

PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR



CONVENIO
PETROPRODUCCION - ORSTOM

MODELO ESTRUCTURAL DE LA PARTE NORTE DE LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA

Por

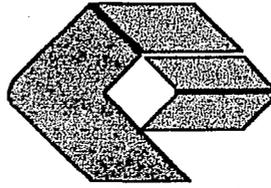
Patrice BABY
Marco RIVADENEIRA
Celso DAVILA
Milton GALARRAGA
Jaime ROSERO

ENERO-1997

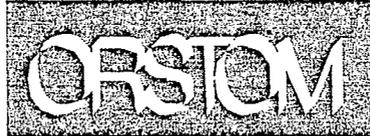
Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: AX15385 Ex: unq

~~SSO.1~~
BAB



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR



CONVENIO PETROPRODUCCIÓN - ORSTOM

MODELO ESTRUCTURAL
DE LA PARTE NORTE
DE LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA

JUL. 29 1998

ORSTOM
Centre Documentation
Quito

por

Patrice BABY

Marco RIVADENEIRA

Celso DAVILA

Milton GALARRAGA

Jaime ROSERO

Fonds Documentaire ORSTOM

Cote: Ax15385 Ex: *unq*

Enero de 1997

ORSTOM Documentation



020005244

~~DE 5501~~
~~BAB~~
~~11-278~~

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN.....	4
I. SERIES IMPLICADAS EN LA DEFORMACIÓN.....	6
I. 1. SUBSTRATO PRECÁMBRICO.....	6
I. 2. PALEOZOICO.....	6
• I. 2. 1. Formación Pumbuiza (Silúrico - Devónico)	
• I. 2. 2. Formación Macuma (Carbonífero - Pérmico ?)	
I. 3. FORMACIÓN CHAPIZA/ MISAHUALLI (Jurásico medio a terminal).....	6
I. 4. FORMACIÓN YAUPI (Jurásico terminal - Cretácico Inferior).....	8
I. 5. FORMACIÓN HOLLÍN (Aptiano sup. - Albiano inf. a med.).....	8
I. 6. FORMACIÓN NAPO (Albiano- Campaniano).....	9
• I. 6. 1. Napo Basal (Albiano inf. - Albiano sup.)	
• I. 6. 2. Napo Inferior (Alb. sup. - Cenoman. sup.)	
• I. 6. 3. Napo Medio (Turoniano)	
• I. 6. 4. Napo Superior (Coniac. inf. - Campan. med.)	
I. 7. FORMACIÓN TENA (Maestrichtiano inf. - Paleoceno).....	9
I. 8. FORMACIÓN TIYUYACU (Eoceno inf. a medio).....	11
I. 9. FORMACIÓN ORTEGUAZA (Eoceno medio - Oligoceno).....	11
I. 10. MIO - PLIOCENO.....	12
• I. 10. 1. Formación Chalcana	
• I. 10. 2. Formación Arajuno	
• I. 10. 3. Formación Chambira	
• I. 10. 4. Formación Mesa	
• I. 10. 5. Formación Mera	
I. 11. VOLCÁNICOS CUATERNARIOS.....	13
II. GEOLOGÍA DE SUPERFICIE: LEVANTAMIENTO NAPO - ESTRUCTURA BERMEJO.....	13
II. 1. METODOLOGÍA.....	13
II. 2. ANÁLISIS DE CAMPO.....	13
II. 3. INTERPRETACIÓN DE FOTOS RADARES.....	13
II. 4. CONSTRUCCIÓN DE MAPAS GEOLÓGICOS.....	14
III. CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE SECCIONES ESTRUCTURALES REGIONALES (S.E.R.).....	14
III. 1. METODOLOGÍA.....	14
III. 2. SUPERFICIES DE EROSIÓN.....	15
• III. 2. 1. Basal Yaupi	
• III. 2. 2. Basal Tena	
• III. 2. 3. Basal Tiyuyacu	
• III. 2. 4. Intra-Tiyuyacu	
III. 3. GEOMETRÍA DE LA DEFORMACIÓN CRETÁCICA Y TERCIARIA.....	16
• III. 3. 1. Cuenca de antepaís	
• III. 3. 2. Zona subandina	
III. 4. PRE-CRETÁCICO.....	18

IV. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y CINEMÁTICAS DE LAS ESTRUCTURAS PETROLÍFERAS.....	19
IV. 1. METODOLOGÍA.....	19
IV. 2. GEOMETRÍA DE LA DEFORMACIÓN.....	19
•IV. 2. 1. Estructuras con falla a vergencia oeste	
- <i>Pañacocha y Vinita (S3 y S4)</i>	
- <i>Yuturi y Capirón (S5 ,S6 y S7)</i>	
- <i>Cuyabeno (S8)</i>	
- <i>V. H. R. (S9)</i>	
- <i>Sacha (S10)</i>	
- <i>Bermejo (S11)</i>	
•IV. 2. 2. Estructuras con falla a vergencia este	
- <i>Anticlinal Payamino (S12)</i>	
- <i>Oso (S13)</i>	
- <i>Pichincha - Libertador (S14)</i>	
•IV. 2. 3. Estructuras en flor	
- <i>Charapa (S15)</i>	
- <i>Shushufindi Sur (S16)</i>	
- <i>Auca (S18)</i>	
IV. 3. CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN.....	21
•IV. 3. 1. Inversión pre-Yaupi (Kimmeridgiano a Berriasiano)	
•IV. 3. 2. Inversión Napo basal (Albiano superior)	
•IV. 3. 3. Inversión Napo superior (Coniaciano a Campaniano)	
•IV. 3. 4. Inversión Tena inf. (Maestrichtiano)	
•IV. 3. 5. Inversión Tiyuyacu (Eoceno inferior)	
•IV. 3. 6. Inversión Plioceno -Cuaternario	
CONCLUSIONES.....	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	26
LISTA DE FIGURAS, ANEXOS Y LAMINAS.....	28
ANEXO 1.....	29
ANEXO 2: ATLAS SISMICO.....	32
LAMINAS	

INTRODUCCIÓN

En 1996, PETROPRODUCCIÓN y el *Institut Français de Recherche Scientifique pour le Développement en Coopération* (ORSTOM) renovaron por dos años adicionales su convenio de cooperación para realizar una síntesis estructural de la Cuenca Oriente Ecuatoriana.

Los objetivos principales de este proyecto son:

- 1 - la elaboración de secciones estructurales regionales a través de la Cuenca de antepaís y de la Zona Subandina a fin de tener una visión global del sistema petrolífero;
- 2 - la definición de las características geométricas y cine-máticas de las estructuras que deforman la Cuenca Oriente y que permiten el entrapamiento del petróleo.

Durante el año 1996 se estudió la parte norte de la Cuenca Oriente y se construyeron 4 secciones estructurales regionales (cf. ubicación en la fig. 1). Esas 4 secciones fueron elaboradas a partir de varias campañas de geología de campo en la Zona Subandina (Levantamiento Napo y Estructura Bermejo), de la interpretación de numerosas líneas sísmicas, registros de pozos y fotos radares de propiedad de PETROPRODUCCIÓN, y de una importante compilación de datos geológicos encontrados en los informes técnicos disponibles en los archivos de PETROPRODUCCIÓN.

Se realizó también un Atlas Sísmico (anexo 2) de las principales estructuras de la parte norte de la Cuenca Oriente a fin de ilustrar las características geométricas y cine-máticas de la deformación.

En el marco de este trabajo, el ORSTOM proporcionó dos becas de 1200 US\$ cada una a dos alumnos que realizaron sus tesis de grado sobre el tema de la deformación de la Estructura Bermejo (Milton

Galarraga, Universidad Central del Ecuador) y del Levantamiento Napo (Jaime Rosero, Escuela Politécnica Nacional). Estas tesis fueron realizadas en las oficinas de PETROPRODUCCIÓN y asesoradas por el Dr. Patrice Baby y el Ing. Marco Rivadeneira.

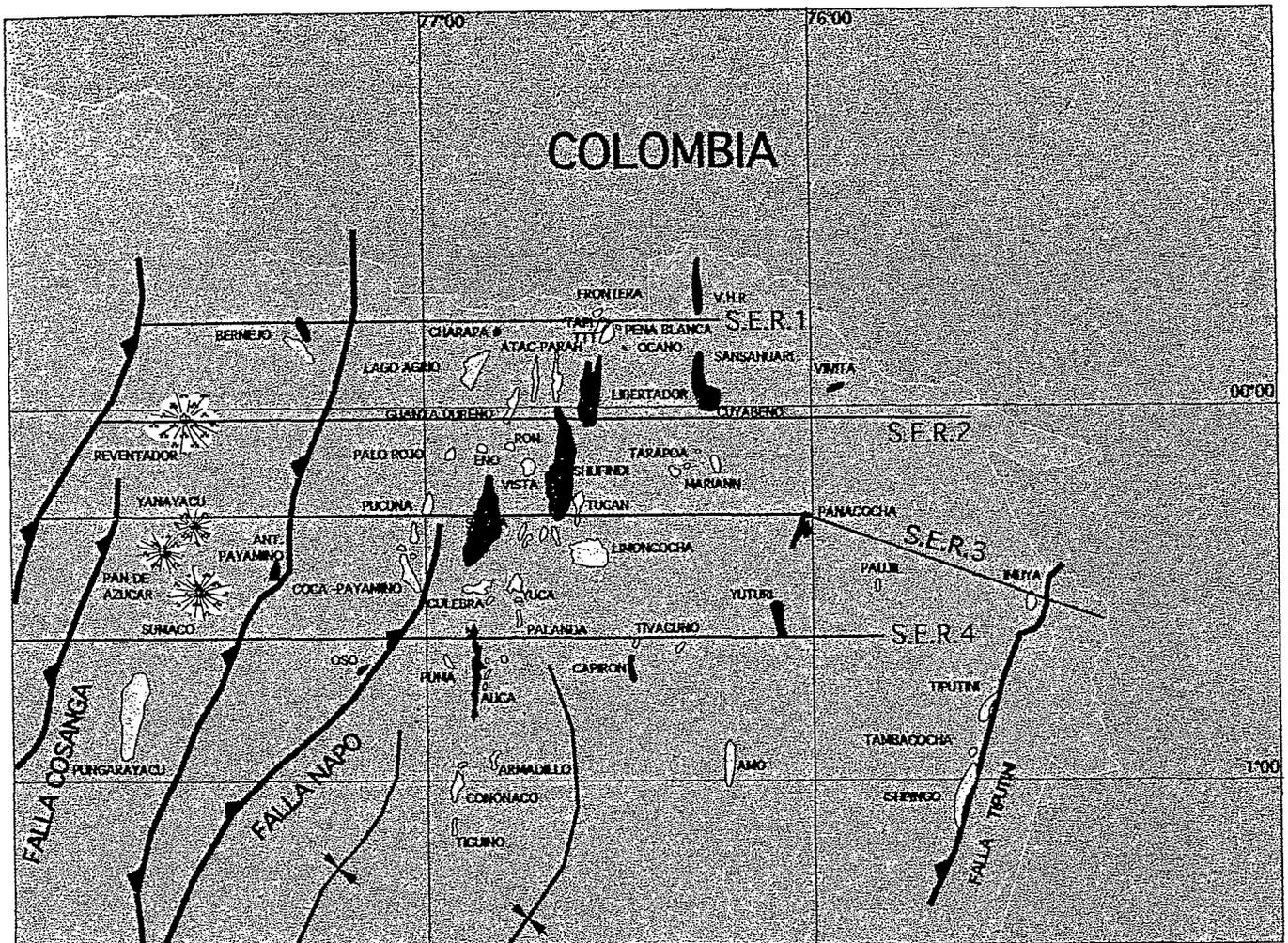


FIGURA 1:
 Parte norte de la Cuenca Oriente Ecuatoriana
 y ubicación de la secciones estructurales regionales
 construidas y de las estructuras analizadas.



I. SERIES IMPLICADAS EN LA DEFORMACIÓN

La parte Norte de la Cuenca Oriental Ecuatoriana está constituida por secuencias sedimentarias y volcánicas, que van desde el Paleozoico hasta el Cuaternario (ver fig. 2) y que descansan sobre un substrato Precámbrico. La mayoría de estas Formaciones afloran a excepción de las Formaciones Paleozoicas, las cuales se han identificado en algunos pozos (Sacha profundo, Shushufindi A-39, Pichincha 1, Pañacocha 1, etc.).

Para la interpretación sísmica y la elaboración de las secciones estructurales regionales, se representaron únicamente los niveles y formaciones guías implicados en la deformación.

I. 1. SUBSTRATO PRECÁMBRICO

El substrato Precámbrico está constituido por rocas ígneas y metamórficas, relacionadas con el escudo Guayano-Brasileño. Son las rocas más antiguas encontradas en la Cuenca Oriental. Han sido alcanzadas por algunos pozos como por ejemplo Parahuacu 1, Atacapi 1, Shushufindi 1, Yuturi 1, VHR 1.

Una muestra de fondo del pozo Tapi 1 localizado cerca de la frontera con Colombia dio una edad de 1600 (+/-) 48 millones de años (W. Texeiras, 1986).

I. 2. PALEOZOICO

Ciertos pozos y secciones sísmicas han permitido identificar una cuña sedimentaria paleozoica que se bisela hacia el este. Esta compuesta de dos formaciones.

• I. 2. 1. Formación Pumbuiza (Silúrico - Devónico)

Consiste de pizarras grises a negras en algunos lugares gráficas, areniscas cuarcíticas duras de grano fino y conglomerados de color gris oscuro con clastos

subangulares a subredondeados muy compactos y matriz silícea. Estas rocas han sufrido fuertes plegamientos y fallamientos. No se conoce el espesor ni la base de la Formación. En cuanto a la edad se le asigna al Paleozoico Precarbonífero. El ambiente de deposición es marino.

• I. 2. 2. Formación Macuma (Carbonífero - Pérmico ?)

Comprende potentes estratos de calizas bio-clásticas, con intercalaciones de pizarras, margas y areniscas finas.

Tschopp (1953) separa esta Formación en dos miembros:

- *Miembro Inferior* que consta de calizas silíceas muy fosilíferas, dispuestas en capas delgadas de color gris azuladas oscuras, que alternan con pizarras y esquistos arcillosos de color negro.

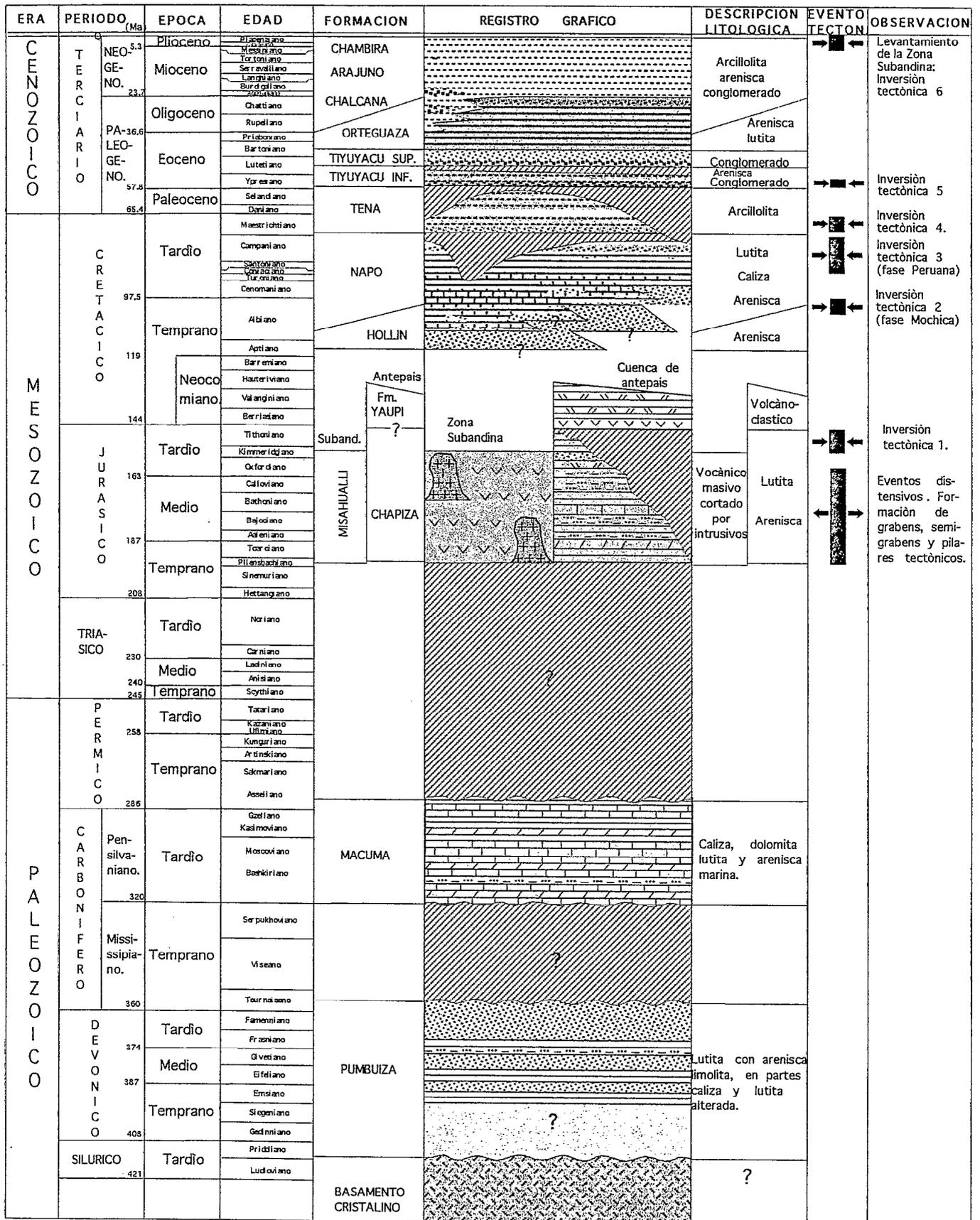
- *Miembro Superior* compuesto de una potente secuencia de calizas de color gris oscuro con intercalaciones de arcilla pizarrosa. Las calizas son silíceas y hacia arriba pasan a margas y arcillas no calcáreas.

