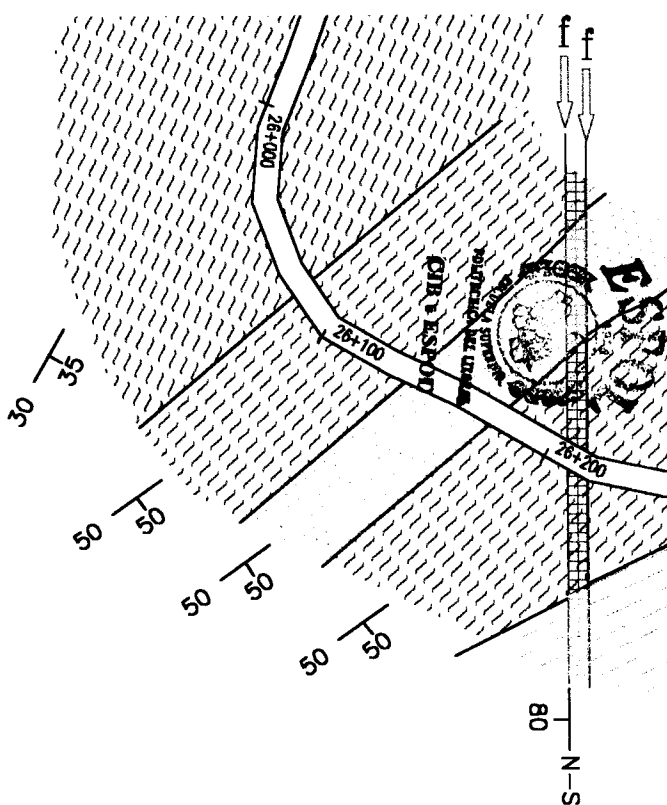
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 49 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. valc.

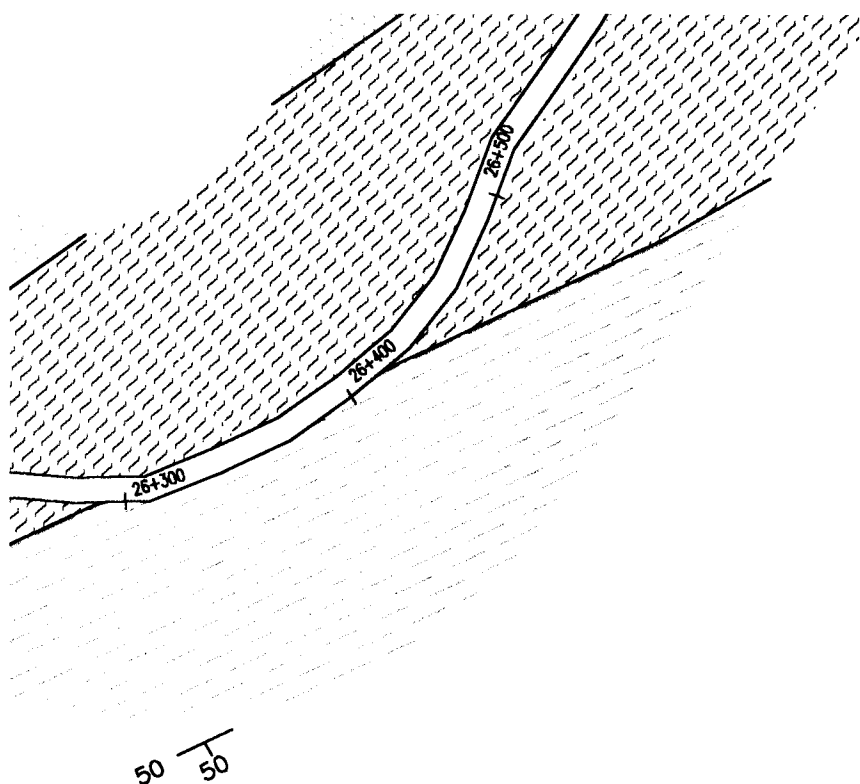
Lodolita

FIG. 50

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita



Arenisca



Caliza



Limolita



Lutita



Conglomerado



Cubierto

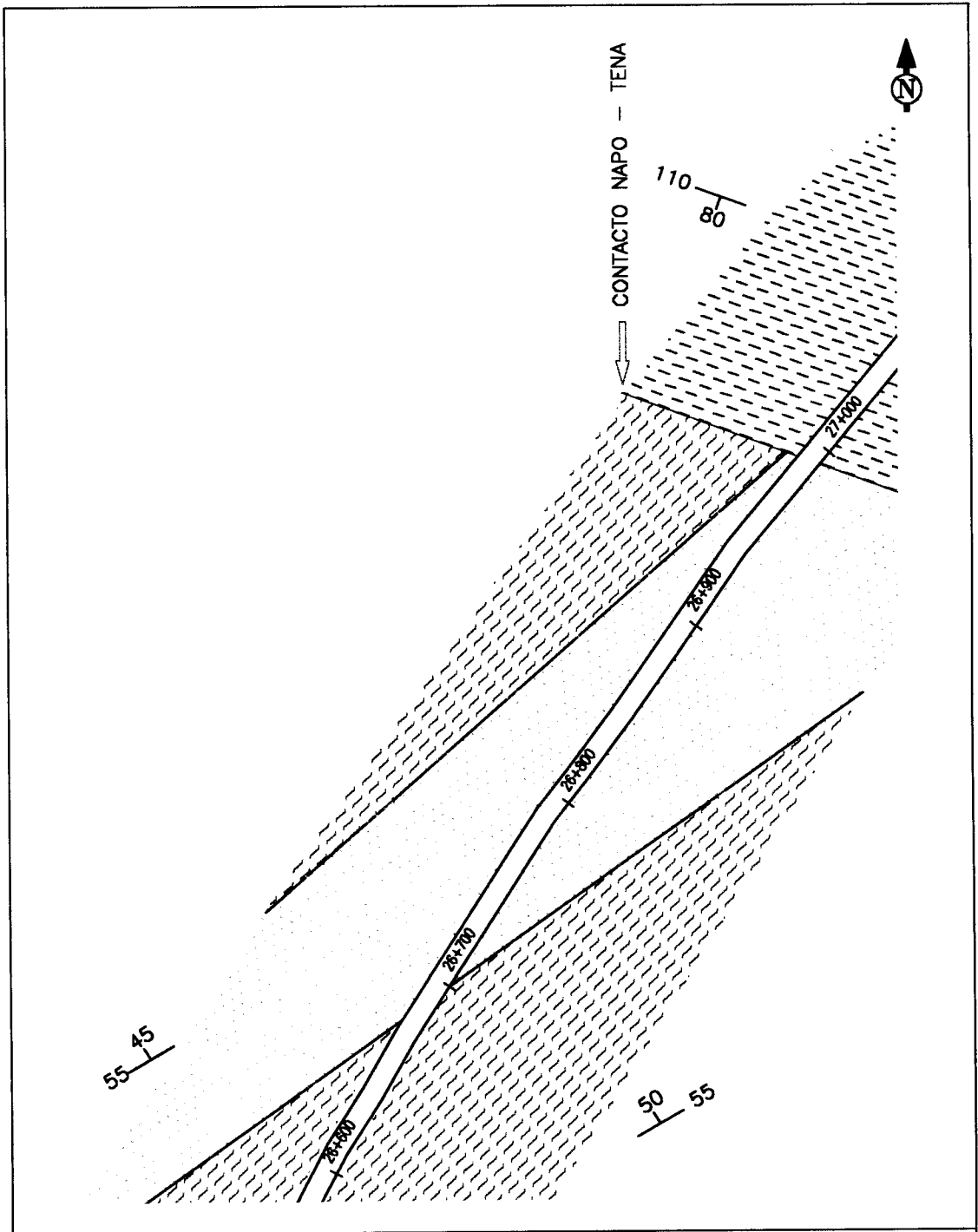


Aren. volc.



Lodolita

FIG. 51 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO  
AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