Las calizas de la Formación Macuma sobreyacen discordantemente a la Formación Pumbuiza en el norte del Levantamiento Cutucú. Esa discordancia aparece también en ciertas secciones sísmicas en el norte de la cuenca (cf. S.E.R.2, lamina 4). La edad de esta Formación según estudios paleontológicos pertenece al Carbonífero Superior (Bristow y Hoffstetter, 1977) alcanzando probablemente el Pérmico.

I. 3. FORMACIÓN CHAPIZA/MISAHUALLI (Jurásico medio a terminal)

La Formación Chapiza comprende una sucesión de sedimentos

**COLUMNA ESTRATIGRAFICA GENERALIZADA
DE LA PARTE NORTE DE LA CUENCA ORIENTAL ECUATORIANA.**



(modificado de Galarraga, 1997).

FIGURA 2.

clásticos continentales (capas rojas).

Tschopp (1953) introduce tres divisiones:

- *Chapiza inferior*: Conocida como Chapiza roja y gris, consiste en una alternancia de lutitas y areniscas de color gris, rosado y violeta, con evaporitas;

- *Chapiza Medio*: Es una alternancia de lutitas y areniscas de color rojo pero sin intercalaciones de evaporitas. Su potencia máxima es de 1000 metros;

- *Chapiza Superior*: Comprende lutitas, areniscas y conglomerados de color rojo, y también areniscas feldespáticas, tobas de color gris, verde y violeta, areniscas tobáceas, brechas y basaltos. Su potencia puede alcanzar los 2000 metros. A este miembro le damos categoría de formación y le asignamos el nombre de Yaupi como se describe mas adelante.

En la parte norte de la cuenca, esta Formación descansa sobre el Paleozoico o el substrato Precámbrico. Su espesor varía de 600 a 4500 metros. Se le considera de edad Jurásico medio a terminal.

El ambiente de depositación es continental, de clima seco o desértico, con pequeñas incursiones marinas (transgresiones) de distribución local.

La Formación volcánica Misahuallí, cuya zona de afloramiento parece estar restringida a la Zona Subandina, es equivalente lateral de los miembros medio y superior de la Formación Chapiza (Jaillard, 1995). Esta constituida de acumulaciones volcánicas masivas y gruesas, que forman parte del potente arco magmático que corre desde el Norte del Perú hasta el Norte de Colombia. Según nuevos datos radiométricos, su edad abarca el intervalo Liásico tardío - Jurásico superior temprano (190 - 150 Ma, Pliensbachiano - Oxfordiano; Aspen et al., 1990, 1992).

I. 4. FORMACIÓN YAUPI (Jurásico terminal - Cretácico Inferior)

Corresponde a los depósitos de la parte superior de la Formación Chapiza (cf. fig. 2) representados en el pozo Sacha Profundo 1 por tobas, intercaladas con limolitas y arcillolitas multicolores con basaltos datados en este pozo en 132 Ma que corresponde al Neocomiano. La diferencia de esta secuencia volcánoclastica con la categoría de formación se la da en base a la respuesta sísmica y a su correlación con la columna del pozo Sacha profundo - 1 (Rivadeneira, 1988). Según Jaillard (1995), estos volcánicos son de edad Jurásico terminal a Cretáceo Inferior. Hasta la fecha no se conocen afloramientos de esta formación. En la sísmica, su base aparece claramente con un reflector paralelo al reflector base Hollín la que parece descansar en discordancia sobre esta formación propuesta.

I. 5. FORMACIÓN HOLLÍN (Aptiano sup. - Albiano inf. a med.)

La Formación Hollín, reconocible en sísmica (cf. S1), consiste de areniscas cuarzosas blancas grano medio a grueso, masivas con estratificación cruzada. Se caracteriza también por capas guijarrosas delgadas e intercalaciones de lutitas, limolitas y arenas negras impregnadas de asfalto.

Buenos afloramientos se presentan en el Levantamiento Napo, principalmente en la carretera Hollín-Loreto-Coca donde se puede observar en las areniscas abundantes impregnaciones de asfalto (Pungarayacu).

La Formación Hollín descansa en discordancia sobre el substrato Precretácico o en concordancia sobre la Formación Yaupi (Neocomiano), pero no se depositó en el borde Oriental de la Cuenca. Su espesor varía entre 30 y 150 m. Las areniscas gruesas de la parte

inferior son continentales, depositadas principalmente por ríos tipo "braided", en tanto que la parte más superior de grano más fino es depositada en medio marino litoral.

I. 6. FORMACIÓN NAPO (Albiano - Campaniano)

Esta Formación es fácilmente reconocible en sísmica (cf. S1) por la presencia de reflectores fuertes que corresponden a niveles de calizas.

Según Jaillard et al (1995), el Grupo Napo está constituido por cuatro miembros.

• I. 6. 1. Napo Basal (Albiano inf. - Albiano sup.)

De base a tope, comprende: las Areniscas Basales, glauconíticas, intercaladas con limolitas y calizas delgadas (conocidas tradicionalmente como Hollín superior). Las Calizas "C", de tipo masivo, las lutitas Napo Basal, de color negro, las Calizas "T", fosilíferas intercaladas con niveles margosos glauconíticos; y las areniscas "T" masivas, a menudo muy glauconíticas (base y tope), frecuentemente separadas en dos miembros.

• I. 6. 2. Napo Inferior (Alb. sup. - Cenoman. sup.)

Comprende: las Calizas "B" que son calizas margosas de medio anóxico alternadas con lutitas negras. sobre las que se desarrollan las Lutitas "U", las Calizas "U" y las Areniscas "U" que son areniscas glauconíticas masivas, a menudo divididas en dos y tres miembros por niveles lutáceos, localmente con calizas. Hacia al Subandino cambian a facies de arenas muy finas y limo-arcillosas. Un hiato del Cenomaniano Superior es probable.

• I. 6. 3. Napo Medio (Turoniano)

Es una unidad calcárea marina, compuesta por las Calizas "A" de color gris oscuras a negras, ocasionalmente con cherts culminando

con margas y calizas claras; las Calizas "M-2" compuestas por secuencias de margas y calizas; en cuya base ocasionalmente se desarrollan depósitos arenosos, conocidos como arenisca M2.

• I. 6. 4. Napo Superior (Coniac. inf. - Campan. med.)

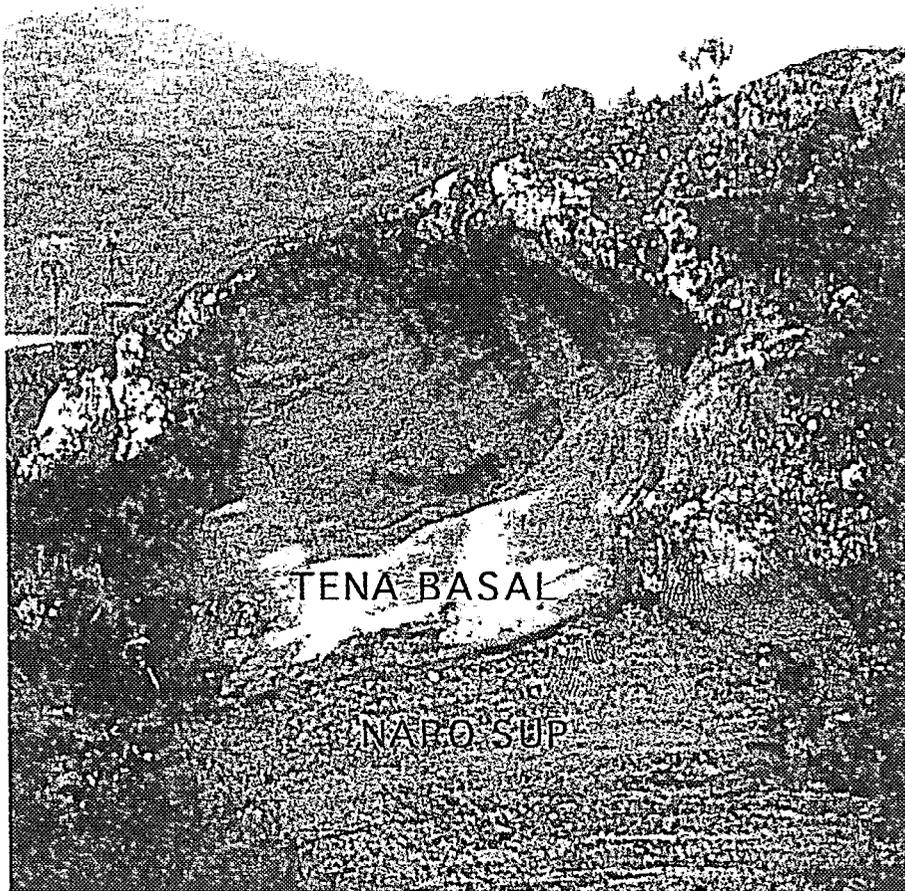
Su base según E. Jaillard (1995) es una discordancia regional, corroborada con lo observado en sísmica De base a tope, comprende: una secuencia de lutitas con intercalaciones de bancos calcáreos; la Caliza "M-1" integrada por calizas y lutitas oscuras, caracterizada por un nivel radioactivo equivalente a las fosforitas del Norte de la Zona Subandina; la Arenisca "M-1 inferior" que consiste en lutitas con intercalaciones delgadas y lenticulares de areniscas y la Arenisca "M-1 masiva" que es una secuencia granodecreciente de areniscas discordantes, cubiertas por un delgado nivel lutáceo.

1. 7. FORMACIÓN TENA (Maestrichtiano inf. - Paleoceno)

La base de esta Formación corresponde a una discordancia regional, generalmente subrayada por areniscas o conglomerados (Basal Tena), y asociada con un cambio litológico importante (Jaillard, 1995). Se puede observar esta discordancia en ciertos afloramientos de la zona subandina norte (cf. foto) y en ciertas secciones sísmicas de la parte occidental de la cuenca (cf. S2).

Esta Formación, comprende (Jaillard, 1995):

- un miembro "Tena Inferior", que consiste en limolitas y areniscas rojas continentales de grano fino, que descansan en concordancia sobre las areniscas y limolitas "Basal Tena";
- un miembro "Tena Superior" que consiste en limolitas y areniscas de grano más grueso que el miembro inferior.



Erosión Tena Basal
Zona subandina norte (Rio Aguarico)

Entre los miembros Tena Inferior y Tena Superior existe la presencia de un hiato sedimentario, probablemente de edad Maes-trichtiano Superior - Paleoceno basal (Jaillard, 1995). Esta discontinuidad aparece en una sección sísmica que atraviesa el campo Bermejo Norte (cf. S11).

1. 8. FORMACIÓN TIYUYACU (Eoceno inf. a medio)

Buenos afloramientos se pueden observar a lo largo de la carretera que une los pozos del campo petrolero Bermejo. Consiste en conglomerados, areniscas y arcillas que descansan en discordancia erosiva sobre la Formación Tena (inferior o superior). Las arcillas son por lo general abigarradas, rojo - verde en la parte inferior y rojo - café - azul - amarillento en la parte superior.

En algunos niveles estas arcillas presentan "gleys" que corresponden a paleoalteraciones edafológicas características de un clima tipo mediterráneo con larga estación seca y corta estación lluviosa (Marocco R., 1996). Los conglomerados presentan clastos que varían de subredondeados a redondeados compuestos principalmente de cherts y cuarzo lechoso y en menor proporción de rocas metamórficas (cuarcitas). Su matriz es areno - arcillosa o arcillosa y su color es rojizo. El ambiente sedimentario es de tipo fluvial y corresponde a ríos proximales intermitentes o con larga estación seca (Marocco R., 1996).

La dirección de corriente medidas a partir de imbricaciones de clastos indican una dirección E y SE-SSE.

La potencia estimada de esta Formación en la región de Bermejo pasa los 400 metros, con un margen de error de 50 a 60 metros.

El análisis de las secciones sísmicas del Oriente ecuatoriano (cf. Atlas sísmico, anexo 2) nos ha permitido definir una fuerte erosión

intra-Tiyuyacu y diferenciar así un miembro inferior y un miembro superior. El significado tectónico de esta superficie de erosión esta discutido en la parte III.

1. 9. FORMACIÓN ORTEGUAZA (Eoceno medio - Oligoceno)

Los únicos afloramientos descritos hasta la fecha (Marocco R. 1996) se pueden observar a algunos kilómetros al Sur de Cascales en las orillas del río Aguarico.

Esta Formación yace sobre las arcillas abigarradas, conglomerados y areniscas de la Formación Tiyuyacu y se encuentra debajo de los sedimentos continentales fluviales de la Formación Chalcana. Está constituida de una serie marina somera compuesta por areniscas grises y verduscas y lutitas negras.

El contacto Orteguaza - Tiyuyacu corresponde a un reflector fuerte en la sísmica que marca el paso de ambiente continental a marino.

El color negro o gris muy oscuro de las lutitas, su fisilidad y la presencia de nódulos piríticos indican un ambiente reductor, como es el de una plataforma marina interna (zona infra tidal - Marocco R., 1996).

Las areniscas muestran frecuentemente estructuras de tipo "flaser bedding" y "wavy bedding" comunes en los niveles inter e infra tidal. Las superficies de los bancos de areniscas son a menudo afectados por un endurecimiento y una coloración oscura (hard ground).

La edad de esta Formación de origen marino somero es atribuida al Eoceno Medio - Oligoceno (LABOGEO, 1996). la potencia del afloramiento es de aproximadamente 40 metros, pero en algunos pozos del Nororiente alcanza los 250 metros.

1. 10. MIO - PLIOCENO

Las formaciones Mio-Pliocénicas no han sido diferenciadas en los cortes y secciones presentadas, por la pobreza de datos de pozo. Sin embargo se pueden distinguir reflectores regionales importantes cuya equivalencia estratigráfica deberá ser estudiada a futuro a fin de correlacionarlo con los eventos tectónicos andinos.

A continuación se presenta una síntesis de dichas formaciones.

• I. 10. 1. Formación Chalcana

Esta Formación se puede observar en las orillas del río Aguarico, descansa sobre la Formación Ortegua y está sobrepuesta por la Formación Arajuno.

Está constituida de una secuencia de capas rojas representadas por una variedad de arcillas rojizas abigarradas con yeso y muñecos calcáreos. El ambiente es continental fluvial. La edad varía del Oligoceno Superior al Mioceno Medio (Tschopp, 1953).

• I. 10. 2. Formación Arajuno

Esta Formación está separada de la Chalcana por un contacto bien definido, aunque hacia el Sur el cambio es más transicional. Ha sido dividida en tres: una arenisca inferior con conglomerados e intercalaciones de arcillas bentónicas; una unidad intermedia de arcillas rojizas, yesíferas en la base y tobáceas en la parte superior; y una subdivisión superior de areniscas con lignitos. A esta Formación se le ha atribuido una edad Mioceno Superior. Su potencia es de más de 1000 metros (Baldock, 1982).

• I. 10. 3. Formación Chambira

Esta Formación sobreyace a la Formación Arajuno y es una secuencia de conglomerados compuestos principalmente por cherts, cuarzo lechoso y en ciertos niveles

inferiores se describe (R. Marocco 1996) un importante contenido de rocas metamórficas (gneises, paragneises, mica-esquistos y cuarcitas), asimismo se encontraron arenas azules grafitosas y presencia de troncos de árboles carbonizados.

Se la ha dividido en tres unidades, depositadas en un ambiente de abanico de piedemonte pasando posiblemente a aluvial depositados por erosión de la Cordillera, diferenciándose el miembro medio por ser tobáceo. Frecuentemente se la confunde con la formación Tiyuyacu, de la cual se diferencia por la mayor presencia de rocas metamórficas, troncos de árboles y las arenas grafitosas azules. Su espesor varía de 1000 a 1500 metros y se atribuye una edad Mio-Pliocénica (Baldock, 1982).

• I. 10. 4. Formación Mesa

Comprende una serie de terrazas disecadas, compuestas de depósitos clásticos de medios a gruesos, producto de la erosión de la Sierra. Esta Formación tiene un mayor espesor en la parte Oeste, cerca de la Cordillera (1000 m), mientras que al Este de la Zona Subandina es apenas de 100 metros de espesor, donde todavía se encuentran varios horizontes tobáceos. Las terrazas muestran evidencia de fallamiento y levantamiento y están parcialmente cubiertas por depósitos cuaternarios posteriores. La edad de esta Formación es Plio - Pleistoceno (Baldock, 1982).

• I. 10. 5. Formación Mera

Consiste de terrazas más jóvenes, depósitos compuestos por abanicos de piedemonte del Cuaternario, areniscas tobáceas y arcillas, las que post-datan a las terrazas remanentes de la Formación Mesa. Hacia el Este los sedimentos de las terrazas disminuyen en espesor, tamaño de grano y altitud, eventualmente gradan transicionalmente hacia el

aluvión del Cuaternario parcialmente retrabajado de las cuencas de drenajes actuales. Su edad es Cuaternaria (Baldock, 1982).

1. 11. VOLCÁNICOS CUATERNARIOS

La secuencia de Volcánicos Cuaternarios, desde el Sumaco al Reventador, cubren gran parte de la sucesión cretácica en el levantamiento Napo, culminando en conos simétricos brechoides y parcialmente erosionados.

Extensivos volcánicos al Norte del volcán Sumaco pueden haber provenido de un tercer cono conocido como Pan de Azúcar. Tanto el Sumaco como el Reventador son

considerados activos; de los dos sólo el Reventador ha erupcionado frecuentemente. El complejo volcánico de El Reventador está conformado por tres distintos aparatos, que se desarrollan en períodos sucesivos. La distancia recorrida por las coladas más recientes varía entre 3 y 6 Km. Está compuesto de basaltos andesíticos más comunes con un alto porcentaje de depósitos piroclásticos y laharíticos. Además, localmente en sus lavas se encuentran xenolitos de gabro. El Sumaco es el único entre los volcanes ecuatorianos que tiene un predominio de basaltos alcalinos subsaturados (tefitas y basanitas) (Baldock, 1982).

II. GEOLOGÍA DE SUPERFICIE:

LEVANTAMIENTO NAPO - ESTRUCTURA BERMEJO

II. 1. METODOLOGÍA

En el marco de sus tesis de grado sobre el tema de la deformación de la *Estructura Bermejo* y del *Levantamiento Napo*, Milton Galarraga (Universidad Central del Ecuador) y Jaime Rosero (Escuela Politécnica Nacional) realizaron un trabajo de recopilación y de levantamiento de datos geológicos de superficie.

Se hizo también una interpretación de fotos radar que permitió completar los mapas geológicos.

II. 2. ANÁLISIS DE CAMPO

Se realizaron ocho salidas de campo, en las mismas que se tomaron datos estructurales (rumbo, buzamiento de capas, de fallas, de ejes de pliegues, etc.) en afloramientos de carreteras, quebradas y orillas de los ríos. Conjuntamente con esto se realizó un estudio litoestratigráfico y sedimentológico. Se tomaron muestras en los afloramientos importantes, con el

fin de obtener datos bioestratigráficos y geoquímicos (rocas madres).

Todos los datos estructurales y muestras tomadas fueron posicionados en las hojas topográficas y geológicas con ayuda del GPS. Además, se realizó un banco de datos del estudio de campo (anexo 1).

II. 3. INTERPRETACIÓN DE FOTOS RADAR

Se dispuso de fotos radar a escala 1: 100 000, proporcionados por Petroproducción, que abarcan todo el frente subandino norte y en donde se ubicó todas las estructuras principales, las mismas que sirvieron para complementar el mapa geológico general.

Sobre las fotos radar (cf. lamina 1), básicamente se interpretó la parte estructural (fallas), ubicando fácilmente las fallas principales. Así por ejemplo, en el Oeste se pueden

apreciar las fallas de sobre-corrimiento, en tanto que al Este, se distingue la falla del frente Subandino, los retro-corrimientos, las fallas trans-currentes tanto dextrales como senestrales, que se encuentran cortando a estos retrocorrimientos.

Una vez interpretada la parte estructural, se sobrepuso a estas fotos la parte geológica (ver lamina 1), siendo un trabajo simultáneo de elaboración del mapa geológico e interpretación de fotos radar. Cabe indicar que la interpretación geológico-estructural de las fotos radar se realizó mediante un paquete de computación (CANVAS).

II. 4. CONSTRUCCIÓN DE MAPAS GEOLÓGICOS

Se hizo una recopilación de todos los mapas geológicos y estructurales existentes en el área:

- Mapa Geológico del Oriente Ecuatoriano (SHELL 1952, actualizado por Paredes F. en 1996);
- Mapa Geológico de el Area entre el Río San Miguel y Río Aguarico (TEXACO, 1966);

- Mapa Geológico del Flanco E del levantamiento Napo (TEXACO, 1967);
- Mapa Geológico del Anticlinal Payamino (TEXACO, 1968);
- Mapa Geológico del Ecuador, Esc. 1:1,000 000 (Baldock, 1982);
- Mapa Geológico esquemático de la Zona de los Ríos Chingual-Aguarico (Alvarado G., 1987);
- Mapa de Interpretación Estructural del Area Bermejo-Caja (Huacho et al, 1989);
- Mapa Geológico del Oriente Ecuatoriano (MOBIL, 1994);
- Geological and Metal Occurrence Maps of the Northern Cordillera Real Metamorphic Belt Ecuador (CODIGEM, 1994);
- Mapa Geológico del Ecuador, Esc. 1:1,000 000 (CODIGEM, 1996).

Toda la información de estos mapas se sobrepuso sobre hojas topográficas a escala 1:50 000, habiéndose completados con nuestros datos de superficie (cf. anexo 1) y nuestra interpretación de fotos radar (cf. lamina 1) para obtener un mapa geológico general (laminas 2 y 3).

III. CONSTRUCCIÓN Y ANÁLISIS DE SECCIONES ESTRUCTURALES REGIONALES (S.E.R.)

III. 1. METODOLOGÍA

Para la construcción de cada corte estructural regional, se necesitó empalmar, interpretar y transformar a profundidad varias secciones sísmicas. La interpretación sísmica se hizo a nivel regional a partir de los sismogramas sintéticos elaborados por PETROPRODUCCION (Jorge Vega). Una de las secciones sísmicas de referencia usada para caracterizar los sismo-facies esta presentada en el Atlas Sísmico del anexo 2 (S1).

La transformación a profundidad fue el mayor problema. A partir de los pozos existentes en las secciones sísmicas y de sus sismogramas sintéticos respectivos, se calculó una velocidad promedio para cada formación. Se pudo así transformar en metros para cada nivel guía las variaciones laterales de profundidad y de espesor que aparecen en las secciones sísmicas entre dos pozos.

En la zona subandina, se usaron además todos los datos de super-

ficie ya existentes así como los datos levantados en nuestras campañas de geología de campo.

A fin de interpretar y construir de la manera mas rigurosa esta parte muy deformada de la cuenca, se utilizo la técnica de los cortes balanceados (Dahlstrom, 1969; Woodward et al., 1985).

Las cuatro secciones estructurales regionales están presentadas a escala 1:200 000 en la lamina 4 y ubicadas en el mapa de la figura 1:

- la S.E.R. 1 se extiende en 142 km, fue elaborada a partir de 7 secciones sísmicas y cruza las estructuras *V.H.R., Peña Blanca, Chanangue, Charapa* y el *Campo Bermejo*;

- la S.E.R. 2 tiene una extensión de 243 km, fue elaborada a partir de 8 secciones sísmicas y atraviesa las estructuras *Vinita, Siona, Cofane, Pichincha, Aguarico, Guanta, Palo Rojo, Ochenta* y el *Volcán Reventador*;

- la S.E.R. 3 (la mas larga de nuestro estudio) tiene una extensión de 286 km, fue elaborada a partir de 6 secciones sísmicas y atraviesa las estructuras *Imuya, Pañacocha, Tangay, San Roque, Shushufindi, Sacha, Coca*, el anticlinal *Payamino*. y el *Volcán Pan de Azúcar*;

- la S.E.R. 4 tiene de 228 km de largo y fue elaborada a partir de 8 secciones sísmicas y cruza las estructuras *Yuturi, Capirón, Auca, Oso* y el *Volcán Sumaco*.

En cada S.E.R., se indica las secciones sísmicas y los pozos utilizados.

A continuación se analizara la geometría de la cuenca, las variaciones de espesores formacionales debidas a superficies de erosión, las deformaciones cretácicas y terciarias, la geometría e influencia de las estructuras pre-cretácicas.

III. 2. SUPERFICIES DE EROSIÓN

• III. 2. 1. Yaupi Basal (Jurásico tardío)

En las S.E.R. 2, 3 y 4, las secciones sísmicas evidencian semi-grabens conservados y peneplanizados por debajo de una Formación pre-Hollín. Por la descripción litológica obtenida en varios pozos, interpretamos esta unidad sedimentaria como la Formación Yaupi (Neocomiano).

A nivel de cuenca, la base de la Formación Yaupi corresponde a una intensa superficie de erosión responsable de la peneplanización de todas las deformaciones pre-cretácicas.

• III. 2. 2. Tena Basal (Campaniano)

En la zona subandina, los estudios de geología de superficie muestran que existe una superficie de erosión en la basal Tena (Jailard, 1996). Hemos podido observar claramente esta superficie de erosión al sur-oeste del *campo Bermejo* en el Río Aguarico (cf. Foto). En la cuenca de antepaís, pocas secciones sísmicas evidencian esa superficie de erosión. Sola la sección S2, ubicada al pie de la zona subandina, al este del Anticlinal Payamino, permite observar la erosión basal Tena.

La erosión basal Tena parece afectar solamente la zona subandina. No es observable a nivel de cuenca como lo muestran la sísmica y las S.E.R..

• III. 2. 3. Tiyuyacu Basal (Eoceno temprano)

Del oeste hacia el este, se nota en cada S.E.R. un adelgazamiento de la Formación Tena. Este adelgazamiento se debe a una importante erosión que se produjo al principio de la depositación de la Formación Tiyuyacu como lo atestigua su

base conglomerática erosiva observada en varios pozos y en la zona subandina (Marocco et al., 1996). Además, ciertas secciones sísmicas muestran claramente esa superficie de erosión (cf. Atlas Sísmico, anexo 2).

En el extremo oriental de la S.E.R.2, la erosión es tan fuerte que afecta hasta la parte superior de la Formación Napo. En efecto, la sísmica muestra que la formación Napo se bisela por debajo de la base erosiva de la Formación Tiyuyacu. Hacia el sur, en las S.E.R. 3 y 4, se observa una atenuación de la erosión.

La superficie de erosión de la base Tiyuyacu es de amplitud regional y se debe correlacionar con importantes movimientos tectónicos de edad eocénica.

• III. 2. 4. Intra-Tiyuyacu (Eoceno medio)

En las cuatro S.E.R., la Formación Tiyuyacu se adelgaza hacia el este debido a una fuerte erosión intra-Tiyuyacu. En efecto, la sísmica (cf. Atlas Sísmico, anexo 2) muestra una marcada discontinuidad erosiva que separa el Tiyuyacu inferior, erosionado hacia el este, de un Tiyuyacu superior de espesor casi constante. La correlación de los sismógramos sintéticos con los registros de pozos muestra que el reflector sísmico erosional corresponde con una base conglomerática.

Como la erosión basal Tiyuyacu, la erosión intra-Tiyuyacu es de amplitud regional. Se trata también de la respuesta sedimentaria a un evento tectónico importante. Así, la Formación Tiyuyacu esta compuesta de dos secuencias sedimentarias mayores separadas por una importante superficie de erosión. A nivel de cuenca, la Formación Orteguzza parece pertenecer al ciclo sedimentario Tiyuyacu superior. Se diferencia solamente por un cambio

de ambiente sedimentario (continental a marino).

III. 3. GEOMETRÍA DE LA DEFORMACIÓN CRETÁCICA Y TERCIARIA

En la Cuenca Oriente, se pueden diferenciar dos unidades morfo-tectónicas:

- la cuenca de antepaís andina s. s., muy extendida, caracterizada por su relleno sedimentario mioplócenico y por suaves deformaciones que constituyen excelentes trampas petrolíferas;
- la zona subandina estrecha, muy deformada y levantada a lo largo del frente orogénico.

• III. 3. 1. Cuenca de antepaís

Al este de la zona subandina, la Cuenca Oriental se encuentra deformada por pequeñas fallas inversas de alto ángulo que producen suaves pliegues por propagación.

Las S.E.R. 3 y 4 y el este de la S.E.R. 2 se caracterizan por la presencia de inversiones tectónicas de semi-grabens pre-cretácicos. Las fallas normales que forman los bordes de los semi-grabens son invertidas por las deformaciones compresivas cretácicas y terciarias. Las inversiones más espectaculares de semi-grabens corresponden a las estructuras Pañacocha (anexo 2, S3), Vinita (S4) y Sacha (S10).

El extremo norte de la cuenca de antepaís (S.E.R.1) es deformada esencialmente por estructuras en flor (Harding, 1985) como el Campo Charapa (S15). Mas al sur (S.E.R.3 y S.E.R.4), solo el hundimiento sur de la estructura Shushufindi (S16) y la estructura Auca (S18) corresponden también a estructuras en flor. Este tipo de estructura reflejan una tectónica compresiva.

Existen también estructuras a vergencia este como la estructura Oso (S.E.R.4) que forma un gran

pliegue por propagación de falla inversa de alto ángulo buzando hacia el oeste. Esa falla, aunque menos desarrollada, es del mismo tipo estructural que la falla frontal de la zona subandina.

Entre la estructura Oso y la zona subandina (S.E.R.4), se encuentra un cuerpo volcánico extrusivo en la Formación Napo reconocible por su facies sísmica (ORYX, com. pers.). Este cuerpo volcánico está ubicado justo encima de una falla normal jurásica que permitió probablemente su ascensión durante la depositación de la Formación Napo. La extrusión de este cuerpo volcánico implica así una reactivación de la falla normal durante el Cretácico. Entre las estructuras Guanta y Aguarico, la sísmica permite identificar otro cuerpo volcánico extrusivo contemporáneo de la depositación de la Formación Napo. En el Levantamiento Napo (Río Quijos), hemos encontrado en la Formación Napo un cuerpo volcánico probablemente de la misma naturaleza que los cuerpos evidenciados en la sísmica. Análisis geoquímicos van a permitir definir exactamente el tipo de volcanismo que afectó a la Formación Napo.

La cuenca de antepaís es deformada por inversiones tectónicas positivas y por estructuras en flor que resultan de una tectónica de transpresión.

• III. 3. 2. Zona subandina

La zona subandina (Estructura Bermejo y Levantamiento Napo) corresponde a una inmensa estructura levantada y deformada durante el Plioceno y el Cuaternario - lahares cuaternarios se encuentran levantados (cf. lamina 3) - a lo largo de un sistema de fallas frontales inversas de alto ángulo. Este sistema de fallas que podemos calificar de frente orogénico andino es muy complejo. Se caracteriza por una falla inversa principal a vergencia oeste donde

se ramifican fallas secundarias (antitéticas) que cabalgan hacia el oeste. Esas fallas antitéticas aparecen en sísmica como en superficie (cf. fotos radares y mapas geológicos de las laminas 1, 2 y 3). Este tipo de sistema de fallas es muy parecido a los sistemas de fallas de las estructuras en flor (Harding, 1985) que se desarrollan siempre en un contexto de deformación trans-presiva. Hacia el sur, el rechazo vertical del frente subandino aumenta y alcanza 1000 m a nivel del anticlinal Payamino (S.E.R.3). En la S.E.R.4, el mismo frente de deformación se amortigua y su desplazamiento está transferido sobre nuevas fallas que se desarrollan en el borde oeste del antepaís (estructura Oso por ejemplo). La zona subandina pasa así progresivamente a la cuenca de antepaís por un sistema de fallas "en echelon".

La parte interna de la zona subandina está poco deformada. En el norte, el campo Bermejo (S.E.R.1) se desarrolla a lo largo de fallas inversas buzando hacia el este. El estudio realizado a partir de la sísmica muestra que esas fallas internas son independientes del frente orogénico. Mas al sur, la zona subandina (Levantamiento Napo) es mas ancha y mas levantada. El nivel de erosión es mas profundo y aflora la Formación Misahuallí (Jurásico). El Levantamiento Napo se caracteriza también por la presencia de volcanes cuaternarios: Reventador, Pan de Azúcar y Sumaco. Esa posición estructural tan cerca del frente orogénico queda inexplicada. Un estudio a profundidad de esos volcanes podría permitir precisar el contexto tectónico de la estructuración de la zona subandina.

En el norte (S.E.R.1), el borde oeste de la zona subandina está cabalgado por el Plutón Rosa Florida. Se caracteriza por un sistema de corrimientos de bajo

ángulo a vergencia este que hemos observado y analizado en el Río Aguarico mas arriba de Puerto Libre (cf. mapa geológico, lamina 2). Esos corrimientos repiten las Formaciones Napo y Tena. En la S.E.R.2, el borde oeste de la zona subandina es limitado también por un corrimiento de bajo ángulo que transporta hacia el este la Formación Misahuallí deformada y metamorfizada (Cordillera Real) sobre la Formación Tena. Mas al sur (S.E.R.3 y S.E.R.4), la falla que separa la zona subandina de los sedimentos metamórficos de la Cordillera Real se verticaliza y tiene todas las características de una falla de rumbo. Aparece a su contacto el batolito jurásico de Abitagua.

Por las características geométricas de su deformación, interpretamos la zona subandina como una inmensa inversión tectónica levantada en un contexto de deformación trans-presiva, donde pueden permanecer conservadas antiguas estructuras tipo Bermejo. Sospechamos así la presencia de semi-grabens pre-cretácicos por debajo de la zona subandina.

III. 4. PRE-CRETÁCICO

En la cuenca de antepaís, la sísmica muestra un número importante de semi-grabens conservados por debajo de la Formación Yaupi o de la Formación Hollín. Esos semi-grabens son basculados hacia el oeste, lo que parece ser una tendencia regional. La mayoría son invertidos, pero en el centro de la cuenca algunos quedan no deformados y sellados por la Formación Yaupi (secciones sísmicas N-24-5-85 y N-24-5-86). En esta misma zona, la sísmica deja ver un nivel de despegue profundo donde se empalman las fallas normales de los semi-grabens. En el extremo norte de la cuenca (S.E.R.1), no existen semi-grabens pre-cretácicos conservados. Han sido probablemente erosionados y peneplanizados an-

tes de la depositación de la Formación Hollín.

Según el pozo Sacha Profundo - 1 (cf. anexo 2, S10), el relleno de este semi-graben corresponde probablemente a la Formación Chapiza (Jurásico).