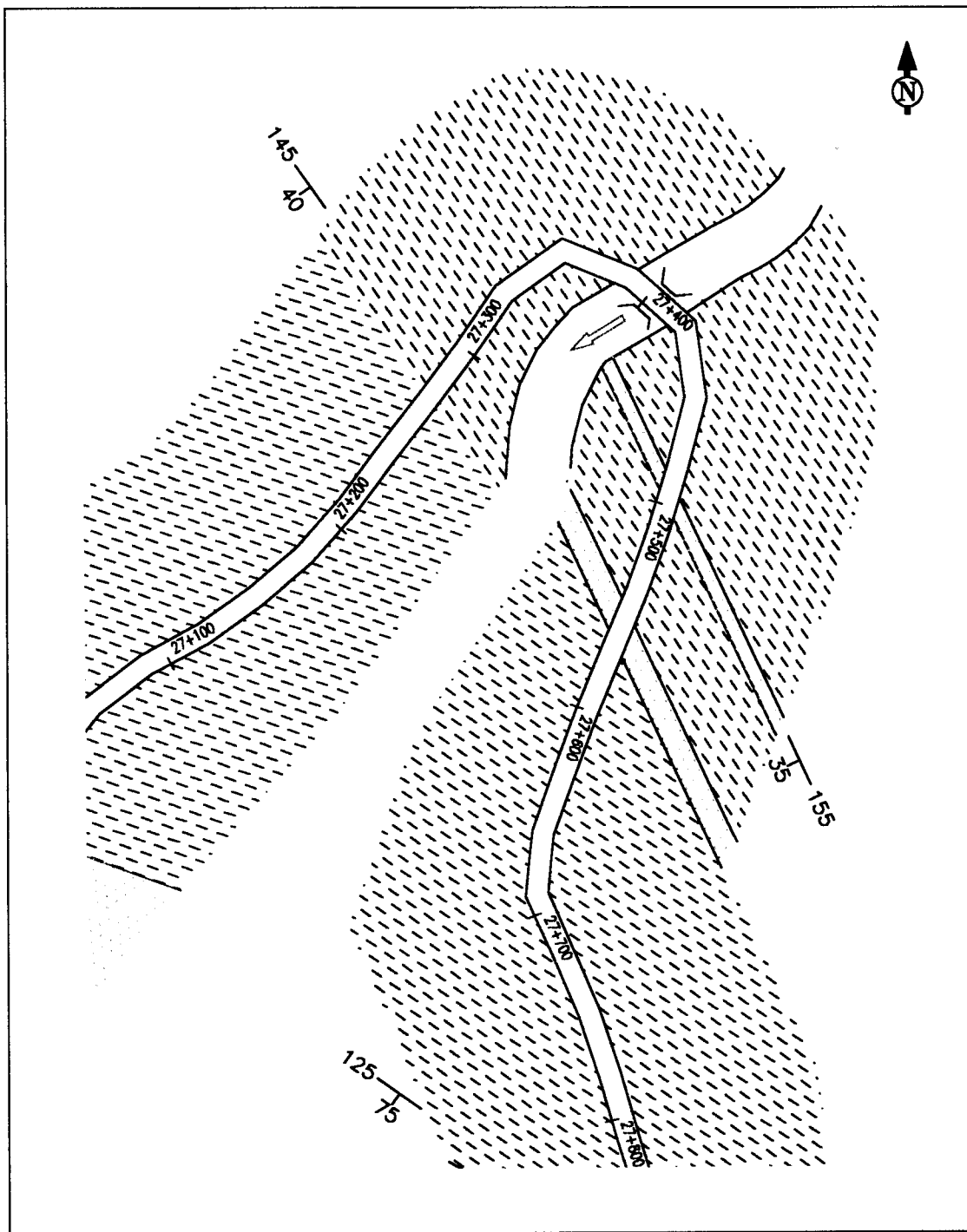
Lodolita

FIG. 52

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

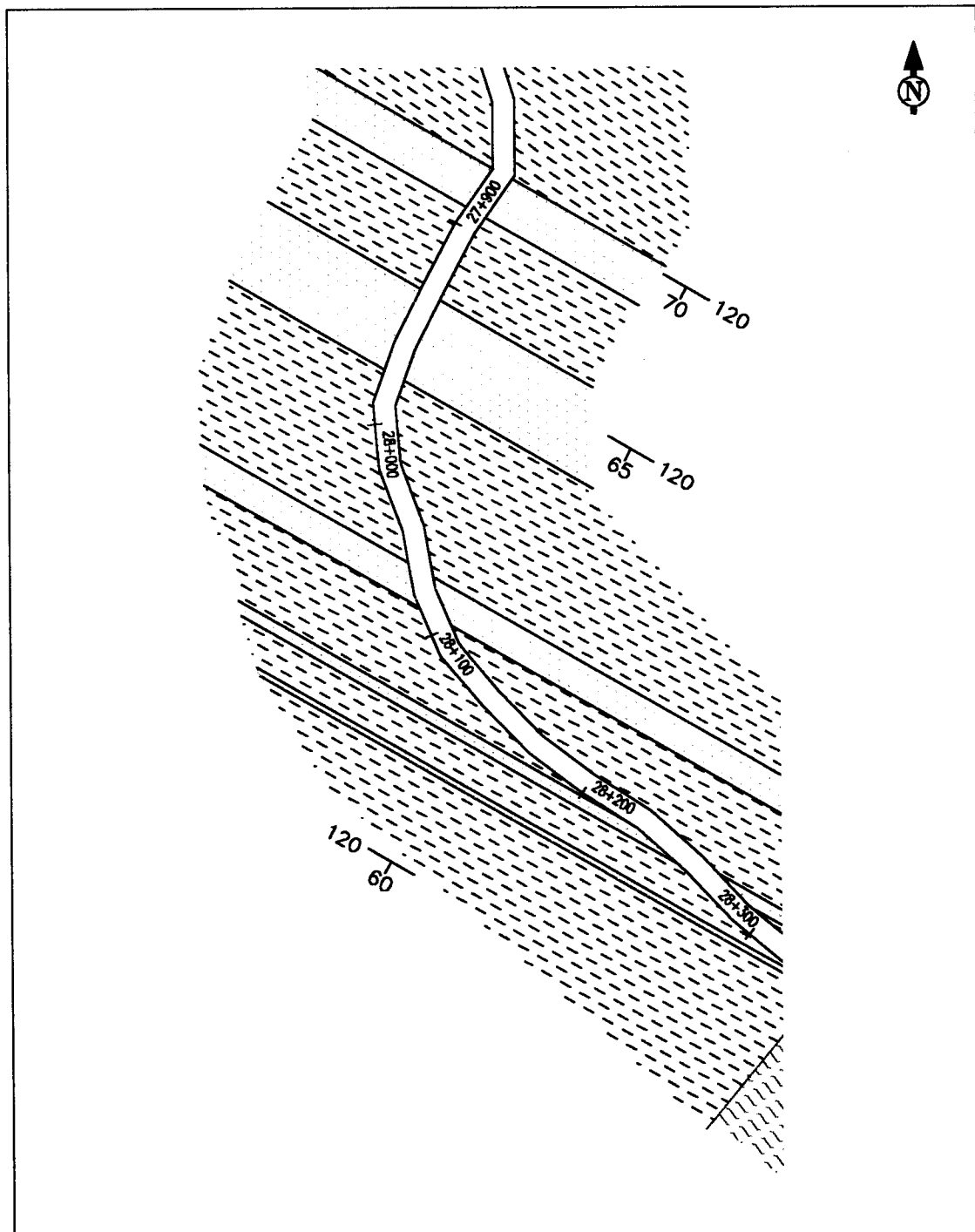
Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 53**

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO**

**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

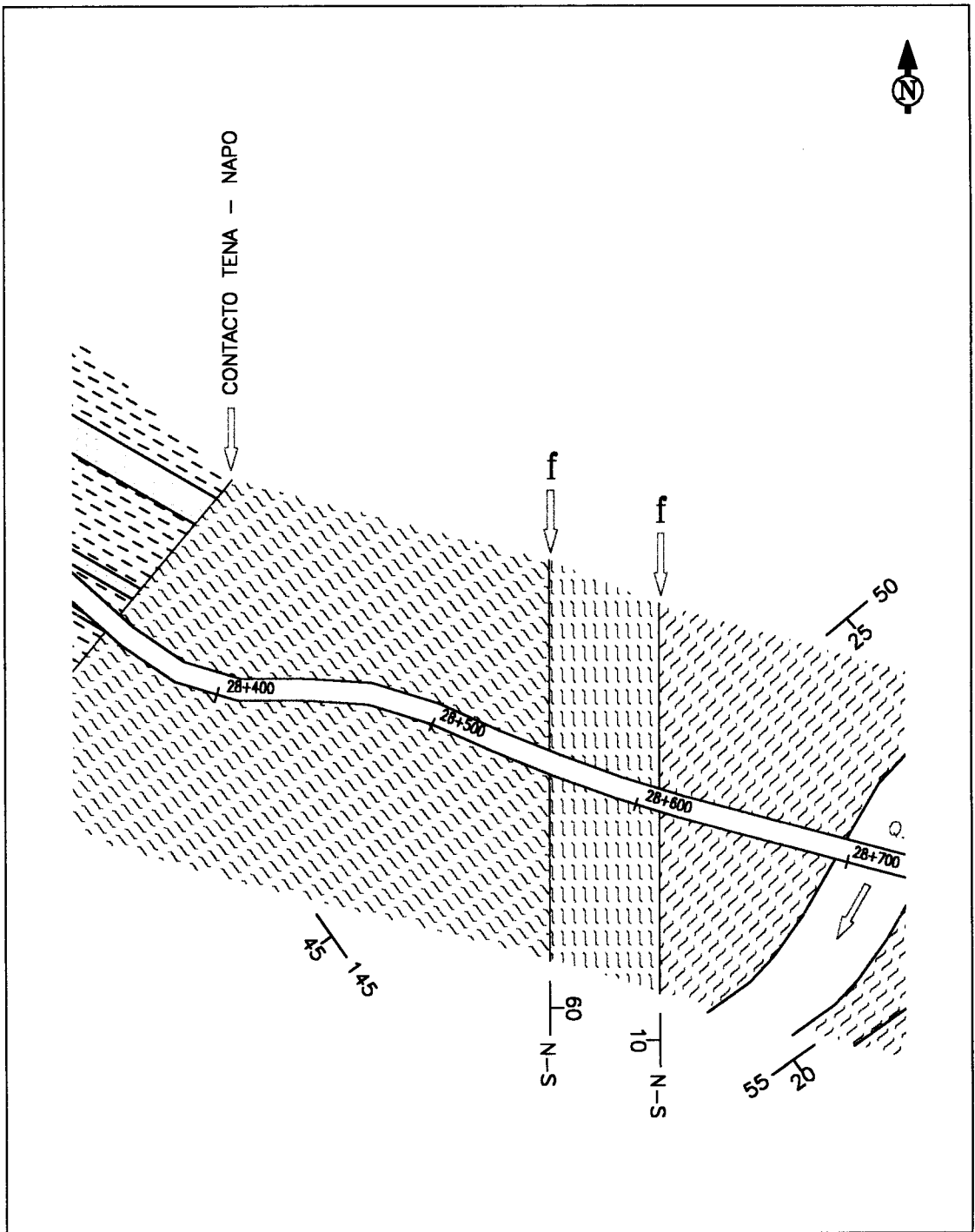
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 54 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO** **FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita



Arenisca



Caliza



Limolita



Lutita



Conglomerado



Cubierto



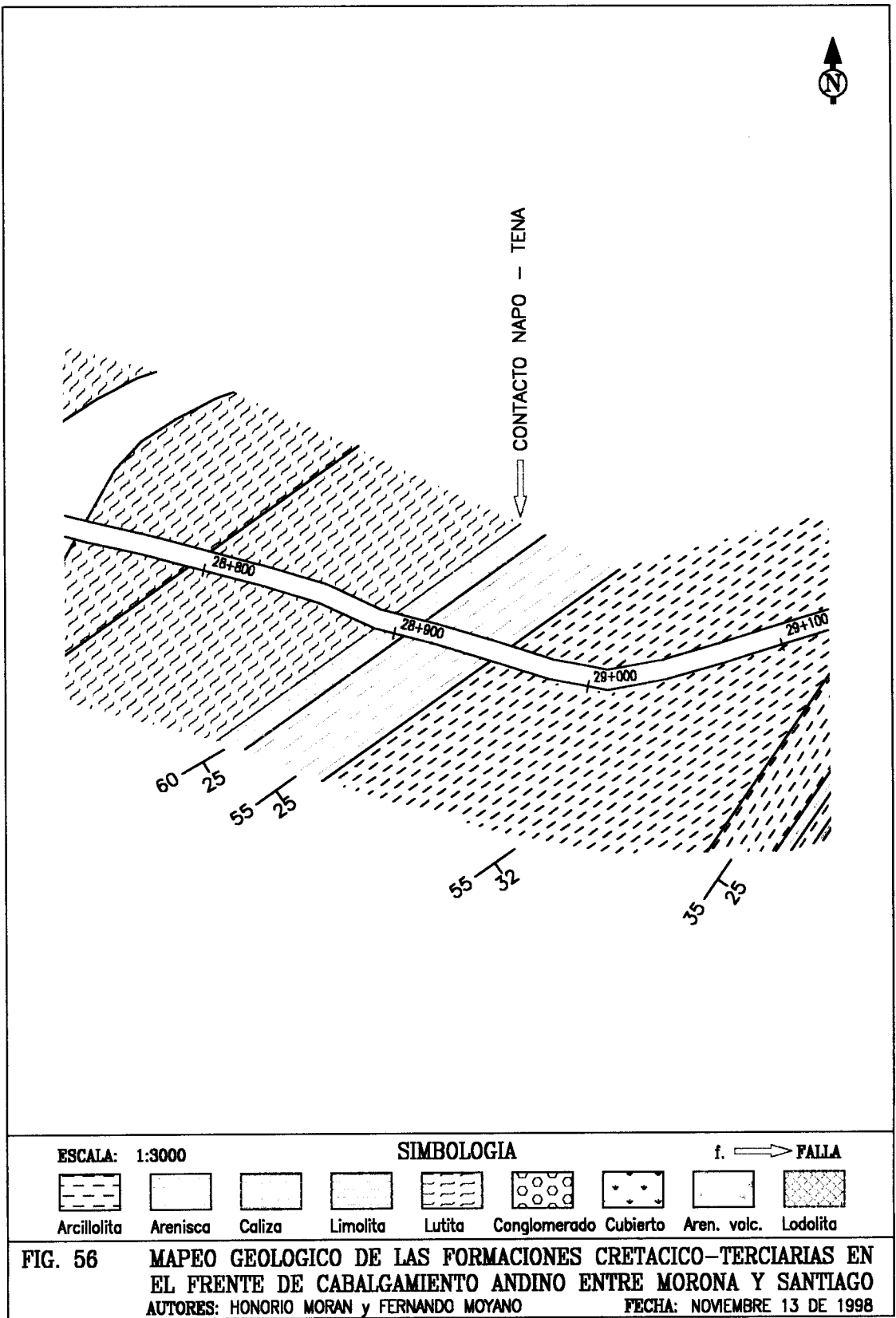
Aren. volc.

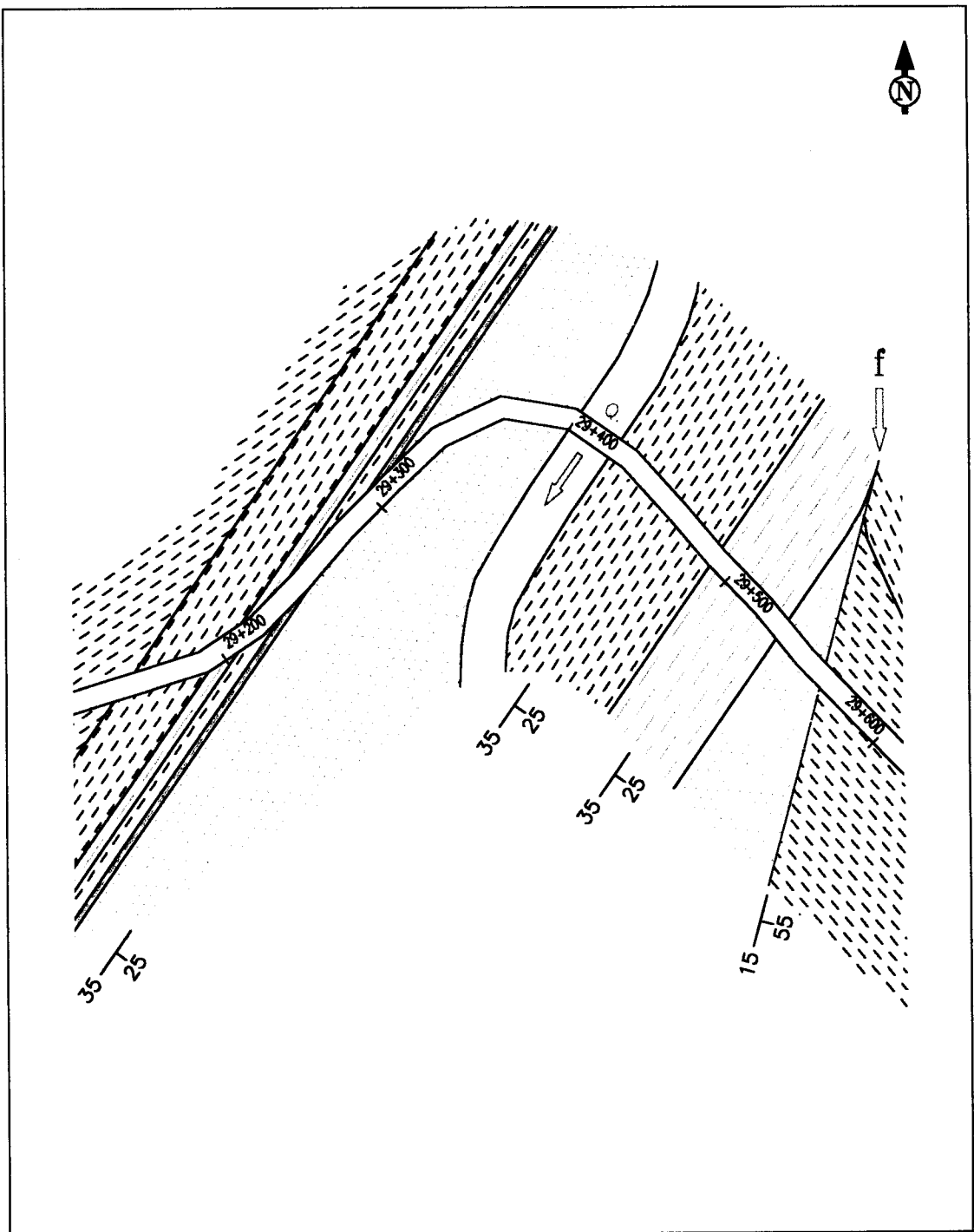


Lodolita

FIG. 55 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO  
 AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
 FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998







ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

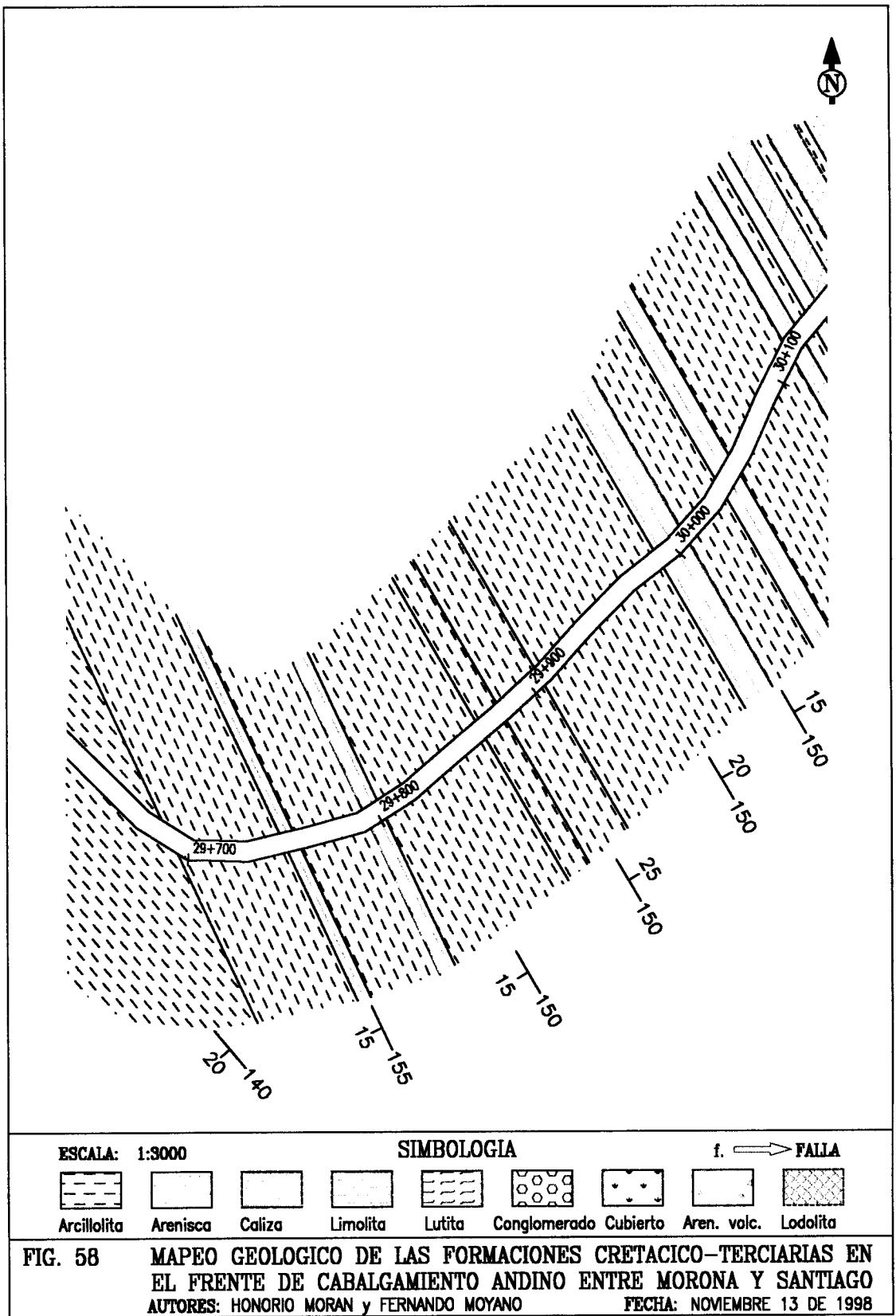
Conglomerado

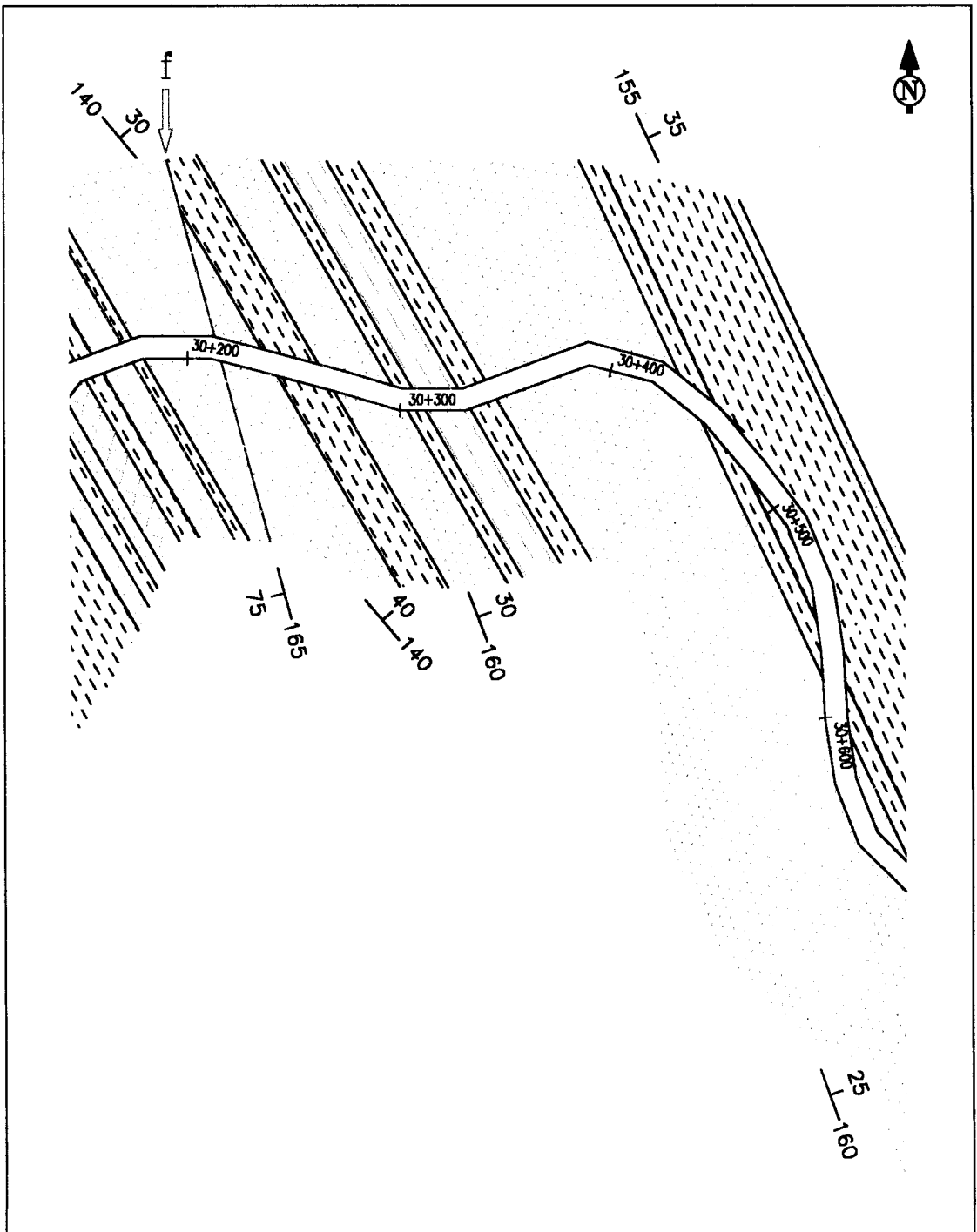
Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 57** MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO  
 AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
 FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998





ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

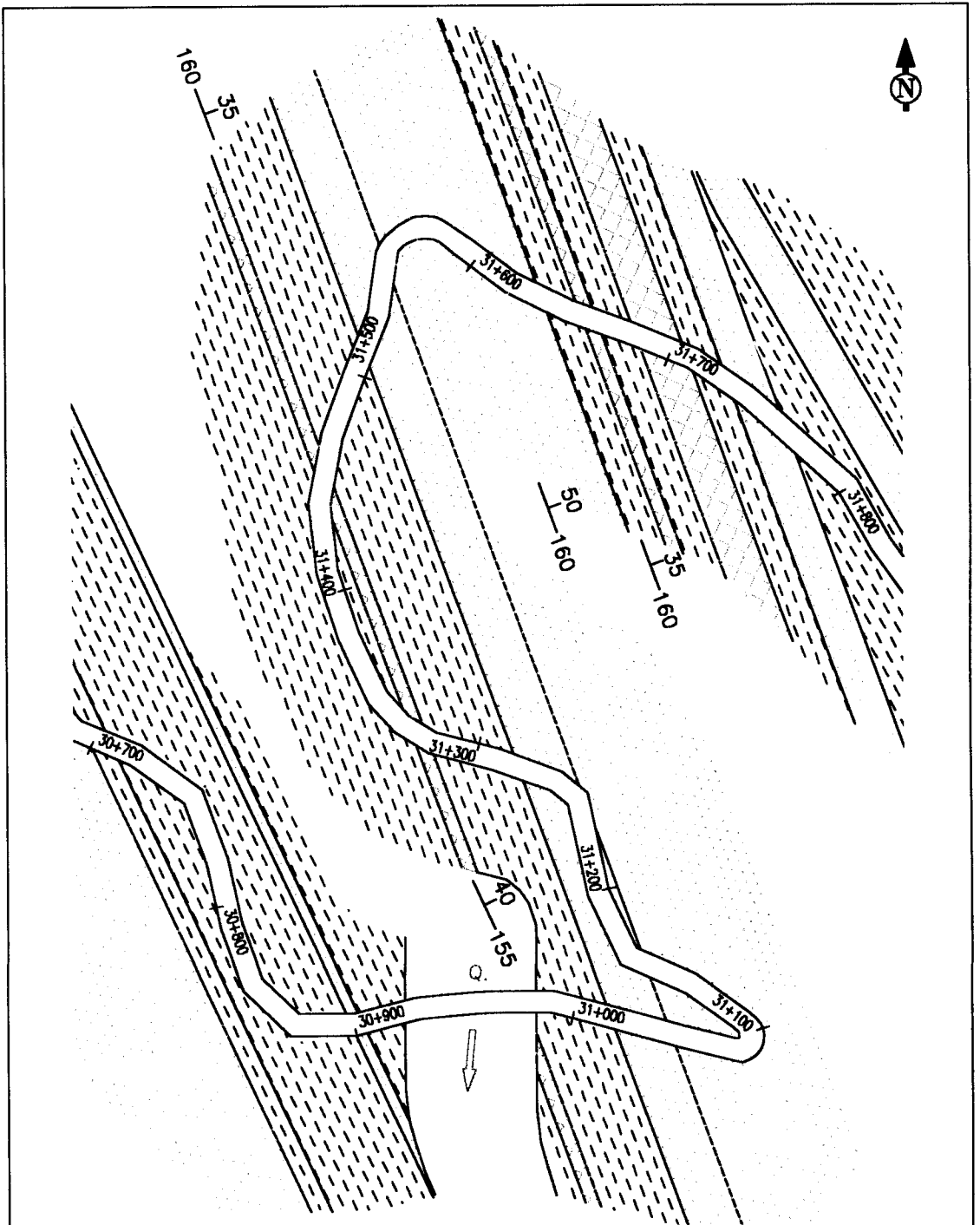
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 59 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
 AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
 FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