El centro de la cuenca se caracteriza por una cuña sedimentaria paleozoica que se bisela hacia el este por debajo de la Formación Hollín. Esa cuña sedimentaria deformada por fallas inversas aparece claramente en las secciones sísmicas que pasan por el pozo Pichincha - 1 (S.E.R.2). Este pozo toco sedimentos siluro-devónicos y permitió definir la sismo-facies paleozoica. Hacia la zona subandina, es difícil seguir esos reflectores paleozoicos y la presencia de esos sedimentos es hipotética. A nivel de la estructura Guanta, el Paleozoico es deformado por pliegues sellados por sedimentos probablemente de la Formación Yaupi. Mas al sur (S.E.R.3), la estructura Sacha se desarrollo encima de un pliegue de gran amplitud afectando el Paleozoico y la Formación Chapiza. Este pliegue es erosionado y sellado por la Formación Yaupi, lo que implica una deformación compresiva pre-Yaupi y post-Chapiza de edad Kimmeridgiano a Berriasiano.

Globalmente, el Pre-Cretácico se desarrolla hacia el sur de la Cuenca Oriente. Se caracteriza por una cuña sedimentaria paleozoica que se bisela hacia el este y por semi-grabens de edad jurásica. Todo este sistema extensivo esta en parte erosionado, peneplanizado y sellado por la base de la Formación Yaupi, y en parte invertido durante el Cretáceo y el Terciario. Una deformación compresiva pre-Yaupi y post Chapiza de edad Kimmeridgiano a Berriasiano esta registrada en ciertas estructuras.

IV. CARACTERÍSTICAS GEOMÉTRICAS Y CINEMÁTICAS DE LAS ESTRUCTURAS PETROLÍFERAS

IV. 1. METODOLOGÍA

A fin de definir el estilo estructural y la cronología de la deformación de la parte norte de la Cuenca Oriente, se seleccionaron y se interpretaron en detalles las estructuras mas representativas ubicadas a lo largo de las cuatro secciones estructurales regionales presentadas previamente (ubicación en la fig. 1). Sismogramas sintéticos (cf. anexo 2, S1) elaborados por PETROPRODUCCION (J. Vega) fueron utilizados para interpretar y representar directamente en las secciones sísmicas los niveles y formaciones guías implicadas en la deformación así como las discontinuidades sedimentológicas y las fallas.

Se realizo un Atlas Sísmico (anexo 2) afin de ilustrar las características geométricas y cinemáticas de las estructuras del norte de la Cuenca Oriente ecuatoriana.

IV. 2. GEOMETRÍA DE LA DEFORMACIÓN

Todas las estructuras estudiadas son pliegues por propagación de fallas inversas de alto ángulo (cf. S.E.R. 1,2,3,4) y corresponden en gran parte a inversiones tectónicas positivas (Harding, 1985). Cada estructura corresponde a un pliegue desarrollado a lo largo de una falla normal pre-cretácica reactivada en compresión durante el Cretácico y/o el Terciario. Hemos diferenciado 3 tipos de estructuras en función de la geometría de la falla y de su vergencia.

•IV. 2. 1. Estructuras con falla a vergencia oeste

- *Pañacocha y Vinita (S3 y S4)*

Las estructuras Pañacocha y Vinita, que se ubican en el mismo "trend" estructural, corresponden a los semi-grabens invertidos mas representativos. En cada estructura, se nota claramente la inversión hacia el oeste del semi-graben por la reactivación de la falla que forma su borde occidental. Esos semi-grabens se biselan por debajo de la Formación Yaupí o de la Formación Hollín.

En la estructura Pañacocha, la falla frontal forma en su parte superior una cuña intercutanea que amortigua el levantamiento del semi-graben. La parte este de la estructura se caracteriza por una segunda falla reactivada, pero vertical y con movimiento aparente hacia el este. Pequeñas fallas normales que buzan hacia el oeste parecen afectar la Formación Hollín. El pozo Pañacocha-1 muestra que el substrato del semi-graben está compuesto de sedimentos paleozoicos (Fm. Macuma, Carb.-Perm. inf.). El relleno sedimentario del semi-graben corresponde probablemente a la Formación Chapiza (jurásico).

La estructura Vinita es muy parecida aunque mas simple. La falla frontal tiene una antitética de bajo ángulo. Las sismo-facies del semi-graben y de su substrato son comparables a los de la estructura Pañacocha.

- *Yuturi y Capirón (S5, S6 y S7)*

En la parte oriental de la cuenca, las estructuras Yuturi y Capirón presentan las mismas características de plegamiento que las estructuras Vinita y Pañacocha, pero no están conservados los semi-graben jurásicos. Los pozos Yuturi-1 y Capirón N-1 tocaron el basamento por debajo de la Formación Hollín.

Las estructuras Yuturi y Capirón corresponden probablemente a inversiones tectónicas de fallas normales jurásicas cuya semi-graben ha sido erosionado antes de la depositación de la Formación Hollín.

- *Cuyabeno (S8)*

Se trata también de una estructura que no presenta semi-graben. La falla inversa se amortigua en las Formaciones Hollín y Napo en forma de cuña intercútea. Esa geometría es bastante clásica en tectónica de inversión. La falla parece condicionar también la depositación de la Formación Yaupi.

- *V. H. R. (S9)*

Corresponde a un pliegue - bien apretado - por propagación de falla de zócalo (basamento granito). No aparece una estructuración pre-cretácica en esta zona (cf. S.E.R.1) que muestre fallas normales pre-cretácicas y que pueda argumentar en favor de una inversión tectónica.

- *Sacha (S10)*

Esta estructura es muy interesante puesto que está atravesada por un pozo profundo que nos da mucha información sobre el pre-cretácico. Se trata de un semi-graben jurásico (Fm. Chapiza) invertido en varias etapas.

La estructura esta compuesta de dos pliegues por propagación de falla sobrepuestos:

- el primer pliegue deforma el Paleozoico y la Formación Chapiza y se encuentra erosionado y sellado por la Formación Yaupi;
- el segundo pliegue afecta el Pre-Cretácico, el Cretácico y Terciario Inferior y corresponde a una segunda fase de inversión tectónica.

- *Bermejo (S11)*

Se trata de una estructura subandina conformada por un pliegue por propagación de falla de gran amplitud. La interpretamos como una inversión tectónica por el tipo de geometría estructural y por la presencia - en otras líneas sísmicas que se encuentran mas al sur (CP - 88 - 4062 y CP - 88 - 4062E) - de ciertos reflectores profundos que podrían corresponder a un relleno sedimentario.

El estudio regional muestra que esta inversión tectónica es independiente del frente subandino (cf. S.E.R. 1 en lamina 4 y parte IV. 3. 2).

• IV. 2. 2. Estructuras con falla a vergencia este

- *Anticlinal Payamino (S12)*

El anticlinal Payamino se encuentra en el frente orogénico (cf. S.E.R.3). Se trata de una estructura expulsada (tipo "pop-up") a lo largo de la falla subandina. Su geometría semeja una estructura en flor, pero tiene solo un rechazo importante en su lado este. Esa geometría es característica de las estructuras desarrolladas en contexto de tectónica transpresiva.

Como en la parte norte de la zona subandina, interpretamos la falla frontal subandina como la reactivación en compresión de una antigua falla normal jurásica.

- Oso (S13)

La estructura Oso corresponde a un pliegue por propagación de falla de gran amplitud que se desarrolló a lo largo de una falla inversa de alto ángulo de tipo frente subandino. La deformación no es tan intensa como en el frente orogénico, pero es característica también de una tectónica transpresiva.

- Pichincha - Libertador (S14)

Se trata de un pequeño pliegue por propagación de falla. La sísmica muestra dos fallas responsables de la estructuración, pero que afectan solamente sedimentos pre-cretácicos. El pozo Pichincha - 1 toca los sedimentos pre-cretácicos datados posteriormente como siluro-devoniano (Fm. Pumbuiza).

• IV. 2. 3. Estructuras en flor

Se trata de estructuras en flor positivas (terminología de Harding, 1985), que resultan de los efectos de una tectónica transpresiva.

- Charapa (S15)

Esta estructura ubicada en el centro del extremo norte de la Cuenca Oriente ecuatoriana (cf. S.E.R.1) esta compuesta de dos fallas subverticales y de vergencia opuesta que se enraízan rápidamente en el basamento.

El pozo Charapa - 1 toca una formación volcanoclástica por debajo de la Formación Hollín que interpretamos como Formación Yaupi.

- Shushufindi Sur (S16)

El hundimiento sur de la estructura Shushufindi (cf. S.E.R.3) es muy parecido a la estructura Charapa. Es una estructura en flor típica también deformada por dos fallas de alto ángulo y de vergencia opuesta que se enraízan rápidamente en el basamento cristalino.

Más al norte, la estructura Shushufindi se transforma en pliegue por propagación de falla a vergencia este (cf. S17).

- Auca (S18)

Se trata del mismo tipo de estructura que Shushufindi Sur, pero más deformada y con una expulsión más pronunciada. Sedimentos de la Formación Yaupi y de la Formación Macuma han sido tocados por el pozo Auca - 3.

IV. 3. CRONOLOGÍA DE LA DEFORMACIÓN

En la sísmica, aparecen superficies de erosión y discordancias progresivas que permiten identificar 5 grandes etapas de inversión tectónica positiva en la parte norte de la Cuenca Oriente. Estas etapas de deformación están representadas en la figura 2 y ilustradas en el Atlas Sísmico (anexo 2).

• IV. 3. 1. Inversión pre-Yaupi (Kimmeridgiano a Berriasiano)

En nuestro estudio regional, hemos encontrado una sola estructura invertida de edad pre-cretácica. Se trata de la *parte profunda de la estructura Sacha* (conocida como estructura Sacha Profundo).

En efecto, la sísmica (S10) muestra que una primera inversión tectónica positiva deformó el Paleozoico y la Formación Chapiza. Esta deformación (anticlinal) se encuentra erosionada y sellada por la Formación Yaupi, lo que implica una edad Kimmeridgiano a Berriasiano para esta primera inversión tectónica.

Existen probablemente otras estructuras de este tipo, pero la información de subsuelo actual no permite identificarlas.

• IV. 3. 2. Inversión Napo basal (Albiano superior)

En la sección sísmica CP-153 (S15) que cruza la estructura *Charapa*, se nota una variación de espesor en la Napo Basal asociada al desarrollo de las fallas inversas (deformación sin-sedimentaria).

Se puede concluir de esta observación que la *estructura en flor de Charapa* empezó a levantarse en el Albiano superior. *Esta segunda etapa de inversión tectónica coincide con la fase de deformación compresiva andina Mochica* descrita en Perú (Mégard, 1984; Vicente, 1989; Jaillard, 1994; Gil et al., 1996).

En las estructuras estudiadas, no se ha podido encontrar mas huellas de esta deformación. Es posible que, en ciertas secciones sísmicas que no hemos analizada, se manifieste.

• IV. 3. 3. Inversión Napo superior (Coniaciano a Campaniano)

La tercera etapa de inversión tectónica se produjo entre la caliza M2 y la Tena Basal como lo muestran las variaciones de espesores de la Napo Superior asociadas al desarrollo de las estructuras *Charapa* (cf. S15), VHR (cf. S9), *Shushufindi* (cf. S16), *Yuturi* (cf. S5) y *Pañacocha* (cf. S3).

En la sección sísmica de *Charapa* (S15) y *Shushufindi* (16), se nota no solamente una variación de espesor de la Napo Superior, sino también "onlaps" de la Napo Superior sobre la caliza M2 en el flanco occidental de la estructura.

La superficie de erosión de la Tena Basal, observada en la zona subandina (cf. Foto) y en las secciones sísmicas de la estructura *Pañacocha* (cf. S3) y de la zona *Coca-Payamino* (cf. S2), sella esta deformación.

Esta tercera etapa de inversión tectónica corresponde a la deformación cretácica mas intensa y coincide con la fase de deformación

compresiva Peruana descrita mas al sur (Jaillard, 1993; Gil et al., 1996).

• IV. 3. 4. Inversión Tena inf. (Maestrichtiano)

Muchas estructuras de la parte este de la cuenca, como *Pañacocha* (S3), *Capirón* (S7) y *Yuturi* (S5), presentan en sus flancos variaciones de espesor en la Formación Tena debidas a una fuerte erosión de la Tiyuyacu basal. Eso muestra que ocurrió una inversión tectónica pre-Tiyuyacu.

En la parte oeste de la cuenca, donde la Formación Tena es mas completa - en el flanco este, la Tena superior está probablemente erosionada (cf. Capitulo III) - las estructuras *Shushufindi* (S16), *Auca* (S18) y *Bermejo* (S11) presentan una deformación sin-sedimentaria en la Tena inferior. En efecto, se observan "onlaps" de la Tena inferior sobre la Formación Napo (*Shushufindi*, cf. S16) o/y un fenómeno de discordancia progresiva como el de la estructura *Bermejo norte* (cf. S11).

En la estructura *Bermejo norte*, se pueden diferenciar la Tena inferior y la Tena superior definidas por Jaillard (1995), y ver que la deformación sin-sedimentaria afecta solamente la Tena inferior, lo que muestra que *esta cuarta etapa de inversión tectónica es de edad maestrichtiano*.

La construcción del corte balanceado de la estructura Bermejo (fig. 3) permite ilustrar la cinemática de la deformación. La reconstitución palinspástica al tope Tena muestra que la estructura Bermejo ya existía en el fin del Paleoceno - se desarrolló durante el Maestrichtiano - y fue levantada posteriormente por el sistema frontal subandino durante el Plioceno y el Cuaternario.

Esta etapa de inversión tectónica esta descrita también en la

cuenca Marañón de Perú (Gil et al., 1996).

• IV. 3. 5. Inversión Tiyuyacu inf. (eoceno inferior)

El análisis de la sísmica a nivel regional nos a permitido definir una superficie de erosión intra-Tiyuyacu y así una nueva Formación que llamamos Tiyuyacu superior (cf. Capítulo III).

Esa superficie de erosión provoca variaciones de espesor de la Tiyuyacu inferior en los flancos de muchas estructuras como Oso (cf. S13) y Vinita (cf. S4) y delimita así una deformación pre-Tiyuyacu superior.

En las estructuras Yuturi (cf. S5), Capirón (S7), VHR (cf. S9) y Cuyabeno (cf. S8) se nota también una deformación sin-sedimentaria en la Tiyuyacu inferior que confirma la importancia de esta quinta etapa de inversión tectónica probablemente de edad eoceno inferior.

• IV. 3. 6. Inversión Plioceno - Cuaternario

Es la última y una de las principales etapas de inversión tectónica. Es responsable de la estructuración y del levantamiento de la zona subandina. Deforma y levanta toda la columna sedimentaria de la Cuenca Oriente, hasta lahares cuaternarios que hemos podido observar en el campo como en fotos radares (lamina 1). Esta etapa de deformación es contemporáneo de los volcanes Reventador, Pan de Azúcar y Sumaco.

La sísmica muestra que la mayor parte de las fallas invertidas de las estructuras del antepaís han sido reactivadas durante esta época.

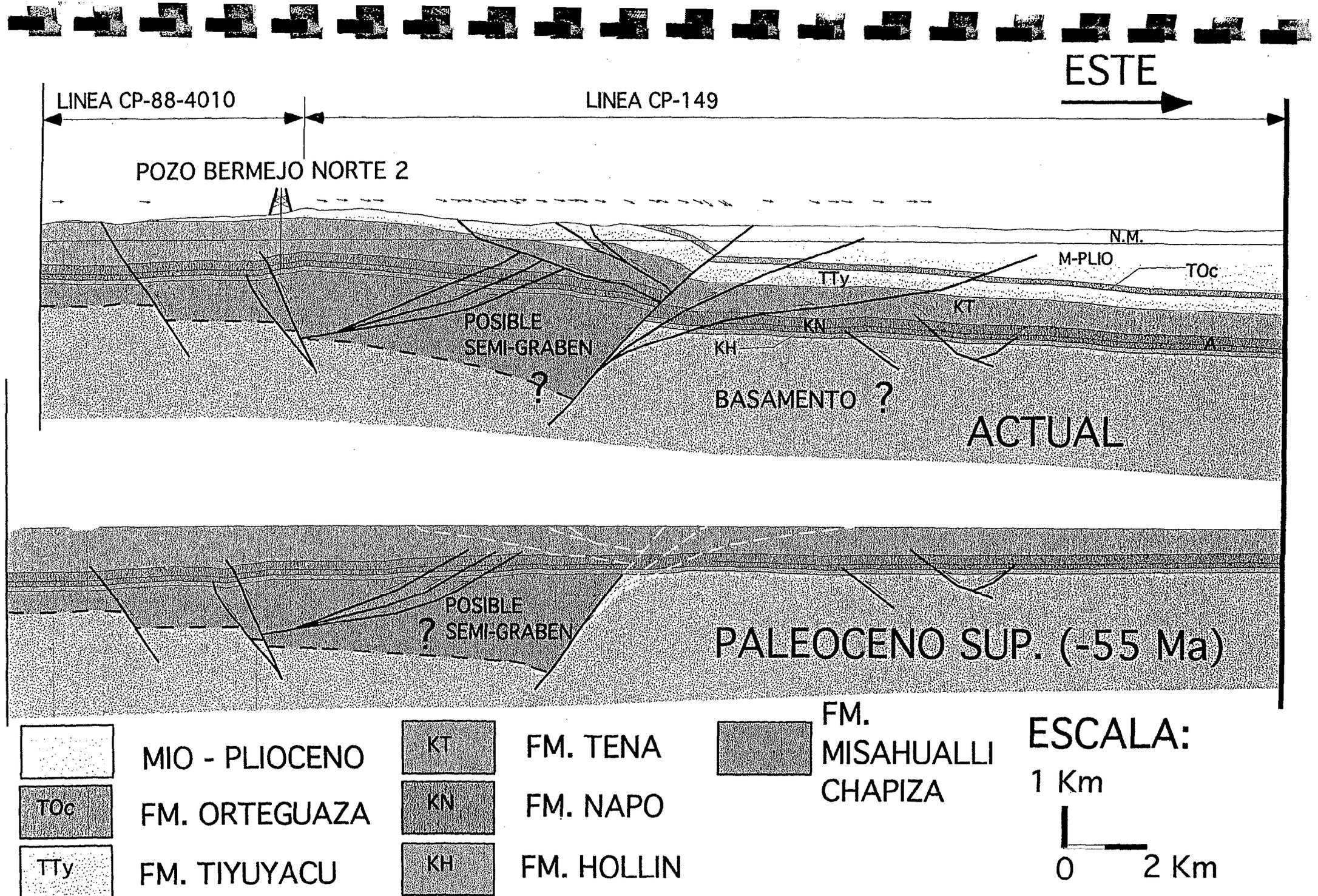


FIGURA 3 (según Galarraga, 1997)

CONCLUSIONES

El análisis geométrico y cinemático de la deformación de la parte norte de la Cuenca Oriente permitió mostrar que su estructuración resulta de varias etapas de inversión tectónica en régimen transpresivo (dextral) de grabenes y semi-grabenés jurásicos (Fm. Chapiza).