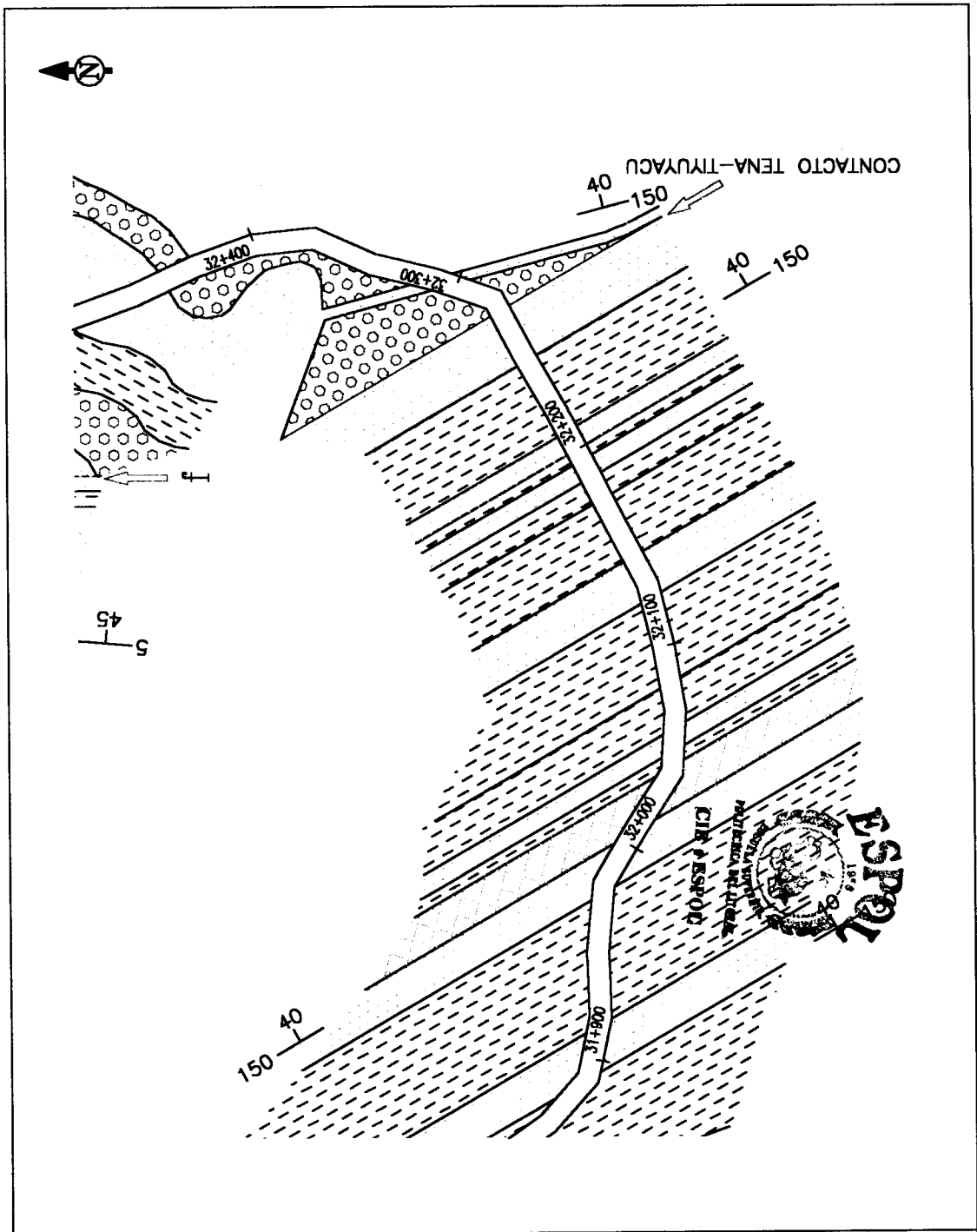
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

**FIG. 60 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
 AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
 FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcilloita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

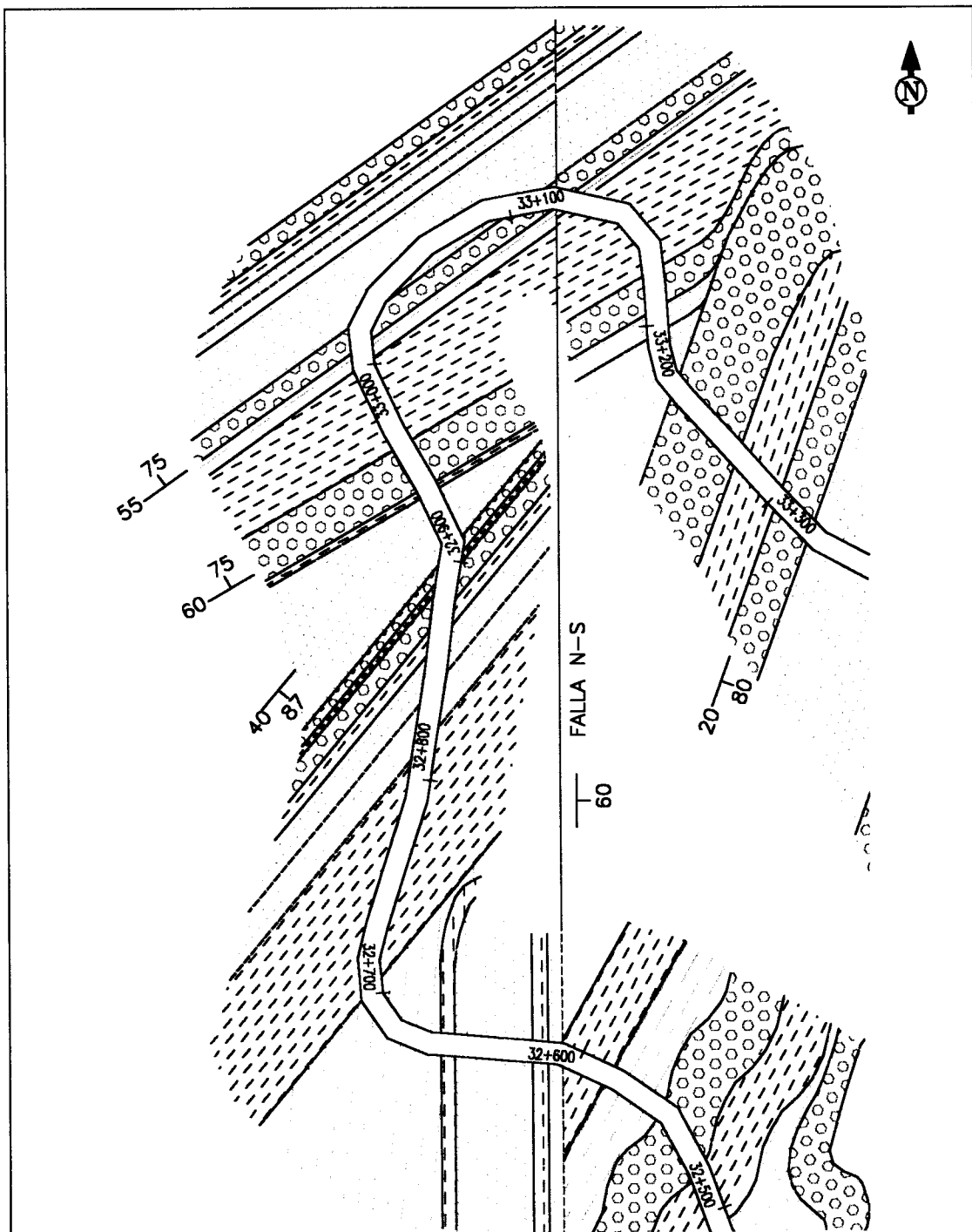
Cubierto

Aren. volc.

Lodolita

FIG. 61

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**  
**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO**  
**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

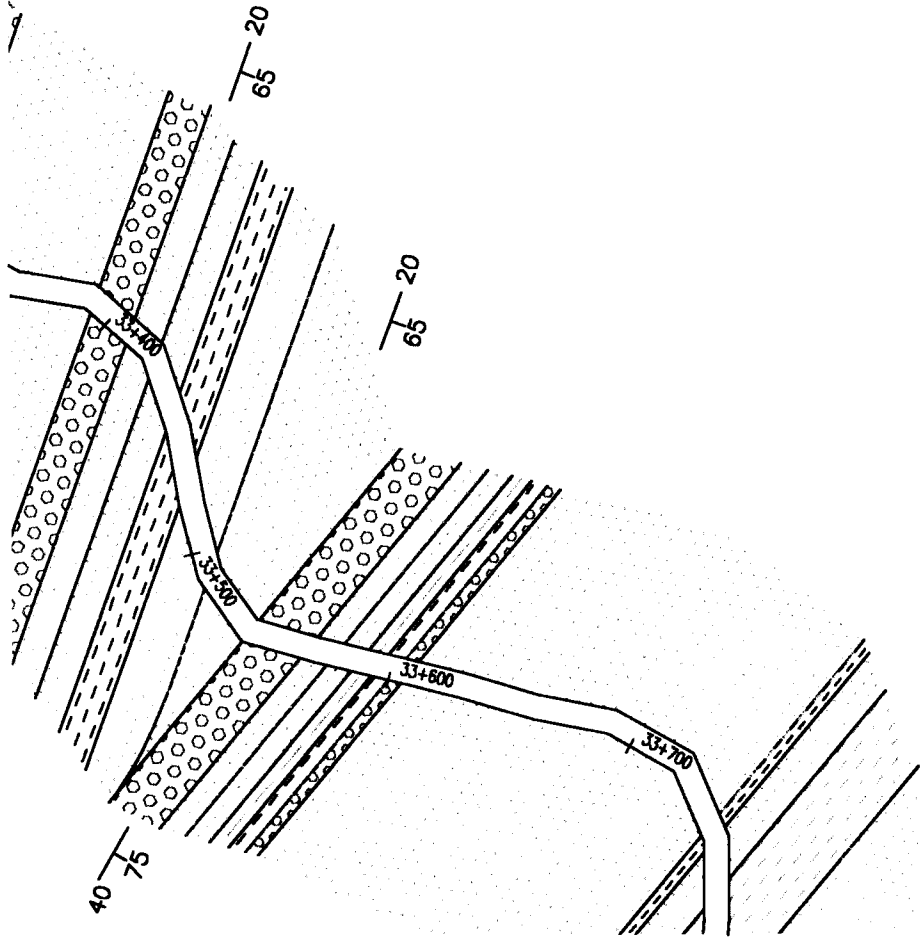
Lodolita

**FIG. 62**

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO**

**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita



Arenisca



Caliza



Limolita



Lutita



Conglomerado



Cubierto



Aren. volc.



Lodolita

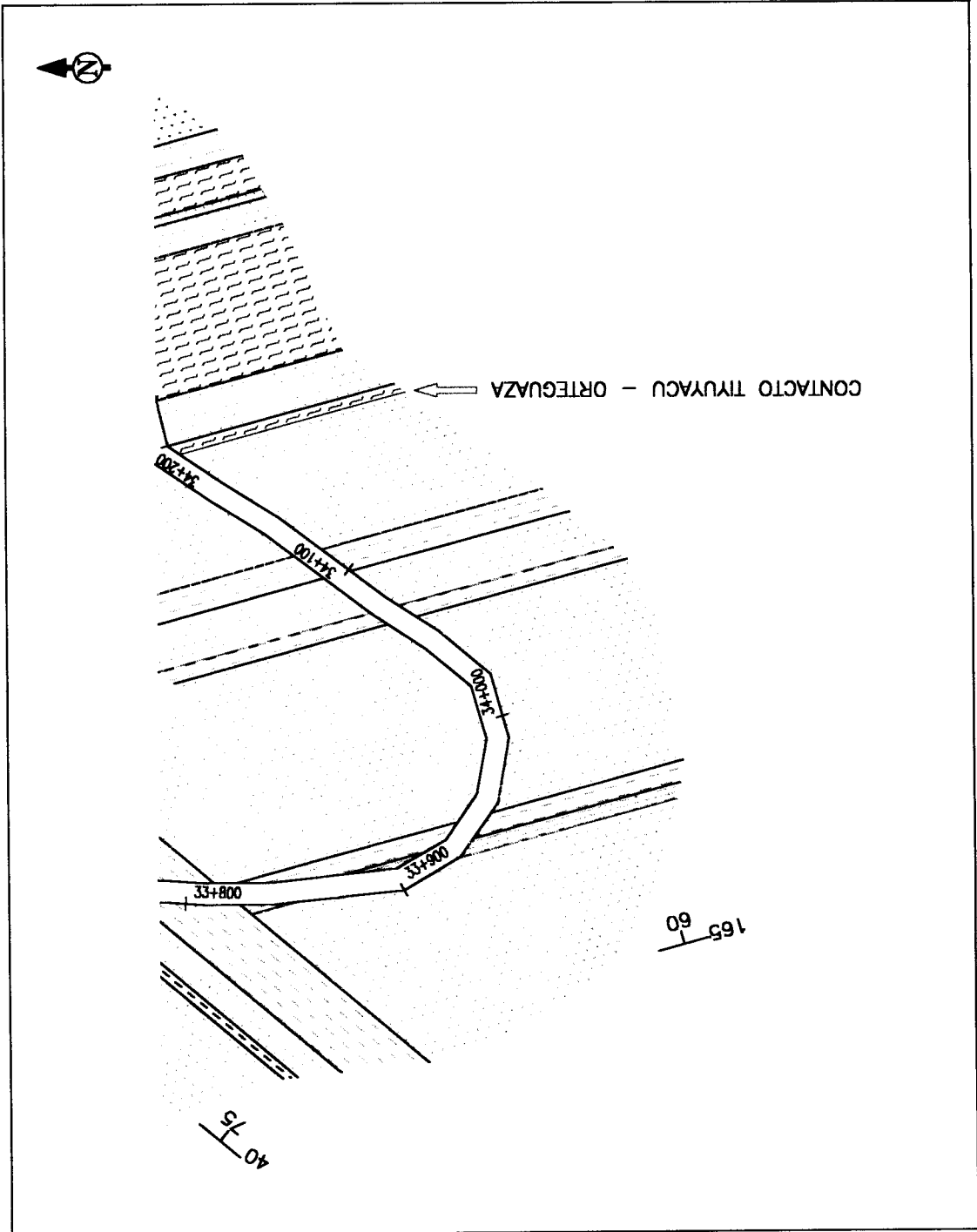
FIG. 63

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998





ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita



Arenisca



Caliza



Limolita



Lutita



Conglomerado



Cubierto



Aren. volc.



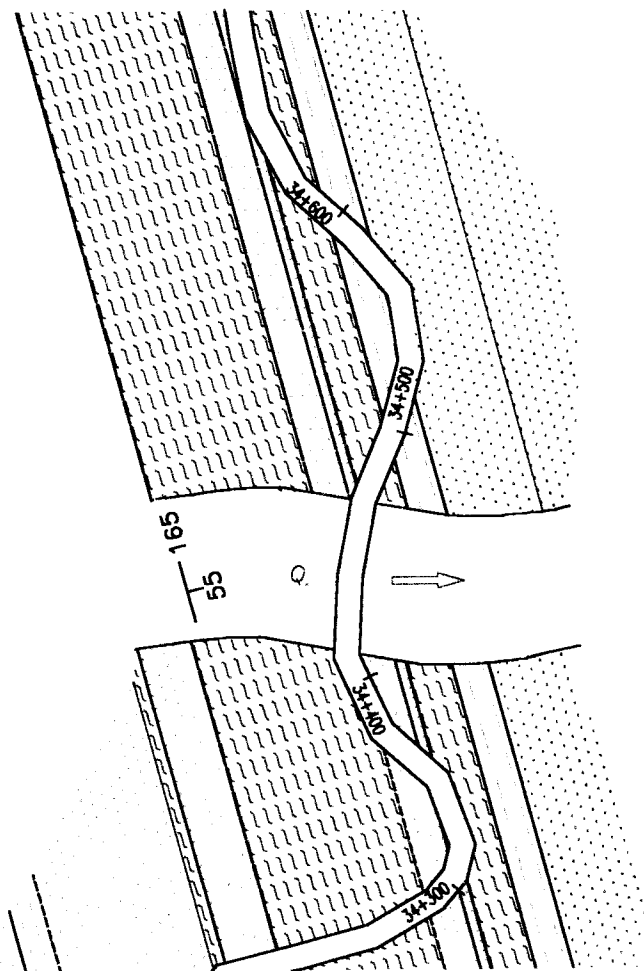
Lodolita

**FIG. 64**

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

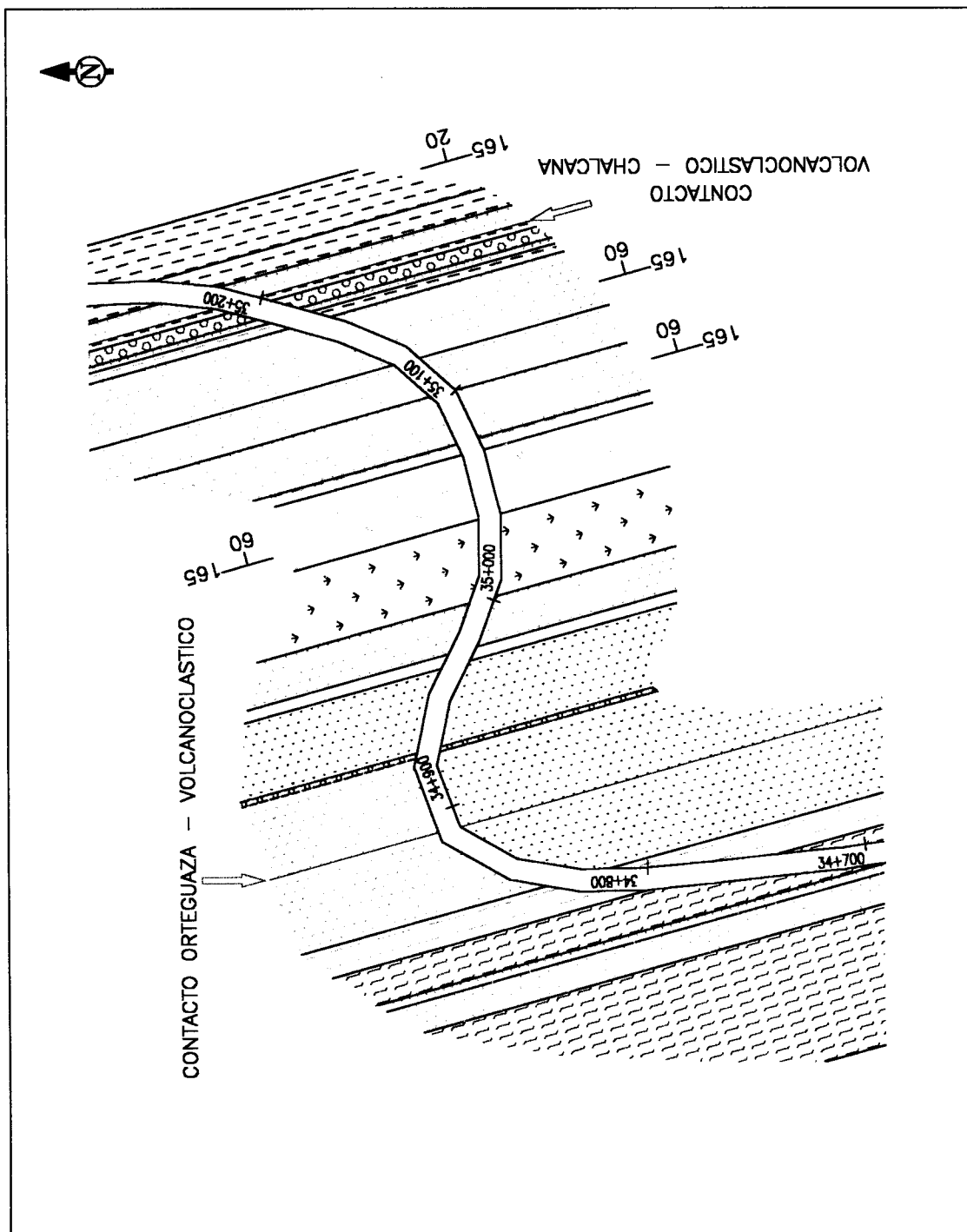
Lodolita

FIG. 65

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

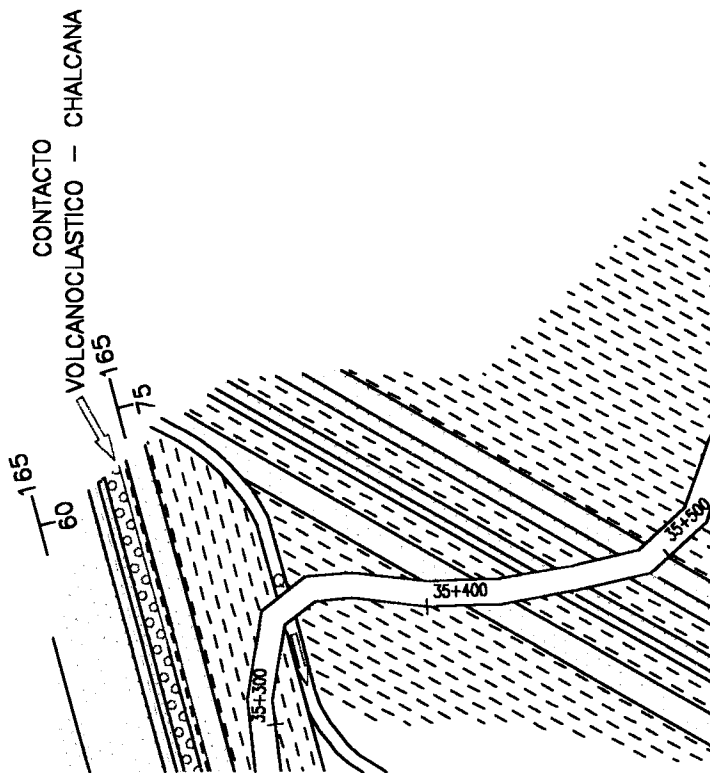
Lodolita

FIG. 66

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.

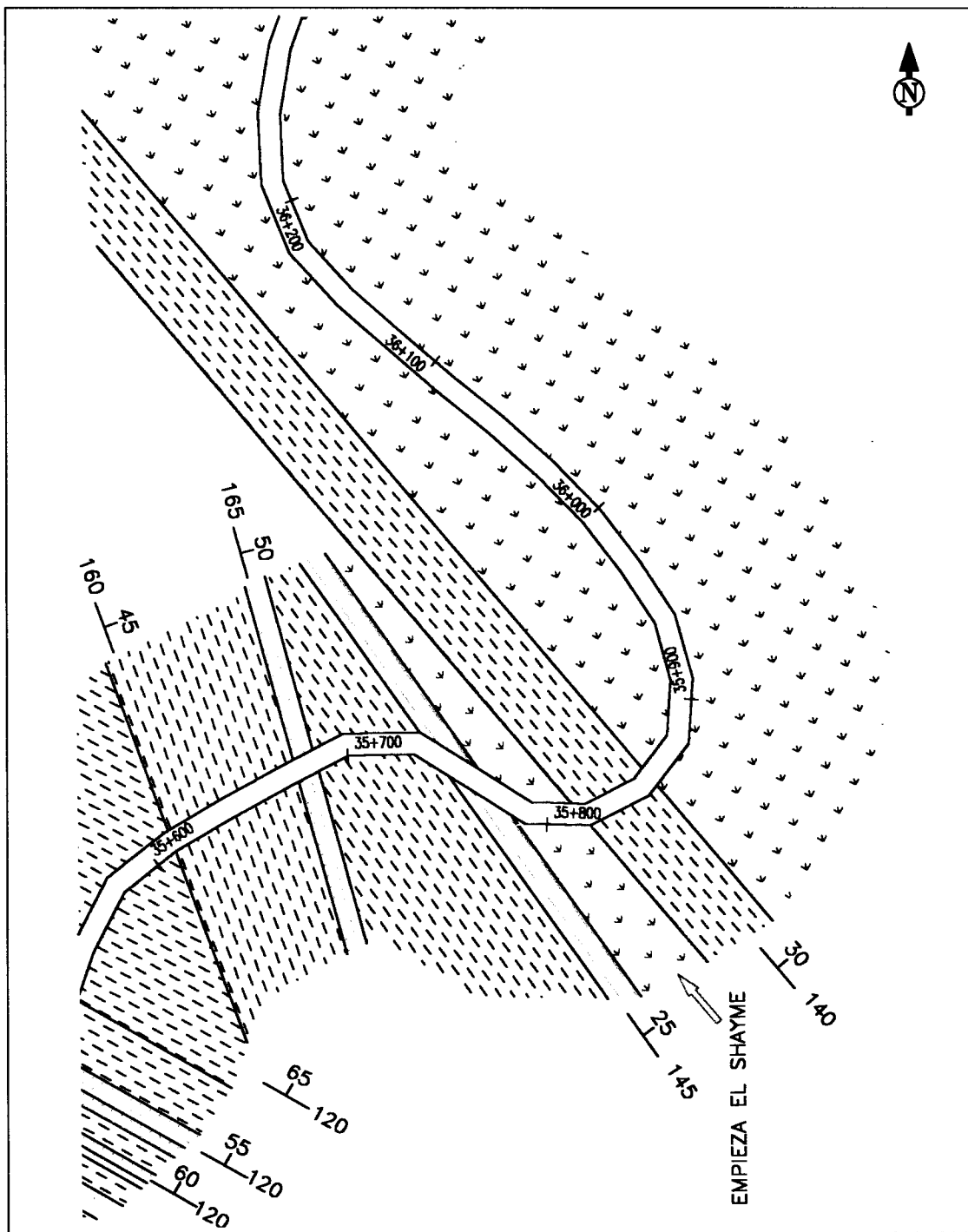
Lodolita

FIG. 67

MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado Cubierto

Aren. volc.