La construcción de Secciones Estructurales Regionales (cf. lamina 4), en base a interpretación sísmica, registros de pozos y estudios de superficie (cf. laminas 1, 2 y 3) nos da una representación en dos dimensiones bastante completa de la parte norte de la Cuenca Oriente.

Permitió definir y ubicar cuatro importantes superficies de erosión correlacionables con eventos tectónicos mayores.

- (1) La erosión de la Yaupi Basal (Jurásico Tardío) aplanó todas las estructuras pre-cretácicas.
- (2) La erosión de la Tena Basal (Campaniano) se observa únicamente en el borde occidental de la cuenca, esencialmente en la zona subandina. Se correlaciona con la fase de deformación andina "Peruana" definidas al sur.
- (3) La superficie de erosión de la Tiyuyacu Basal (Eoceno Temprano), es más importante. Hace desaparecer hacia el este toda la Fm. Tena (cf. S.E.R.2, lamina 3).

(4) La erosión intra-Tiyuyacu (Eoceno Medio), descrita por primera vez en el presente trabajo, es también de amplitud regional y comparable con la erosión de la Tiyuyacu Basal.

El análisis detallado de 14 estructuras (casi todas de campos petrolíferos), en base a interpretación sísmica dio lugar a la realización de un Atlas Sísmico (anexo 2) donde están ilustradas las características geométricas y cinemáticas de la deformación.

Las estructuras de los campos petrolíferos de la parte norte de la Cuenca Oriente ecuatoriana corresponden generalmente a inversiones tectónicas a vergencia oeste o este, o a estructuras en flor, habiéndose desarrollado en 6 etapas de deformación:

1. Pre-Yaupi (Kimmeridgiano a Berriasiano);
2. Napo Basal (Albiano inf. - Albiano Sup.);
3. Napo superior (Coniaciano a Campaniano);
4. Tena Inferior (Maestrichtiano);
5. Tiyuyacu Inferior (Eoceno Inf.);
6. Plioceno - Cuaternario.

El trabajo de análisis de las estructuras se continuará, con las estructuras principales que aun faltan por estudiar y se iniciará la siguiente etapa que consistirá en el modelaje geoquímico de la cuenca a fin de llegar a definir las relaciones tiempo-espacio entre generación-migración y acumulación de hidrocarburos y "timing" de la deformación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ALVARADO G. AND F. RAMIREZ, (1987) - Informe geológico de la zona entre los rios Chingual - Aguarico, CEPE División Exploración, Informe Técnico 152-DER-87.
- ASPDEN J.A, C. RUNDLE, F. VITERI, R. BERMUDEZ and S. HARRISON, (1990) - Edades radiométricas del batolito de Zamora-rio Mayo: *Boletín Geológico Ecuatoriano*, v. 1, p. 85-88.
- ASPDEN J., HARRISON S. H. Y RUNDLE C. C., (1992) - New Geochronological control for the tectono-magmatic evolution of metamorphic basement, Cordillera Real and El Oro Province of Ecuador., *Journal of South America Earth Sciences*, Vol 6 No 1/2. pp 77 - 96.
- ASPDEN J. & LITHERLAND M., (1992) - The Geology and Mesozoic Collisional History of the Cordillera Real, Ecuador., *Tectonophysics*, 205, pp. 187-204.
- BALDOCK J.W. (1982) - Geología del Ecuador: Boletín de explicación del Mapa Geológico de la República del Ecuador, Esc. 1:1000000., Men. Rec. Nat. Energ., Quito, 70 pp.
- BRISTOW C. R. & HOFFSTETTER R. (1977) - *Léxique Stratigraphique, Amérique Latin*, Fas 5 a 2 Ecuador, 2e. édition, Bull. Carnegie Mus. Nat. History, 19, p 1 - 54.
- DAHLSTROM C. D. (1969) - Balanced cross sections., *Canadian Journal of Earth Sciences*, Vol 6, pp 743 - 757
- GALARRAGA M. (1997) - Estructuras y Fases de Deformación de la Zona Subandina en el Nor Oriente Ecuatoriano: Entre 0 20'N y 0° 10' S, Tesis Inédita, Universidad Central del Ecuador, Quito.
- HARDING T. P., (1985) - Seismic characteristics and identification of negative flower structures, positive flower structures, and positive structural inversion: *A.A.P.G.*, v. 69, p.
- HUACHO J., SALGADO S, HUAMAN C., (1989) - Informe de avance del trabajo "Estudio Geológico - Estructural del area Bermejo-Caja", Informe Técnico Petroproducción, ITG-89-051.
- JAILLARD E., (1995) - Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretácico y Paleógeno de la Cuenca Oriente del Ecuador, Informe PETROPRODUCCION - ORSTOM,
- JAILLARD E., (1994) - Tectonic evolution of the Peruvian margin between Kimmeridgian and Paleocene times, in J. A. Salfity, eds., *Cretaceous tectonics in the Andes: Braunschweig/Wiesbaden (Allemagne)*, Viewing Pub., p. 101-167.
- JAILLARD E., (1993) - L'évolution tectonique de la marge péruvienne au Sénonien et Paléocène et ses relations avec la géodynamique: *Bull. Soc. géol. France*, v. t. 164, p. 819-830.
- LABOGEO, (1996) - Estudio bioestratigráfico muestras de afloramiento, Convenio Petroproducción-ORSTOM, Informe Técnico N°. 016-PPG-96.
- MAROCCO R., MEDINA G., (1996) - Informe Sobre la Estratigrafía del Terciario de la Región de Bermejo, PETROPRODUCCION - ORSTOM.
- MÉGARD F., (1984) - The Andean orogenic period and its major structure in central and northern Peru: *J. Geol. Soc. London*, v. 141, p. 893-900.
- MOBIL - PETROPRODUCCION, (1994) - Area de Estudio de la Zona Noroeste de la Cuenca Napo, Vol 1, Archivo Técnico de Petroproducción, PPR - GL 241.
- RIVADENEIRA M., SANCHEZ H., (1988) - Consideraciones Geológicas del Pre - Aptense de la Cuenca Oriente, Informe interno Petroproducción, PPR - GL - 264.
- ROSERO J. (1997) - Estructuras y Fases de Deformación de la Zona Subandina en el Nor Oriente Ecuatoriano: Entre 0 10'S y 0° 50' S, Tesis Inédita, Escuela Politécnica Nacional, Quito.
- TEXACO (1967) - Photogeologic Evaluation Northeastern Ecuador Area, Texaco Petroleum Company, Geophoto Services Inc., Archivo Técnico de Petroproducción ECUA 30.

Texaco - FASSET B.D. (1967) - The Geology of the East of The Napo Uplift, Napo Concession Ecuador. Texaco Petroleum Company, Ecuadorian Exploration Operations. , Archivo Técnico de Petroproducción, ECUA 22 .

Texaco - KENNEDY J. (1966), Geology of the Area Between Río San Miguel and Río Aguarico, Geological Department, Informe tecnico, Archivo Petroproducción, ECUA - 25.

TSCHOPP H. J., (1953) - Oil Exploration in the Oriente of Ecuador., Bull. Am. Assoc. Pet. Geol., 37, 10, pp 2307 - 2347.

WOODWARD N., BOYER S. and SUPPE J.,(1985) - An Outline of balanced cross section ., Knoxville,TN University of Tennessee, Dept. of Geological Sciences, Students of Geology , 170 pp.

LISTA DE FIGURAS, FOTO, ANEXOS Y LAMINAS

FIGURA 1: Mapa de la parte norte de la Cuenca Oriente Ecuatoriana y ubicación de las secciones estructurales regionales y de las estructuras analizadas.....	5
FIGURA 2: Columna estratigráfica generalizada de la parte norte de la Cuenca Oriente Ecuatoriana.....	7
FIGURA 3: Sección balanceada a través de la estructura Bermejo norte.....	24
FOTO: Erosión Tena Basal (zona subandina, Río Aguarico).....	10
ANEXO 1: Banco de datos de geología de superficie.....	29
ANEXO 2: Atlas sísmico (interpretación de 18 secciones sísmicas).....	32
LAMINA 1: Foto-interpretación (imágenes radar) del frente subandino de la parte norte de la Cuenca Oriente Ecuatoriana.	
LAMINA 2: Mapa geológico de la zona subandina entre 0°20'N y 0°10'S (Esc: 1/100 000).	
LAMINA 3: Mapa geológico de la zona subandina entre 0°10'S y 0°50'S (Esc: 1/100 000).	
LAMINA 4: Secciones Estructurales Regionales de la parte norte de la Cuenca Oriente Ecuatoriana.	

ANEXO 1

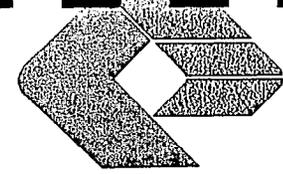
BANCO DE DATOS DE GEOLOGÍA DE CAMPO

AFFL	LOCALIDAD	FECHA	X(UTM)	Y(UTM)	FORMACION	S0	P0
AG01	RIO AGUARICO	12/14/95	249508	7759	CHALCANA	225	10SE
AG02	RIO AGUARICO	12/14/95	249780	7380	CHALCANA	225	10SE
AG03	RIO AGUARICO	12/15/95	246469	9010	TIYUYACUSUP	240	12SE
AG04	RIO AGUARICO	3/13/96	248506	8582	TIYUYACUSUP	20	20E
AG05	RIO AGUARICO	3/13/96	249205	8147	TIYUYACUSUP	15	23E
AG06	RIO AGUARICO	3/13/96	249294	8131	ORTEGUAZA	20	20E
AG07	RIO AGUARICO	3/13/96	249570	7428	ORT-CHALCANA	20	20E
AG08	RIO AGUARICO	3/13/96	249624	7110	CHALCANA	NS	12E
AG09	RIO AGUARICO	3/13/96	250254	6506	CHALCANA	175	9E
AG10	RIO AGUARICO	3/13/96	250683	6440	CHALCANA	35	15E
AG11	RIO AGUARICO	3/13/96	250621	6420	CHALCANA	35	15E
AG12	RIO AGUARICO	3/16/96	246487	9133	TIYUYACU MOY-SUP	45	10E
AG13	RIO AGUARICO	3/16/96	247795	9263	TIYUYACUSUP	40	10E
AG14	RIO AGUARICO	3/16/96	247003	9100	TIYUYACUSUP	40	13E
AG15	RIO AGUARICO	3/16/96	247086	7936	ORTEGUAZA	40	14E
AG16	RIO AGUARICO	3/16/96	244302	5841	TIYUYACU INF	15	8E
AG17	LA PIZARRA	4/23/96	221738	22028	TENA-NAPO	30	7E
AG18	LA PIZARRA	4/23/96	221682	22226	NAPO	0	0
AG19	LA PIZARRA	4/23/96	221686	22308	TENA-NAPO	40	25W
AG20	LA PIZARRA	4/23/96	221533	22829	TENA	50	10W
AG21	LA PIZARRA	4/23/96	221410	23207	TENA	50	10W
AG22	LA PIZARRA	4/23/96	221344	23315	NAPO (corrimiento)	35	45W
AG23	LA PIZARRA	4/23/96	221302	23392	NAPO (corrimiento)	25	72W
AG24	LA PIZARRA	4/23/96	W-AG23		NAPO	75	45W
AG25	LA PIZARRA	4/23/96	221248	23417	NAPO	45	28W
AG26	LA PIZARRA	4/23/96	221180	23594	NAPO (M1)	40	
AG27	LA PIZARRA	4/23/96	221026	23784	NAPO	40	
AG28	LA PIZARRA	4/23/96	220849	23746	NAPO (M1)	50	28W
AG29	LA PIZARRA	4/23/96	220746	23833	NAPO	50	16W
AG30	LA PIZARRA	4/23/96	220395	24167	NAPO	40	
AG31	LA PIZARRA	4/23/96	220461	24565	NAPO (M1)	40	90
AG32	LA PIZARRA	4/23/96	220675	24901	NAPO	45	32W
AG33	LA PIZARRA	4/24/96	220667	25093	TENA	40	45W
AG34	RIO COFANE	4/24/96	220680	25863	TENA (Falla Cofane)	43	28W
AG34'	RIO COFANE	4/24/96	220680	25863	NAPO (Falla Cofane)	25	57W
AG35	RIO COFANE	4/24/96	220355	25911	NAPO	50	50W
AG36	LA PIZARRA	4/25/96	221841	21823	TENA	45	15E
AG37	LA PIZARRA	4/25/96	221754	21324	TENA	150	10E
AG38	LA PIZARRA	4/25/96	222391	20809	TENA	160	15E
BA1	BAEZA	5/29/96	178743	9950005	TENA META	65	35W
BA2	BAEZA	5/29/96	177488	9947842	JUR. OU NAPO META?		

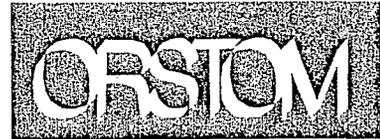
BJ01	RIO BERMEJO	12/11/95	239340	27015	TENA		
BJ02	RIO BERMEJO	12/11/95	239840	27398	TIYUYACU INF.	0	0
BJ03	RIO BERMEJO	12/11/95			TIYUYACU INF.	0	0
BJ04	CAMPO BERMEJO	12/13/95	241850	21580	TIYUYACU MOY.	0	0
BJ05	CAMPO BERMEJO	12/13/95	240840	22743	TIYUYACU INF.	180	10W
BJ06	CAMPO BERMEJO	12/13/95	240653	22650	TIYUYACU INF.	0	0
BJ07	CAMPO BERMEJO	12/14/95	245970	12930	QUATERNAIRE	0	0
BJ08	CAMPO BERMEJO	3/12/96	240630	22164	TIYUYACU INF.	0	0
BJ09	CAMPO BERMEJO	3/12/96	241752	24602	TIYUYACU INF-MOY	0	0
BJ10	CAMPO BERMEJO	3/12/96	241518	24914	TIYUYACU INF-MOY	110	10NE
BJ11	CAMPO BERMEJO	3/12/96	241013	24858	TIYUYACU INF.	110	10NE
BJ12	CAMPO BERMEJO	3/12/96	241313	22838	TIYUYACU MOY.	#0	
BJ13	CAMPO BERMEJO	3/13/96	246632	12643	QUATERNAIRE	0	0
BJ14	CAMPO BERMEJO	3/13/96	247304	11755	TIYUYACU MOY.	175	14
BJ15	CAMPO BERMEJO	3/14/96	242187	22127	TIYUYACU INF	#0	
BJ16	CAMPO BERMEJO	3/14/96	241885	20930	TIYUYACU MOY.	#0	
BJ17	CAMPO BERMEJO	3/14/96	242695	21273	TIYUYACU MOY.	150	7E
BJ18	CAMPO BERMEJO	3/14/96	242644	20982	TIYUYACU MOY.	160	9E
BJ19	CAMPO BERMEJO	3/14/96	243680	20212	TIYUYACU INF-MOY	#0	
BJ20	CAMPO BERMEJO	3/14/96	238492	17849	TIYUYACU MOY-SUP	#0	
BJ21	CAMPO BERMEJO	3/14/96	240056	17250	TIYUYACU MOY	140	5E
BJ22	RIO BERMEJO	3/15/96	230687	27280	TENA	NS	6W
BJ23	RIO BERMEJO	3/15/96	238948	27185	TENA	NS	W
BJ24	RIO BERMEJO	3/15/96	237131	27247	TENA	#0	
BJ25	RIO BERMEJO	3/15/96	237372	26795	TENA	0	0
CO1	RIO COCA	5/30/96	225900	9998152	NAPO	140	10E
CO2	RIO COCA	5/30/96	225278	9994984	NAPO		
CO3	RIO COCA	5/30/96	225778	9998277	NAPO		
CO4	RIO COCA	5/30/96	225661	9998889	NAPO		
CO5	RIO COCA	11/17/96	236250	9984000	MISAHUALLI		
CO6	RIO COCA	11/17/96	238000	9984850	NAPO - T	145	9E
CO7	RIO COCA	11/17/96	238000	9984850	NAPO - T		
CO8	RIO COCA	11/17/96	239145	9985856	NAPO-cal.A	10	27E
CU1	CACAI URCU	12/18/96	831100	9727250	VOLCANIQUE		
HA1	RIOHUATARACU	3/20/96	230603	9919123	TIYU - CHALCANA ?	15	#90
HA2	RIOHUATARACU	3/20/96	230668	9919894	CHALACANA	NS	65E
M.AZ	MINA AZUL	12/20/96	880421	8931755	TIYUYACU SUP.		
MI1	RIO MISAHUALLI	3/21/96	202843	9887611	NAPO (M1) -TENA	55	15S
MI1'	RIO MISAHUALLI	6/10/96	202946	9888196	NAPO	70	20S
MI2	RIO MISAHUALLI	3/21/96	202739	9889060	NAPO (U)	120	8S
MI3	RIO MISAHUALLI	3/21/96	202711	9885951	TENA	235	17S
MI4	RIO MISAHUALLI	6/10/96	202585	9889311	HOLLIN	45	46SE
MR1	ANT. MIRADOR (RIO ANZU)	12/19/96	828132	9843117	TENA-NAPO	180	70W
MR2	ANT. MIRADOR (RIO ANZU)	12/19/96	828463	9844388	NAPO (U)	115	17N
MR3	ANT. MIRADOR (RIO ANZU)	12/19/96	828463	9844388	NAPO (U)	115	17N
MR4	ANT. MIRADOR (RIO ANZU)	12/19/96	827851	9843895	TENA-NAPO	180	34W
N1	RIO NAPO		209024	9883682	CHALCANA	210	29E