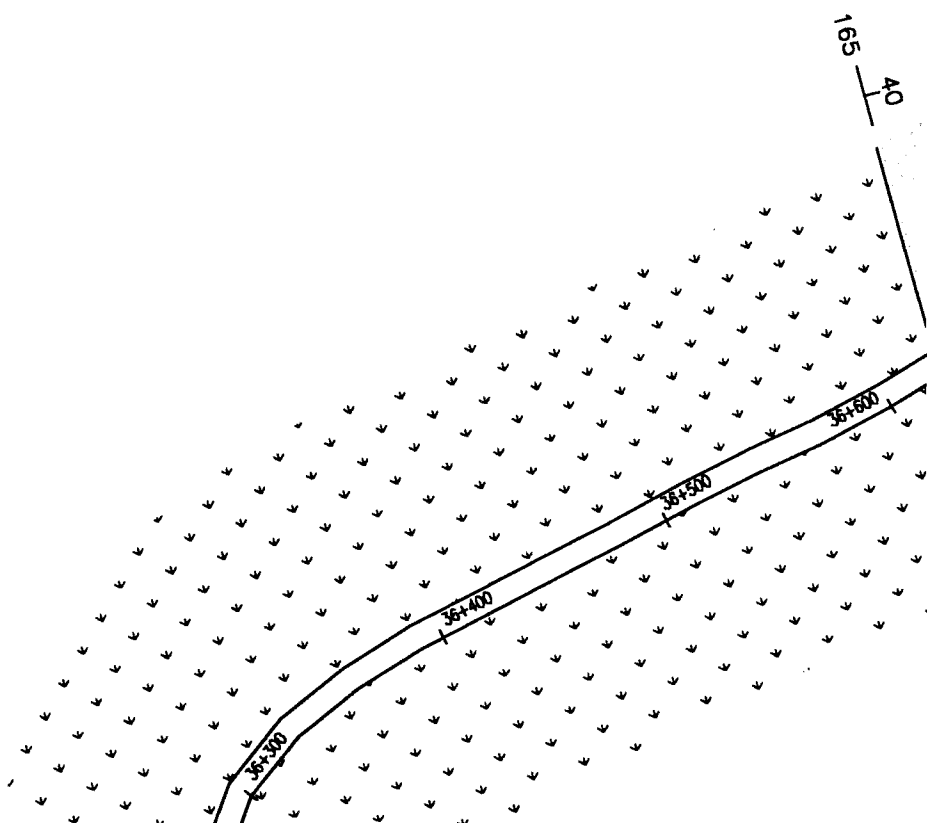
Lodolita

FIG. 68

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO

FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

SIMBOLOGIA

f. → FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

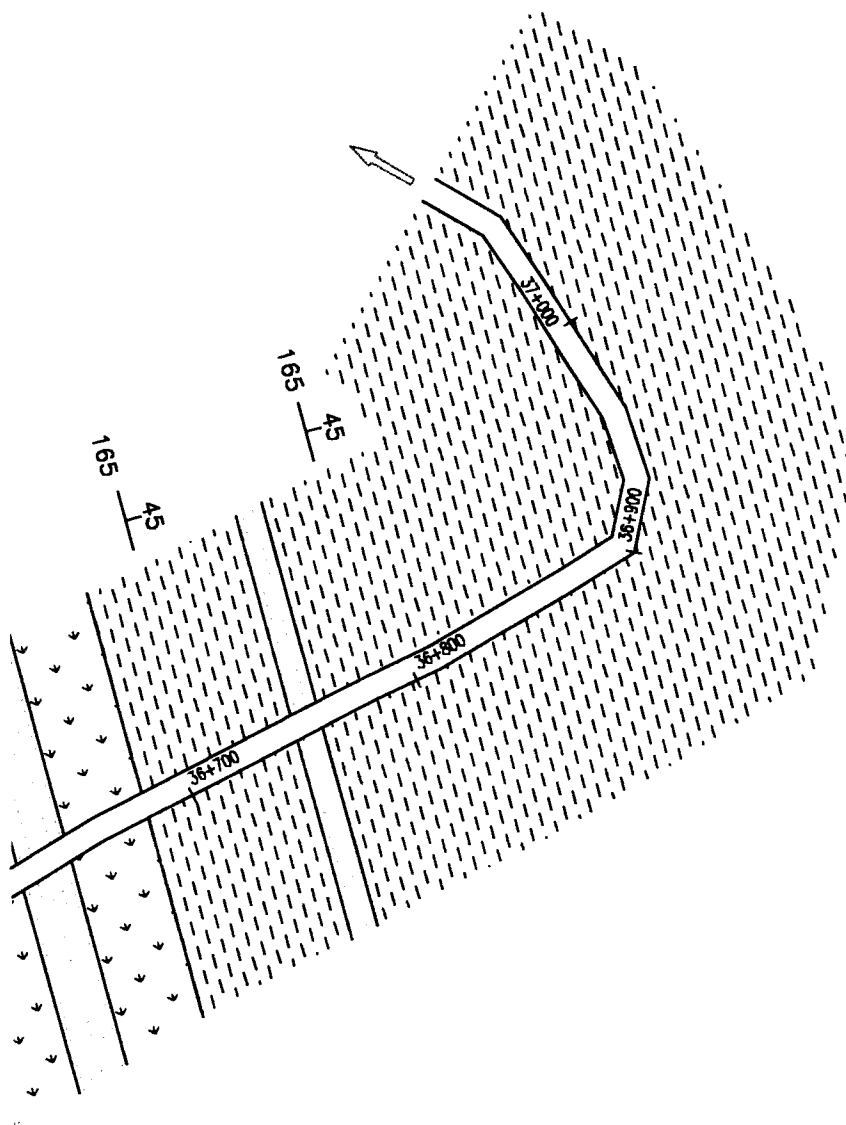
Conglomerado

Cubierto

Aren. volc.


Lodolita

FIG. 69 MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO  
AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO  
FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998



ESCALA: 1:3000

**SIMBOLOGIA**

f.  FALLA



Arcillolita

Arenisca

Caliza

Limolita

Lutita

Conglomerado

Cubierto

Aren. valc.

Lodoita

**FIG. 70**

**MAPEO GEOLOGICO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS EN EL FRENTE DE CABALGAMIENTO ANDINO ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

**AUTORES: HONORIO MORAN y FERNANDO MOYANO**

**FECHA: NOVIEMBRE 13 DE 1998**

En este mar se depositó la formación Napo, que en la zona de estudio se caracteriza por presentar principalmente capas de caliza micrítica y de lutita negra laminada, de medio de plataforma carbonatada y reductor.

En el miembro Napo superior se puede considerar la muestra bioestratigráfica FH-5, que indica una edad del Turoniano medio-Santoniano inferior.

En el Maastrichtiense se depositó la formación Tena. En el área de estudio esta formación se caracteriza por presentar principalmente capas rojas de arcillolitas y limolitas (Tena Rojo), de dominio preferentemente continental fluvio-lacustre; en el kilómetro 28+890 se encontró la base de Tena, caracterizada por areniscas calcáreas; estas areniscas ocurren antes de la depositación de las capas rojas, señalando un medio en el que el mar empezaba a retirarse de la cuenca.

Se cree que la retirada de este mar fue de Norte a Sur (Faucher y Savoyat, 1973), puesto que se ha encontrado al miembro Napo superior de edad Maastrichtiense al Sur cerca de Limón Indanza, el mismo que en la parte Norte del Oriente no alcanza esta edad; pero esto no ha sido confirmado (comunicación personal del Dr. Stalin Benítez).

En el Paleoceno-Eoceno inferior la precordillera Real se elevó transformándose en verdadera cordillera.



Se cree que la depositación de la formación Tena pudo haberse interrumpido durante un corto período antes de la depositación de la formación Tiyuyacu (Faucher y Savoyat, 1973). Para el caso del área de estudio, se encontró dos contactos Tena-Tiyuyacu; el primero (km 22+240; fig. 72), el segundo (km 32+270; fig. 73) está afectado por una falla inversa asociada al cabalgamiento.

En definitiva con la formación de la cordillera Real se produjo erosión y depositación hacia el Este, de los conglomerados de Tiyuyacu. En la zona de estudio se observan conglomerados con clastos de cuarzo lechoso de diámetro entre 1 a 8 cm, areniscas conglomeráticas y materiales muy finos tipo arcillolitas rojas y lutitas cremas.

En el Eoceno medio-superior subsistía un mar residual en el Oriente, tal vez aún abierto hacia el Oeste, en la continuación de la depresión amazónica, al Norte del Perú. (Faucher y Savoyat, 1973). Para el área de estudio este mar residual se traduce en la depositación de unos 140 metros de lutitas negras laminadas piritosas, limolitas negras masivas y areniscas de granos muy finos, con meteorización esferoidal, que corresponden a la formación Orteguzza. (km 34+190 al 34+890; fig. 71).

Del kilómetro 34+890 al 35+210 se encuentran capas de areniscas volcánicas tipo arcosas, areniscas brechosas, caolín y una capa de conglomerado, materiales que corespondrían a una erosión andina.

Del kilómetro 35+210 al 37+080 se encuentra la formación Chalcana, caracterizada por arcillolitas rojas con bioturbaciones calcáreas y areniscas calcáreas de grano fino, donde existen hojuelas de calcita, mostrando un ambiente de desecación. Corresponde a un ambiente lacustre de gran extensión en el Oligoceno-Mioceno inferior.

En el Mioceno superior empiezan a actuar los esfuerzos de compresión, que originan el empuje hacia el Este. En la zona de estudio se producen los anticlinales de las figuras 72 y 73, que luego fueron erosionados.

## **6.2. EVOLUCION TECTONICA**

El miembro Napo superior alcanza el Santoniano inferior. Este miembro fue afectado por una erosión, debido al ascenso de la zona subandina en esa época. En el Campaniense, se produjo la primera fase compresiva de la orogenia andina provocando el retiro casi total del mar en la cuenca.

En el Maastrichtiano los depósitos continentales de la formación Tena presentan un fuerte componente volcánico-clástico proveniente del Oeste.

En el Paleoceno-Eoceno inferior, se produjo la elevación de la precordillera Real transformándose en verdadera cordillera y separando definitivamente al Oriente del Oeste. Esta elevación produjo la erosión de esta cordillera y la depositación hacia el Sureste (zona de estudio) de los conglomerados de Tiyuyacu.

En el Mioceno superior–Plioceno, se produce un período de orogenia, llamado de “paroxismo andino” por ser la época de mayor levantamiento y de emplazamiento de plutones grano-dioríticos.

La orogenia de esta época produce esfuerzos de compresión Este-Oeste, originando el frente de cabalgamiento andino (en la zona subandina); y en consecuencia, empieza a existir un empuje hacia el Este, y se forman los anticlinales y el juego de fallas que actúan tanto en la zona de estudio, como en toda la zona subandina.

Del Plioceno al Cuaternario, mientras la cadena andina se siguió levantando, por compensación isostática la zona baja situada al Oeste de los Andes se profundizaba y se rellenaba con aluviones Cuaternarios. (Faucher y Savoyat, 1973).

## **CAPITULO VII**

### **POTENCIAL HIDROCARBURIFERO DE LAS FORMACIONES CRETACICO-TERCIARIAS ENTRE MORONA Y SANTIAGO**

En los cortes geológicos se observan estructuras de tipo anticlinal; figura que constituye uno de los mejores entrapamientos de tipo tectónico en que se ha encontrado petróleo en el mundo.

Estos anticlinales que contienen a las formaciones Napo y Tena, han sido erosionados, debido a lo cual no puede formarse un entrapamiento de petróleo; como si ocurre en el Norte del Oriente ecuatoriano (Campo Bermejo), en condiciones tectónicas similares.

En la carretera donde se realizó el mapeo (principalmente en el kilómetro 28+880), aparecen lutitas laminadas negras de la formación Napo, que en algunos casos se presentan muy blandas y bituminosas, debido a la presencia de hidrocarburos.

En el análisis petrográfico (muestras FH-8, km 24+840 y FH-25, km 28+890) se encontró manchas de bitumen en rocas de la base de la formación Tena, que en la muestra FH-25 alcanza una proporción del 16,16%.

Se podría estimar entonces que en el sitio del mapeo, el petróleo de la base de la Tena se ha escapado junto con la erosión de las estructuras de tipo anticlinal. Sin embargo en el corte geológico fueron observados plegamientos de tipo anticlinal y sinclinal,

donde el más importante consiste en un anticlinal kilométrico (con eje en el km 28+610, fig. 74), que ha sido erosionado en su parte superior, aflorando solamente la formación Tena y el miembro Napo superior.

Al no aflorar las areniscas “U” y “T”, ni la formación Hollín, cabría la posibilidad de que en condiciones adecuadas de entrapamiento, puedan ser consideradas como prospectos para encontrar hidrocarburos.

## **CAPITULO VIII**

### **CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **8.1. CONCLUSIONES**

##### **8.1.1. Generales**

- Los malos afloramientos impiden un mejor conocimiento de la zona de estudio, puesto que la tesis se maneja exclusivamente con datos de campo.
- El propósito de esta tesis era el de llegar a un modelo tectónico, y no de estudiar detalladamente la sedimentación en los numerosos afloramientos presentados en los 15 kilómetros de la carretera donde se efectuó el mapeo.

##### **8.1.2. Estratigráficas**

- Todas las figuras sedimentarias que mejor se observaron se presentaron en las capas de areniscas de la formación Tena (estructuras internas: laminación horizontal, laminación cruzada, granodecrecencia; estructuras de base de estrato: flute cast, calcos de herradura). En la base de bloques de caliza de la formación Napo se presentaron nódulos de carga.
- Las muestras bioestratigráficas que resultaron con microfósiles fueron pocas (3 de 22), y dos corresponden al miembro Napo superior y una a la formación Tena. El

resto de muestras son generalmente arcillolitas rojas de la formación Tena que generalmente se presentan estériles. De éstas solo la muestra FH-29 (km 29+520) presentó microfósiles.

- La formación Tena presenta una mayor exposición en el área de estudio.
- Se corrobora en dos sitios (km 22+000 al 22+240; fig. 72) y (km 30+210 al 32+270; fig. 73), que el tope de la formación Tena tiene un desarrollo de areniscas muy importante, lo cual es algo que no se conoce en los pozos de la parte Norte de la cuenca.
- En la formación Napo no se determinó megasecuencias, por cuanto, lo que se observó a esta escala eran masas de lutita negra alternadas con calizas claras (generalmente con cristales muy finos). Se pudo determinar los miembros Napo superior y medio por comparación con la columna conocida en pozos.
- En el Norte del Oriente se han reportado materiales volcanoclásticos en la parte superior de la formación Tiyuyacu (comunicación personal del Dr. Stalin Benítez). Se podría pensar que estos materiales reportados equivalen a la formación volcanoclástica sin nombre aflorante en la zona de estudio, puesto que en el Norte de la cuenca casi no aparece la formación Ortegua.

### **8.1.3. Tectónicas**

- Existe una predominancia de fallas de todos los tipos con rumbo Norte-Sur.
- Los pliegues en la zona de estudio son producidos por la acción de las fallas inversas.
- En el Mioceno superior – Plioceno se produce un período de orogenia que produce los esfuerzos de compresión que dan comienzo al Frente de Cabalgamiento Subandino, con su empuje hacia el Este, produciéndose además fallas retro-inversas con empuje hacia el Oeste.

### **8.1.4. Geológico-Económico**

- Existe un anticlinal kilométrico (con eje en el km 28+610; fig. 74) donde la erosión ha afectado a la formación Tena y parte de la Napo superior, por lo que se conservan completas la Napo medio y la Napo inferior, que son buenas productoras, además de que superficialmente se han observado buenas características petrolíferas en el sitio. Por lo tanto las areniscas “U” y “T” de la formación Napo se mantienen como prospectos hidrocarburiíferos en este anticlinal.



- Existe una predominancia de capas rojizas en la zona de estudio, e incluso más al Este de los 15 kilómetros mapeados, se observaron suelos lateríticos muy potentes, que indican la existencia de mucho hierro.

## **8.2. RECOMENDACIONES**

- Realizar un estudio de los suelos lateríticos y de los materiales rojizos de la formación Tena, para determinar su utilidad.
- Considerar a la formación Tiyuyacu como aflorante en este sector, la misma que no se prolonga hasta este sitio en el Mapa Geológico del Ecuador (1993) a escala 1:1'000.000.
- Considerar a la formación volcanoclástica sin nombre como una formación separada de la Tiyuyacu, ya que su litología consta de arcosa litítica, extra-arcosa, extra-litiarcosa y caolín, materiales diferentes a los de la parte superior de la formación Tiyuyacu, que consta principalmente de conglomerados con clastos de cuarzo blanco de origen hidrotermal y cuarzo de origen metamórfico.
- Realizar estudios hidrocarburíferos.

# ANEXO 1

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-2

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 22.14 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, color gris, calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio y clastos de arcilla.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-LITARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	21.32
CLASTOS DE ARCILLA	7.58
CEMENTO SILICEO	22.75
CEMENTO CALCAREO	25.59
FRAGMENTOS DE ROCA PIZARROZA	2.84
POROSIDAD TOTAL	19.90

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 216 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 21.32 %; FR = Clast. de arcilla + Frag. Pizarra = 10.42 %.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-4

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 23.07 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Limolita arenosa, color gris, no calcárea. Esta compuesta principalmente de cuarzo.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LIMOLITA CUARZOSA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	49.19
ARCILLA VERDE	6.06
CEMENTO SILICEO	18.08
SERICITA:	4.58
PIRITA:	0.4
BITUMEN:	1.01
POROSIDAD TOTAL	20.40

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular-subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	36 micras

Por el tamaño de grano se trata de una limolita, conteniendo un porcentaje de cuarzo de 49 %. Debido a esto se le puede adjetivar al nombre limolita la palabra cuarzosa.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-6

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 23.48 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Roca calcárea compuesta totalmente de lodo de calcita microcristalino (micrita).

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** CALIZA MICRITICA

### MINERALOGIA MODAL (%)

MICRITA	98.00
CUARZO	1.2
INTRACLASTOS	0.8

### TEXTURA

REDONDEZ:	Redondeado a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	12 micras

Esta roca cuadra dentro de las rocas ortoquímicas de la clasificación de Folk (1968).

A las rocas ortoquímicas con menos de 10 % de aloquímicos las denomina Micrita.

Según Bisell y Chilingar (1967), rocas carbonatadas con más de 90 % de lodo de calcita microcristalina (micrita) se les denomina caliza micritica.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-9

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 24.84 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de puro cuarzo, de grano muy fino, de color blanco-amarillento, no calcárea, un poco porosa. Donde los granos se encuentran bien pegados.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** SUBLITARENITA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	85.36
MATRIZ ARCILLOSA	0.38
CAOLINITA	0.13
BITUMEN	3.12
POROSIDAD TOTAL	11.01

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	6 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 85.36 \%$ , y no hay feldespato, entonces cae dentro de las Sublitarenitas.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-11

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 25.71 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Limolita arenosa, color gris, no calcárea, tiene impurezas de hierro. Esta compuesta principalmente de cuarzo y cemento silíceo.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LIMOLITA CUARZOSA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	64.42
CEMENTO SILICEO	29.53
PIRITA	0.34
IMPUREZAS DE HIERRO	5.70

#### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangula a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	42 micras

Por el tamaño de grano se trata de una limolita, que al igual que la muestra FH-4 por tener un alto porcentaje de cuarzo (64.42 %), se le puede llamar Limolita cuarzosa. En la lámina delgada se pudieron observar excrecencias autógenas del cuarzo.

### ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-13

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 26.19 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

#### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de cuarzo, de grano muy fino, color blanco-hueso, no calcárea.

#### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** CUARCIARENITA PURA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	64.58
CEMENTO SILICEO	32.42
MINERALES OPACOS	3.00

#### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 42 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = Q + \text{Cemento silíceo} = 97 \%$ . Al cuarzo se le añade el cemento silíceo puesto que este se ha producido por excrecencia autógena. Para el diagrama de procedencia de areniscas sólo se toma en cuenta el cuarzo sin sumar el cemento silíceo.



## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-14

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 26.22 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano muy fino, color gris. Esta compuesta de cuarzo y algo de impurezas de arcilla ferruginosa.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA SILICEA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	43.27
CEMENTO SILICEO	50.61
IMPUREZAS DE HIERRO	4.64
POROSIDAD TOTAL	1.54

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 108 micras

En en la presente muestra el cemento no se ha producido por crecimiento del cuarzo, como la muestra anterior, por lo cual al cuarzo no se le va a añadir el cemento silíceo para la clasificación de Chen. Pero si se puede adjetivar Silíceo (50.61% cem. Silíceo)

## ANÁLISIS PETROGRÁFICO DE LA MUESTRA FH-17

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 26.94 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCIÓN MACROSCÓPICA

Arenisca de grano muy fino, color gris-rojizo, calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo, fragmentos de carbonato de calcio y fragmentos arcillosos.

### DESCRIPCIÓN MICROSCÓPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-CALCARENITA FERRUGINOSA

### MINERALOGÍA MODAL (%)

CUARZO	12.11
FRAGMENTOS DE ARCILLA	3.43
FRAGMENTOS CALCAREOS	10.31
FRAGMENTOS DE LUTITA	2.53
CEMENTO SILICEO	23.51
MATRIZ FERRUGINOSA	29.66
POROSIDAD TOTAL	18.44

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 12.11\%$ ;  $FR = F. Lut. + F. Arcilla + F. Calc. = 16.21\%$ . Ferruginosa (29.66%).

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-22

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, de color gris-oscuro, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, arcilla y carbonato de calcio.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	32.96	
CUARZO POLICRISTALINO	2.19	
CLASTOS DE ARCILLA	1.02	
CEMENTO CALCAREO	33.53	
MATRIZ ARCILLOSA	13.88	> 10%, Wacka de Willians (1968).
ARCILLA SILISIFICADA	3.32	
PIRITA	12.52	
POROSIDAD TOTAL	0.60	

### TEXTURA

REDONDEZ: subredondeado a redondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 180 micras

Para el diagrama de Chen: Q = Q + Q policristalino; no así para el de procedencia.

### ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-23

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

#### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano muy grueso, color gris-oscuro, calcárea. Esta compuesta de cuarzo e intraclastos calcáreos.

#### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** INTRAESPARITA CUARZOSA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	23.06
CEMENTO ESPARITICO	33.10
INTRACLASTOS CALCAREOS	33.12
PIRITA	9.56
FOSIL	1.15

#### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 1mm.