PAY1	RIO PAYAMINO	3/18/96	253849	9945340	NEOGENE	170	7E
PAY2	RIO PAYAMINO	3/18/96	246140	9944337	NEOGENE	#0	
PAY3	RIO PAYAMINO	11/16/96	237850	9954000	NAPO SUP.	20	7E
PAY4	RIO PAYAMINO	11/16/96	238385	9953604	TENA INF.	20	7E
PAY5	RIO PAYAMINO	11/16/96	235700	9959800	NAPO MOY.	8	7E
PAY6	RIO PAYAMINO	11/16/96	235350	9959800	NAPO MOY.	8	7E
PAY7	RIO PAYAMINO	11/16/96	234600	9959800	NAPO MOY.	8	7E
PU1	RIO PUSUNO	3/21/96	211147	9887338	TENA	45	35E
RG0	RIO GRINGO	12/17/96	817950	9836250	TENA	180	90
RG1	RIO GRINGO	12/17/96	817250	9836300	NAPO	45	60E
RG2	RIO GRINGO	12/17/96	818438	9836811	PALEOZOIQUE ?	30	90
RG3	RIO GRINGO	12/17/96	818438	9836811	PALEOZOIQUE ?	90	90
RT1	RIO TOPO	12/18/96	812065	9844322	TENA-NAPO	20	55W
RT1'	RIO TOPO	12/18/96	812065	9844322	TENA-NAPO	20	55W
RT2	RIO TOPO	12/18/96	812065	9844322	TENA-NAPO	20	55W
RZ1	RIO ZUNAE	12/18/96	813113	9844980	HOLLIN	45	30W
SA1	RIO SARDINAS	5/29/96	182432	9958271	TENA META		
SA2	RIO SARDINAS	5/29/96	182597	9960985	JUR. OU NAPO META?		
SC1	RIO SANTACRUZ	12/17/96	818101	9837612	TENA	55	51W
SG1	RIO SEGUEYO	4/25/96	221285	20719	TENA	160	10E
SG2	RIO SEGUEYO	4/25/96	abajoSG3		TENA	30	10E
SG3	RIO SEGUEYO	4/25/96	220930	21071	CORRIMIENTO		
SG4	RIO SEGUEYO	4/25/96	220697	20862	NAPO	5	34W

ANEXO 2 : ATLAS SISMICO



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR

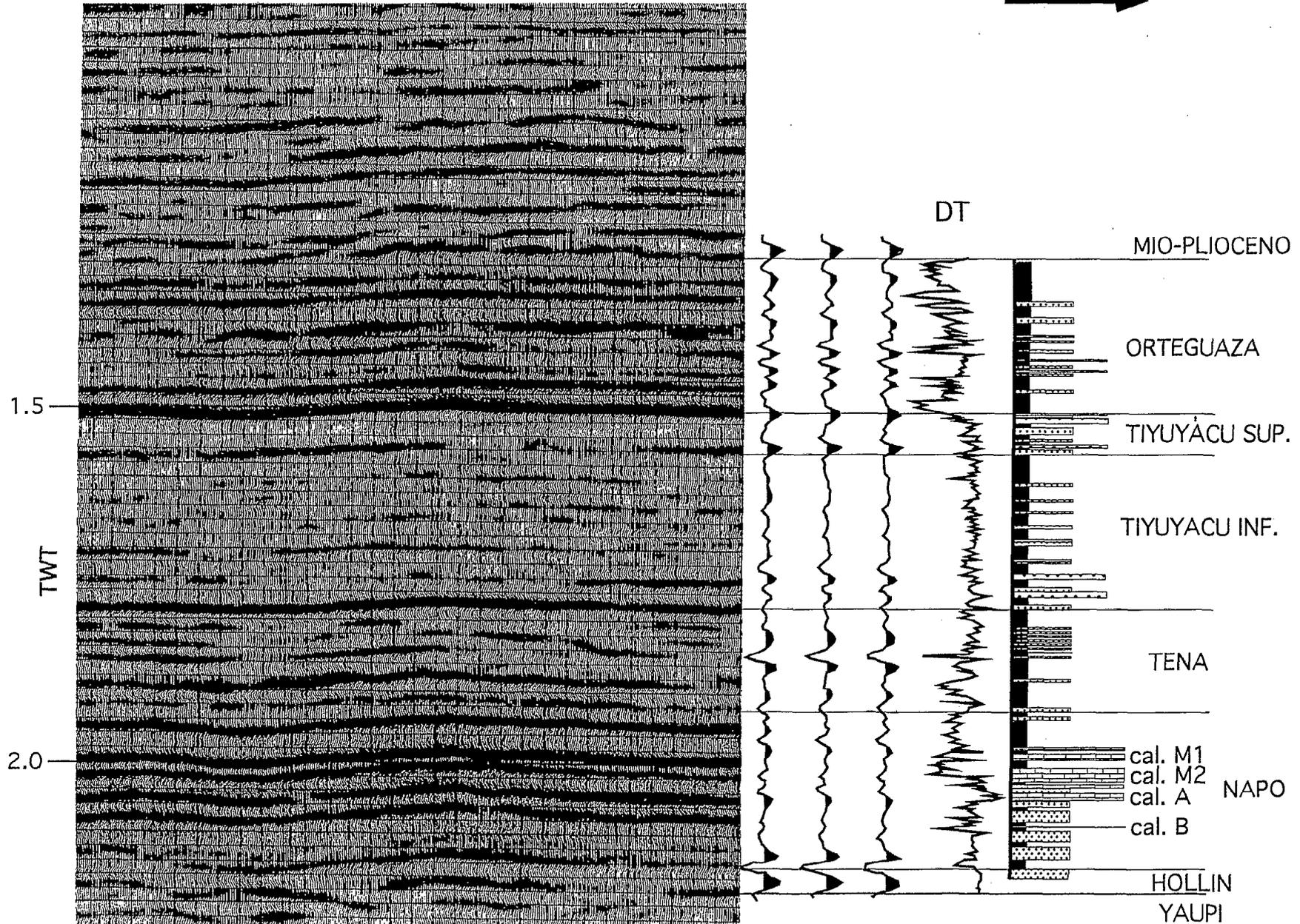


Patrice BABY
Marco RIVADENEIRA
(Enero de 1997)

SECCION SISMICA D01-89-1



NE

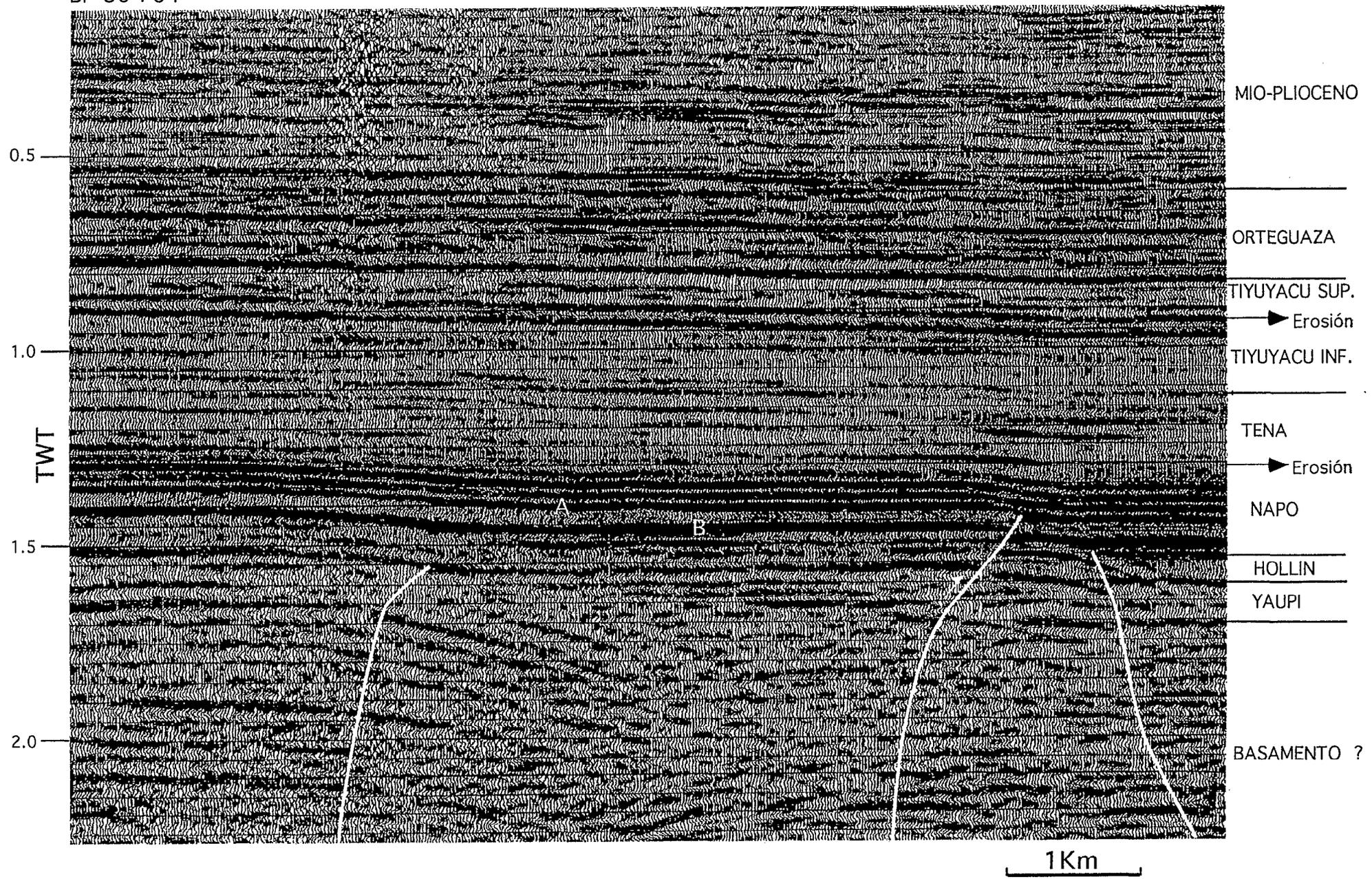


(según A. Valdez, 1997)

COCA - PAYAMINO

ESTE →

BP-86-704

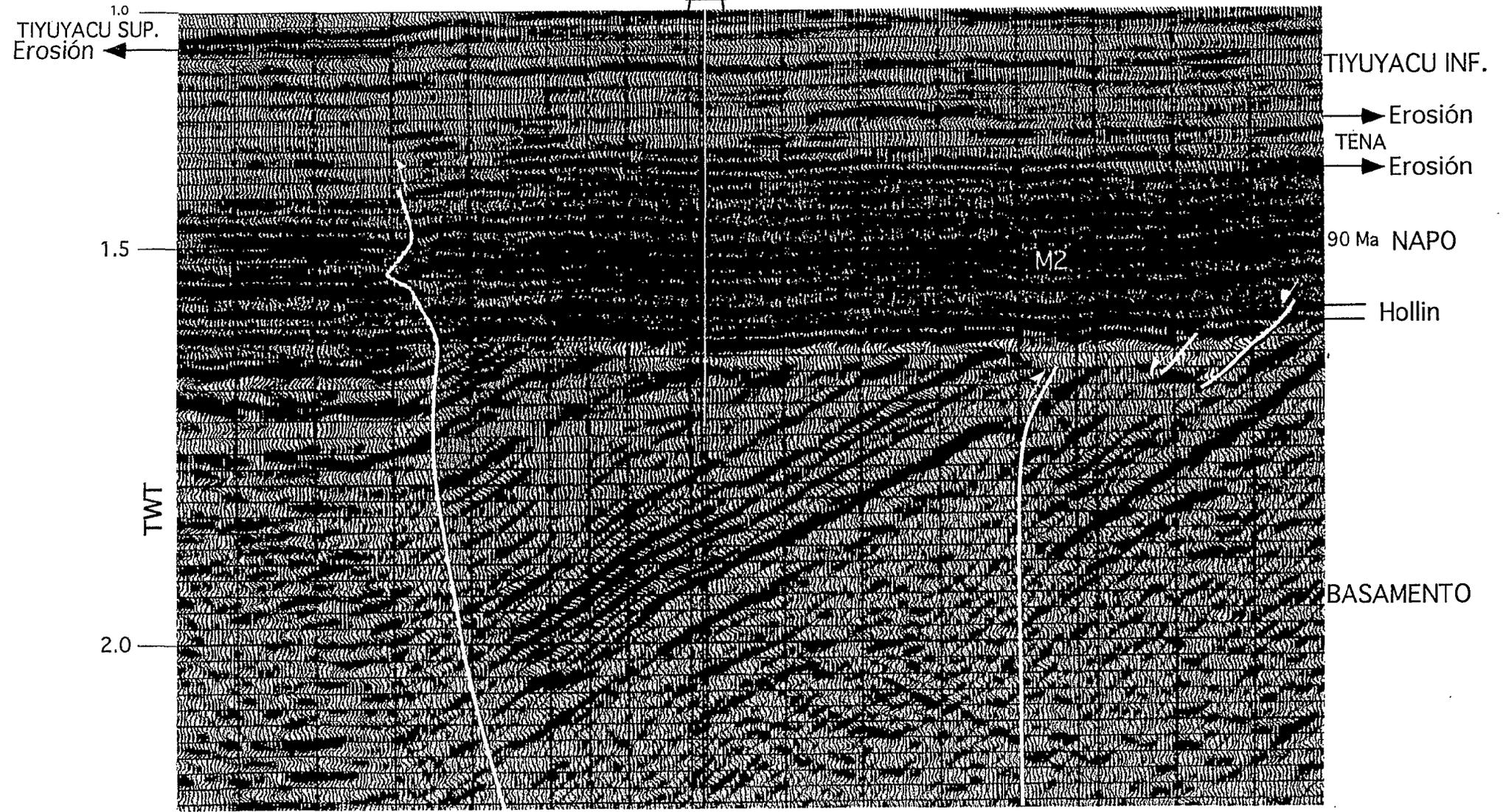


PAÑACOCHA - 1



ESTE →

PE-92-1164 (PAÑACOCHA)



PALEOZOICO



YAUPI



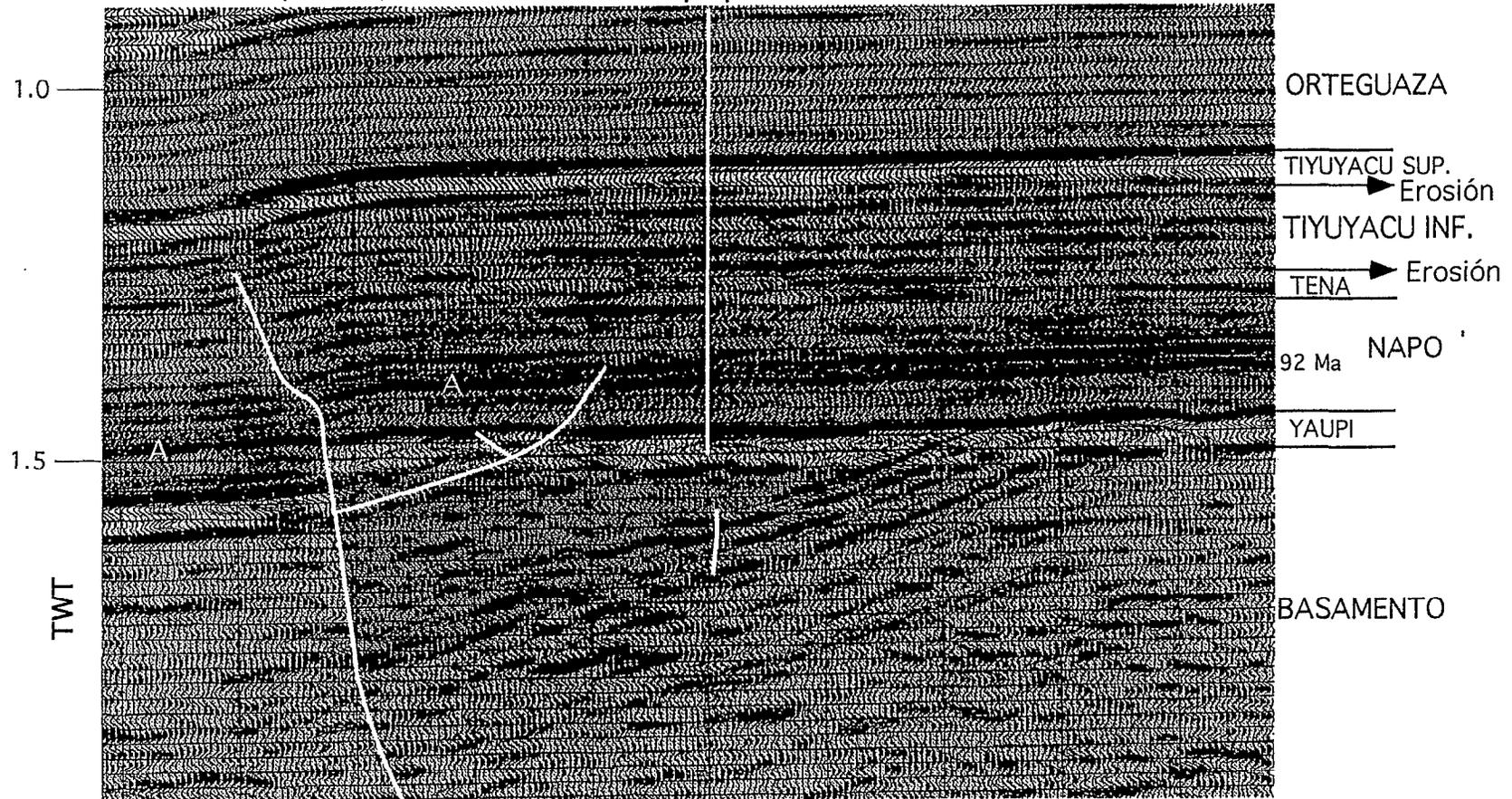
CHAPIZA

1 KM

VINITA-1 (proyectado 14 km)

ESTE

CP-88-110 (VINITA)



1 KM

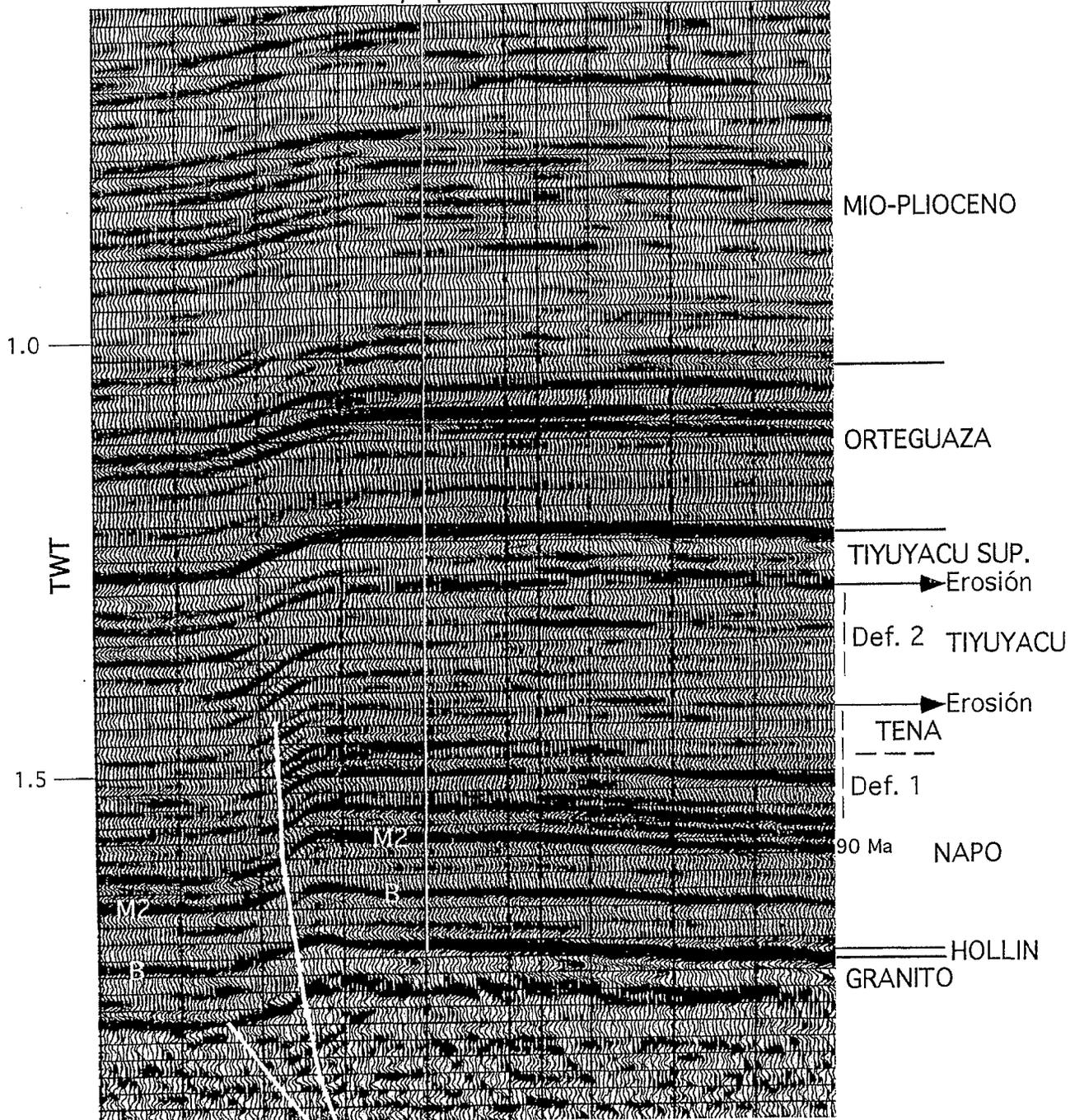
PALEOZOICO

CHAPIZA

YUTURI-1

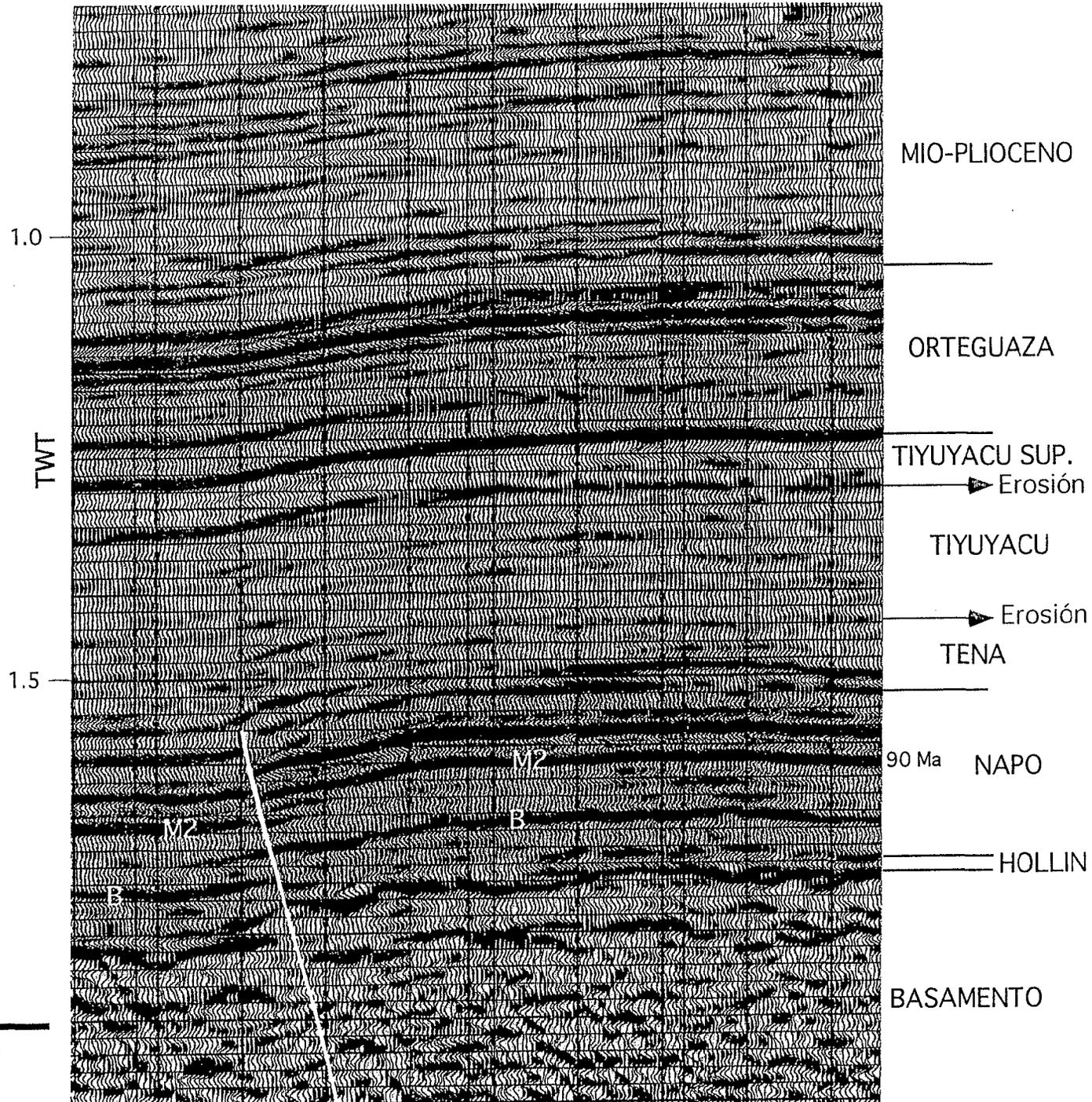
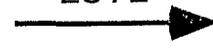
ESTE

PE-92-2114 (YUTURI)

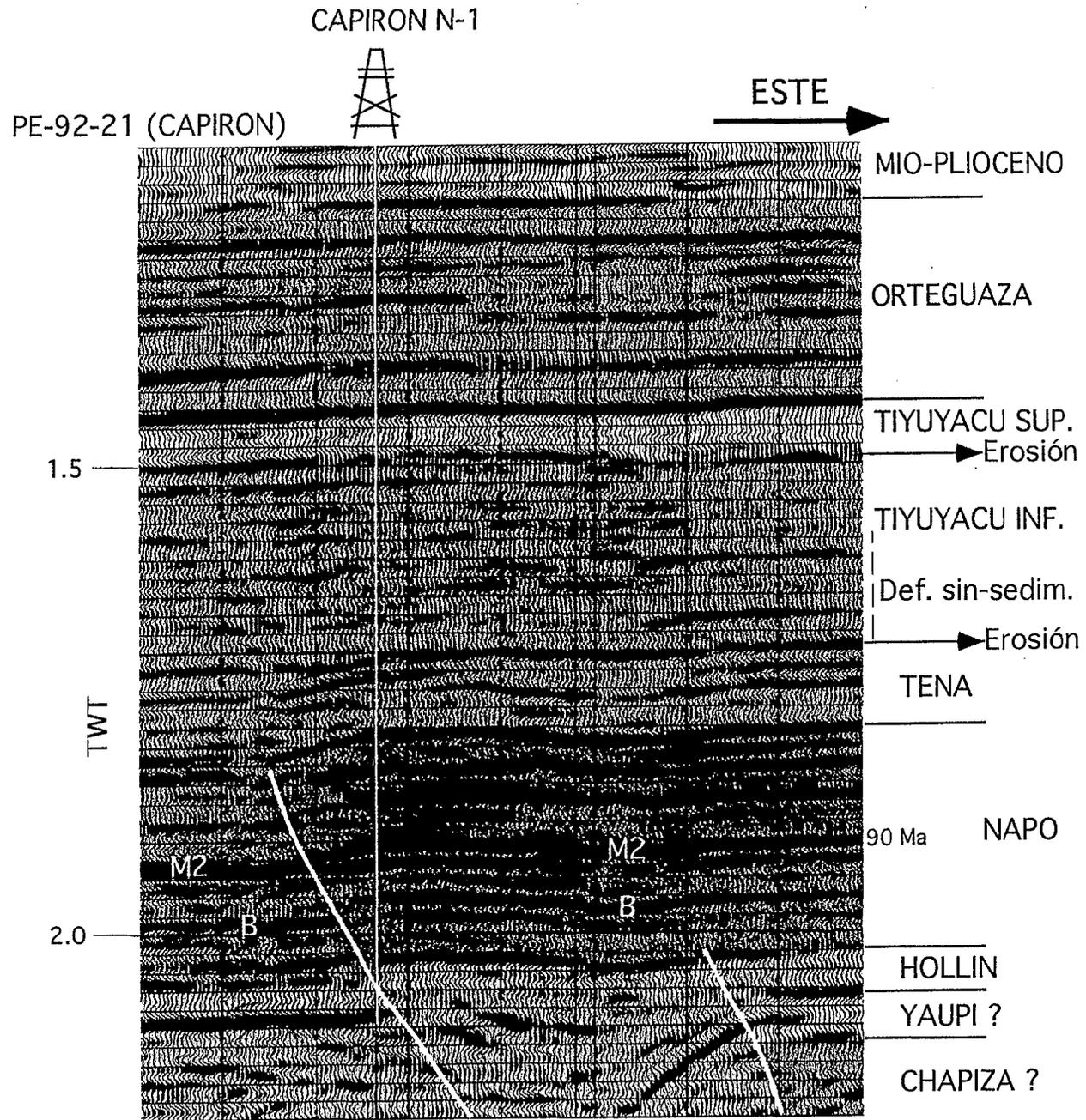


PE-92-2124 (YUTURI - S)

ESTE



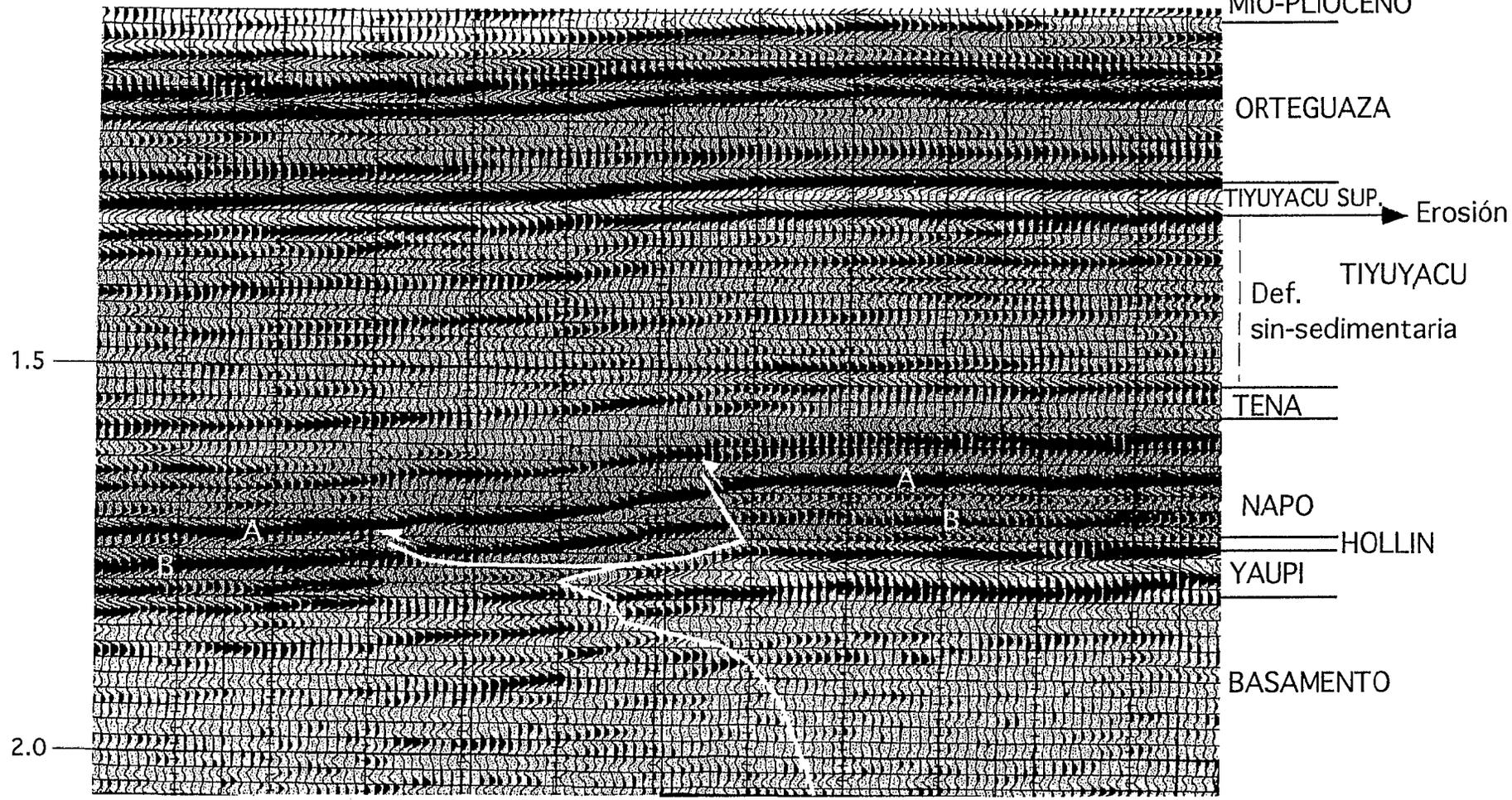
1 KM



1 KM

CP-108 (CUYABENO - S)

ESTE →

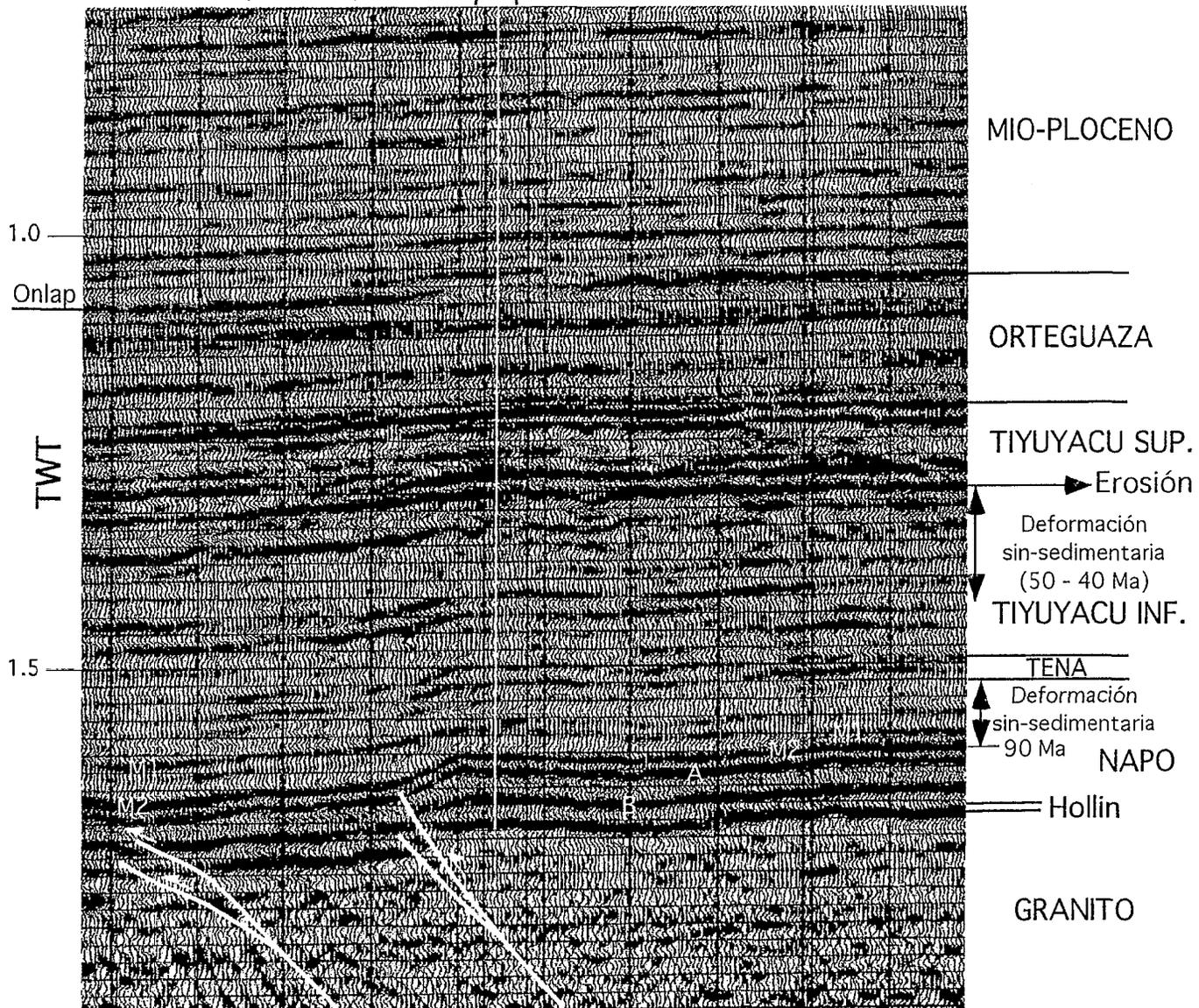
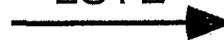


1 KM

VHR - 5
(proyectado 3 km)

ESTE

PE-92-149E (V. H. R.)