Debido a que sumando el cemento esparítico y los intraclastos da un total de 66.22 %, esta muestra se la puede tratar como una roca calcárea, de donde de acuerdo a los porcentajes y siguiendo la clasific. de Folk, se puede llamar Intraesparita cuarzosa.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-24

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano muy fino, color gris, calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio y fragmentos de rocas sedimentarias.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** CALCARENITA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	36.08
FRAGMENTOS DE CALIZA	12.39
MATRIZ ARCILLOSA	24.43
FRAGMENTOS DE LUTITA	0.60
FRAGMENTOS DE HIERRO	2.41
POROSIDAD TOTAL	24.08

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular-subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	65 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 36.08 \%$ ; con un predominio de fragmentos de caliza entre los fragmentos de roca.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-25

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, color gris-rojizo, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio y de intraclastos de arcilla.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	46.78
FRAGMENTOS DE ARCILLA	13.43
CEMENTO CALCAREO (ESPARITICO)	23.29
BITUMEN	16.16
CUARZO POLICRISTALINO	0.34

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 150 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 46.78 \%$ ; con presencia de cemento calcáreo y no de fragmentos calcáreos provenientes de fuera de la cuenca, debido a lo cual la roca no será una calcarenita.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-26

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano muy fino, de color gris, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio e impurezas de hierro.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA CALCAREA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	35.02
CEMENTO ESPARITICO	48.95
OXIDOS DE HIERRO	6.10
POROSIDAD TOTAL	9.93

#### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular, subredondeado y redondeados

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 72 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 35.02 %; el cemento esparítico no llega al 50 % (único material calcáreo), por lo cual la muestra será tratada como una arenisca calcárea, y no como roca carbonatada.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-27

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 28.89 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano grueso, color gris-rojizo, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, intraclastos calcáreos y carbonato de calcio.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** INTRAESPARITA CUARZOSA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	32.02
INTRACLASTOS CALCAREOS	40.75
CEMENTO SILICEO	2.05
CEMENTO CALCAREO (ESPARITICO)	20.89
FRAGMENTOS DE HIERRO	4.29

#### TEXTURA

REDONDEZ: Subredondeado a redondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 600 micras

Sumando el cemento esparitico más los intraclastos da 61.64 %, por lo cual la muestra se la toma como una roca carbonatada. Como dominan los intraclastos se la puede llamar una Intraesparita, a la que se le puede adjetivar cuarzosa (Q = 32.02%).



## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-28

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 29.37 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, color gris-rojizo, calcárea. Esta compuesta de cuarzo y carbonato de calcio.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	44.95
CALCITA	8.25
CEMENTO SILICEO	8.66
CEMENTO CALCAREO (ESPARTITICO)	26.80
OXIDOS DE HIERRO	6.18
FRAGMENTOS DE ROCA SILICEA	5.15

### TEXTURA

REDONDEZ: Subredondeado a redondeado

CLASIFICACION: Muy buena

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 120 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 44.95 %; FR = Fragmentos de roca silícea = 5.15 %.

La calcita y el cemento esparítico suman 35.08 %, por lo cual la muestra es tratada como una arenisca.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-31

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 31.26 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano muy fino, color gris-rojizo, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio e intraclastos calcáreos.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-CHERTARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	29.42
INTRACLASTOS CALCAREOS	13.34
CALCITA	11.34
CEMENTO SILICEO	7.08
CEMENTO CALCAREO (ESPATITICO)	16.26
OXIDOS DE HIERRO	4.03
CHERT	17.60

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	120 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 29.42 %.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-35

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 33.06 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca grano medio, color café-rojizo, no calcárea. Esta compuesta de cuarzo, fragmentos de roca sedimentaria y abundancia de óxidos de hierro.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-CHERTARENITA FERRUGINOSA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	32.51
FRAGMENTOS DE CHERT	14.28
CEMENTO SILICEO	14.56
CEMENTO FERRUGINOSO	22.25
FRAGMENTOS DE LUTITA	13.28
CALCITA	2.01
POROSIDAD TOTAL	1.10

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular-subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	360 micras

Para el diagrama de Chen, en el extremo del cuarzo solo va el cuarzo.

Siguiendo la nomenclatura de Folk (1968), se puede cambiar el Lit- por Chert.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-36

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 33.36 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano medio, color café-rojizo, no calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo y fragmentos de roca sedimentaria.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** CHERTARENITA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	36.41
FRAGMENTOS DE CHERT	14.78
CEMENTO ARCILLOSO	7.79
CEMENTO SILICEO	17.17
FRAGMENTOS DE LUTITA	2.86
FRAGMENTOS DE ARENISCA MUY FINA	5.88
POROSIDAD TOTAL	15.10

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular-subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 300 micras

Para el diagrama de Chen, el Q = 36.41 %.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-37

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 33.63 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano grueso, color blanco-hueso, no calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo y fragmentos de roca sedimentaria

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** SUBLITARENITA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	76.40
FRAGMENTOS DE LUTITA	4.07
MANCHAS DE BITUMEN	1.27
POROSIDAD	18.26

### TEXTURA

REDONDEZ:	Redondeado a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	600 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 76.40 \%$ ;  $FR = \text{Fragmentos de lutitas} = 4.07 \%$ . Con estos porcentajes la muestra cae en la llamada Sublitarenita de Chen.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-39

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 33.96 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de cuarzo, de grano fino, color blanco-hueso. Esta compuesta principalmente de cuarzo.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** SUBLITARENITA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	87.32
CEMENTO SILICEO	7.31
CEMENTO ARCILLOSO	1.82
PIRITA	0.86
BITUMEN	2.21
POROSIDAD	0.48

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Muy buena

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 150 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 87.32\%$ ; no hay feldespatos, por lo que cae en la llamada Sublitarenita.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-40

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 34.32 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Lutita laminada de color negro.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LUTITA NEGRA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	6.32
DETRITOS	87.03
PIRITA	6.65

### TEXTURA

REDONDEZ: Angular a subangular

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 3 micras

Por el tamaño de grano se denomina Lutita, cuyo análisis necesita del microscopio electrónico, debido a lo cual en la mayoría de estudios estratigráficos se limita solo a decir el color, que en este caso es una gran indicador de las condiciones del medio de sedimentación. Así por ejemplo el negro se debe a condiciones reductoras, en un medio que puede ser un mar residual. (Lutita de la formación Orteguaza).

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-41

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 35.04 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano grueso, de color gris-café, calcárea, porosa. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio y fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** ARCOSA LITITICA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	28.60
CUARZO POLICRISTALINO	12.50
FRAGMENTOS DE ROCA SEDIMENTARIA	9.53
CEMENTO SILICEO	1.48
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA	23.31
POROSIDAD TOTAL	24.58

#### TEXTURA

REDONDEZ: Redondeado a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 900 micras

Para el diag. de Chen:  $Q = Q + Q \text{ polic.} = 41.1\%$ ;  $F = \text{Frag. volc.} = 23.31\%$ ;  $FR = \text{Frag. Sedim.} = 9.53\%$ ; y  $F/FR = 2.44$ . Para el diag. de Dickinson el  $Q = 28,60\%$ .



## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-42

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 35.07 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca volcánica de grano medio, color gris-verdoso. Esta compuesta de cuarzo, fragmentos de rocas sedimentarias y volcánicas.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-ARCOSA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	8.09
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA	90.34
FRAGMENTOS DE ROCA SEDIMENTARIA	1.58

### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a subredondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 450 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 8.09 \%$ ;  $F = \text{Fragmentos volc.} = 90.34 \%$ ;  $FR = \text{Fragmentos sedim.} = 1.58 \%$ . Con lo que  $F/FR = 57.18$ , cayendo esta muestra en la llamada Extra-arcosa. Existen unas plagioclasas zonadas como cosa especial.

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-43

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 35.10 AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	---

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca volcánica de grano medio, color gris-amarillento. Esta compuesta de cuarzo, fragmentos de rocas volcánicas y sedimentarias.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-ARCOSA ARCILLOSA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	17.40
MATRIZ ARCILLOSA	15.98 > 10%, Wacka de Willians (1968).
MINERALES OPACOS	6.42
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA	55.35
FRAGMENTOS DE ROCA SEDIMENTARIA	4.85

#### TEXTURA

REDONDEZ:	Subredondeado a subangular
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	300 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 17.40 %; F = frags. de roca volc. = 55.35%; FR = frags. de roca sedim. = 4.85 %. F/FR = 11.41 %. Cae en la llamada Extra-arcosa, a la que se añade arcillosa (15.98%)

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-44

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 35.16 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, color gris. Esta compuesta de cuarzo y fragmentos volcánicos.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** EXTRA-LITIARCOSA

#### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	23.76
MATRIZ ARCILLO-SILICEA	58.97
FRAGMENTOS DE LUTITA	2.42
FRAGMENTOS DE ROCA VOLCANICA	5.61
MINERALES OPACOS	1.75
POROSIDAD TOTAL	7.47

#### TEXTURA

REDONDEZ: Subangular a redondeado

CLASIFICACION: Moderada

TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO: 130 micras

Para el diagrama de Chen: Q = 23.76%; F = Frag. volc. = 5.61%; FR = Frag. lutitas = 2.42%. Da  $F/FR = 2.32$ .

## ANALISIS PETROGRAFICO DE LA MUESTRA FH-47

TESIS DE GRADO: CORTE GEOL. ENTRE MORONA Y SANTIAGO	AUTORES: F. MOYANO Y H. MORAN	UBICACIÓN DE LA MUESTRA: 36.16 KMS. AL ESTE DE SANTIAGO
--	----------------------------------	--

### DESCRIPCION MACROSCOPICA

Arenisca de grano fino, de color gris-verdoso, calcárea. Esta compuesta de cuarzo, carbonato de calcio y minerales opacos.

### DESCRIPCION MICROSCOPICA

**CLASIFICACION:** LITARENITA CALCAREA

### MINERALOGIA MODAL (%)

CUARZO	37.01
MATRIZ ARCILLOSA	31.13
MATRIZ CALCAREA	2.94
CEMENTO ESPARITICO	19.14
BITUMEN	4.52
POROSIDAD TOTAL	8.20

### TEXTURA

REDONDEZ:	Subangular a subredondeado
CLASIFICACION:	Moderada
TAMAÑO DE GRANO PROMEDIO:	150 micras

Para el diagrama de Chen:  $Q = 37.01\%$ ; que corresponde a una litarenita, a la que se puede añadir calcárea.

## BIBLIOGRAFIA

- ALMEIDA. T. B. (1992). Estudio de la Formación Tiyuyacu. Tesis Universidad Central, Quito. 10-38pp.
- BENITEZ. S. (1996). Informe Estratigráfico del bloque 18 Cuenca Oriente. Informe técnico N° 050-PG-96. Convenio PETROPRODUCCION-AMOCO. Guayaquil. 2-9pp.
- BENITEZ S., BERRONES G., COTRINA J. (1996).-Reconocimiento geológico del Sureste ecuatoriano entre General Plaza (Limón) y Puerto Morona. Informe Técnico N° 017-PPG-96.
- BENITEZ S., BERRONES G., COTRINA J., HUACHO J., HUAMAN C.(1997).- Primer Informe Estratigráfico-Estructural sobre las Formaciones Pre-Cretácicas Chapiza y Santiago en la carretera Santiago-Patuca. Informe Técnico N° 008 – PPG - 97.
- BENITEZ S., COTRINA J., BERRONES G., (1997).- Primer Informe Estratigráfico sobre las Formaciones Chapiza y Santiago en la vía Patuca – Santiago. IT – 32 – PPG – 97.
- BENITEZ S., COTRINA J., (1997).- Informe de Campo sobre las Formaciones Cretácicas y Pre-Cretácicas en el sector de Gualaquiza. Formación Tiyuyacu en la vía Santiago-Morona. IT – 33 – PPG – 97.

- BRISTOW. C. R., & HOFFSTETTER. R. (1977). Léxico Estratigráfico del Ecuador.
- CORRALES et al. (1977). Estratigrafía.
- FAUCHER. B. & SAVOYAT. E. (1975). Esquema Geológico de los Andes Ecuatorianos.
- HOWAR J. W. et all. (1995). Reservoir Characterization of the Hollin and Napo Formations, Western Oriente Basin, Ecuador”. Documento de LABOGEO-Guayaquil. 574-579 pp.
- HUACHO et al, 1990, Geological and structural and image processing of Landsat and radar data of the sub-andean zone and the western part of the Oriente basin, Ecuador, PETROECUADOR-UNOCAL, Proj. Unocal 863-18101 inédito.
- JAILLARD. E. (1997). Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador. Informe final del convenio ORSTOM-PETROPRODUCCION. Quito. Publicación especial de Petroecuador.
- RIVADENEIRA. M. V. & RAMIREZ. F. (1985). Prospectos hidrocarburíferos: La Zona Subandina Amazónica. Trabajo presentado en el Sexto Congreso Latinoamericano de Geología (bogotá-Colombia, 85). ORO Y PETROLEO, revista del Colegio de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleo. Informe Técnico Especial N° 3. Agosto de 1986 14-25pp.

- ROSANIA. G. & MORALES. P. Compilación Paleogeográfica del Oriente Ecuatoriano. Trabajo presentado en el II Congreso Andino de la Industria del Petróleo. ORO Y PETROLEO, revista del Colegio de Ingenieros Geólogos, de Minas y Petróleo. Informe Técnico Especial N° 4. Enero de 1987. 27-38pp.
  
- WHITE. H.J., SKOPEC. R. A., RAMIREZ. F. A., ROJAS, J. A., BONILLA. G. (1995). "Reservoir Characterization of the Hollin and Napo Formations, Western Oriente basin, Ecuador". Documento de LABOGEO-Guayaquil.