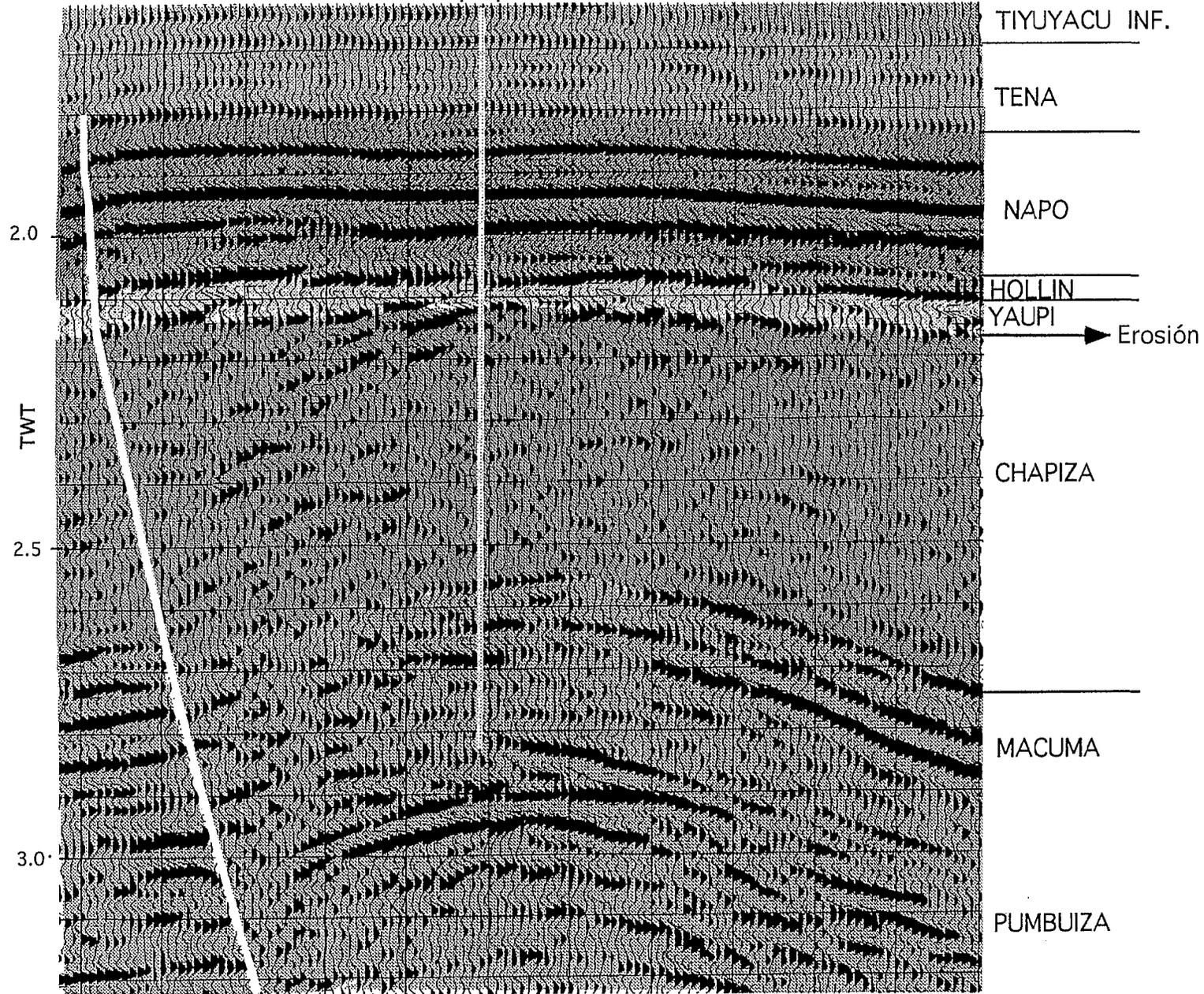


1 KM

SACHA PROFUNDO

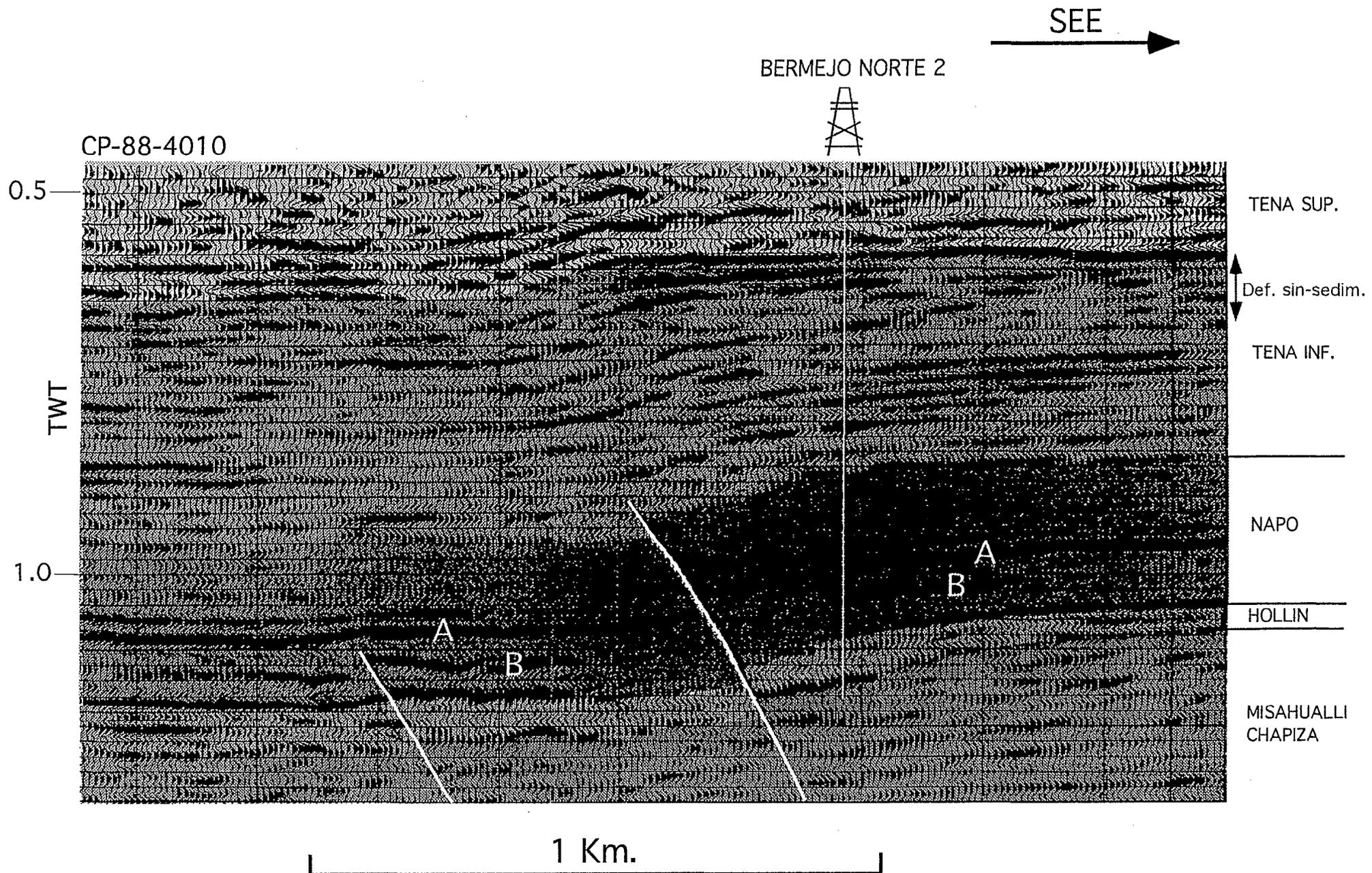
ESTE →

78-298 (SACHA)



BASAMENTO

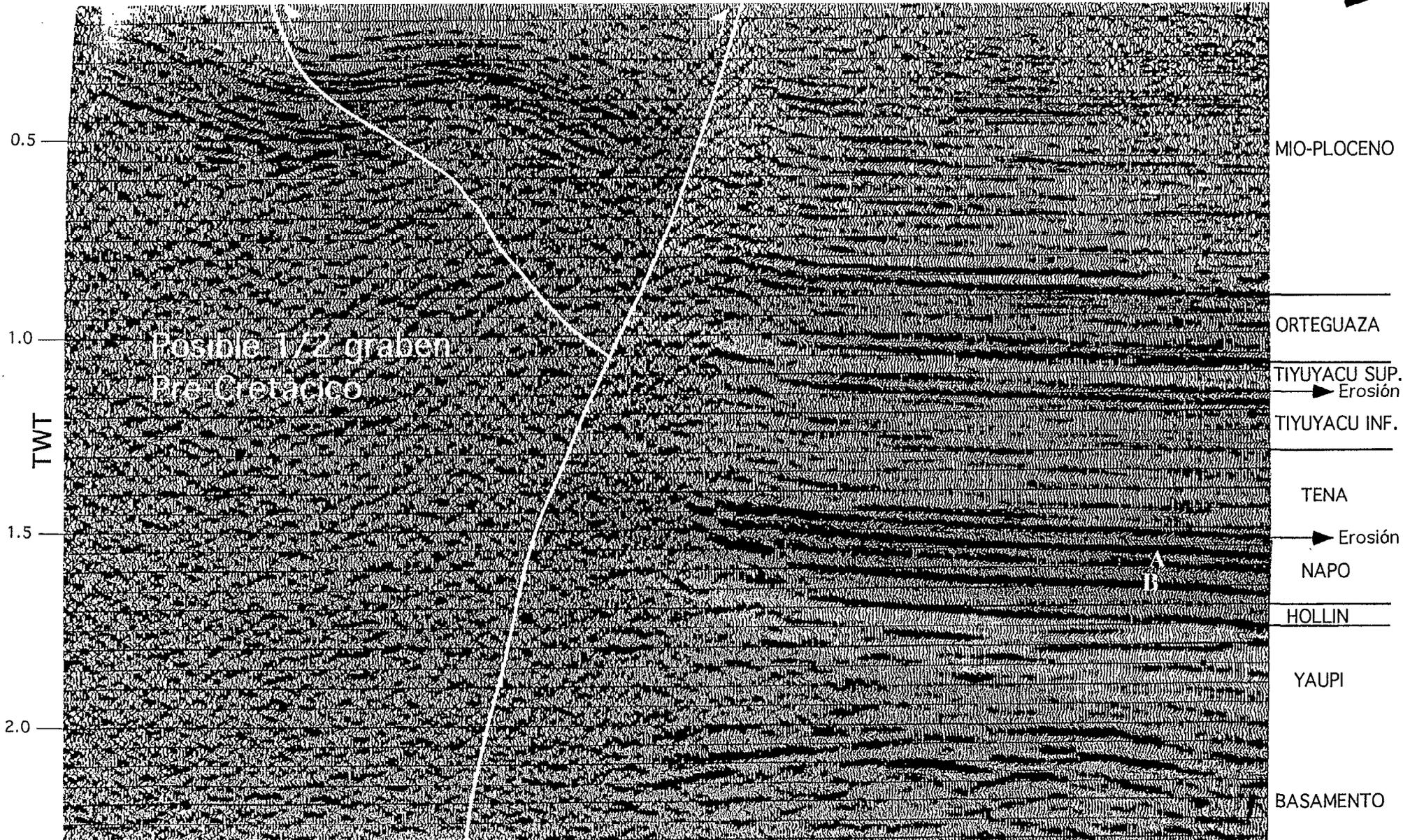
1KM.



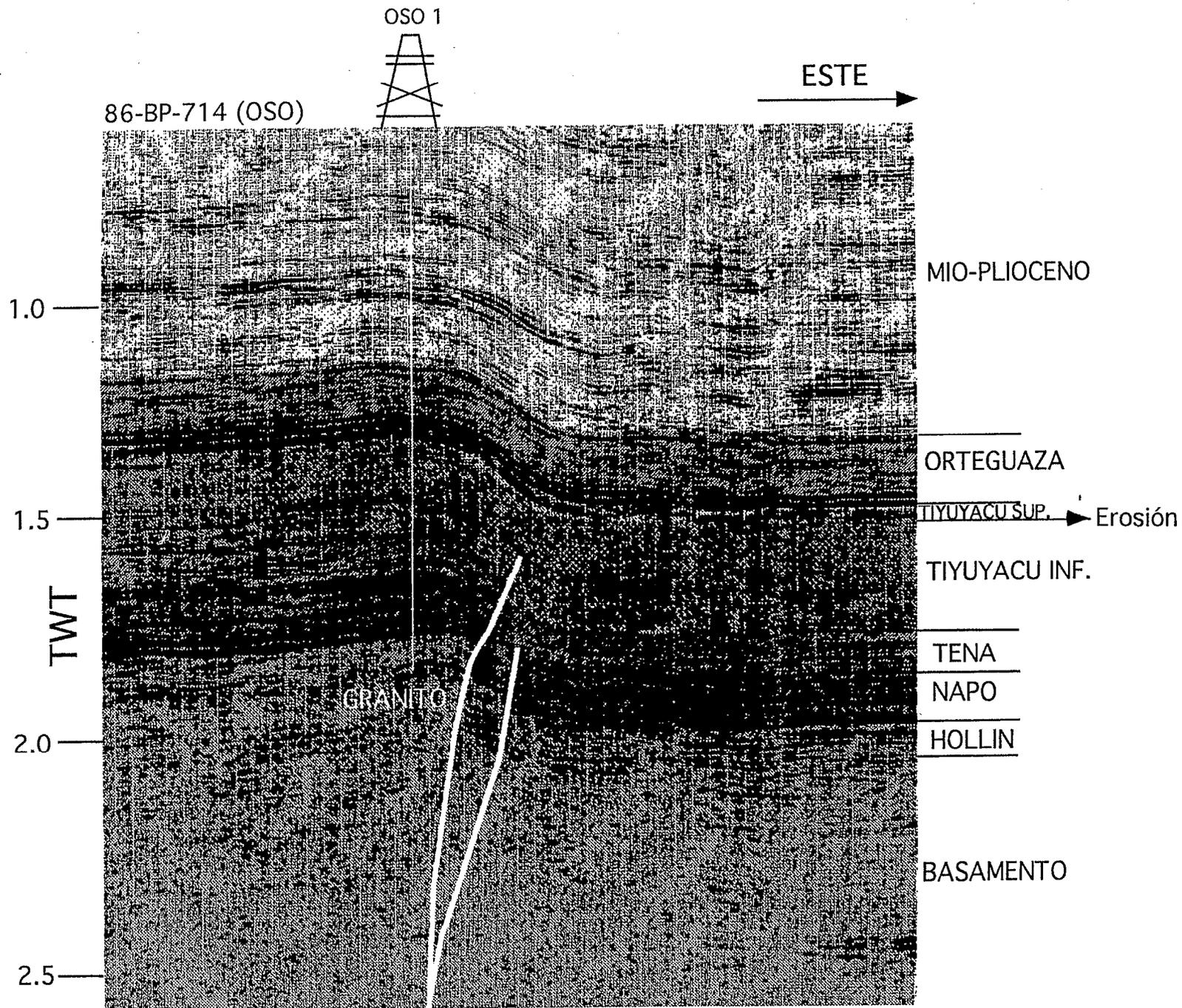
BP-6-742

ANTICLINAL PAYAMINO

ESTE

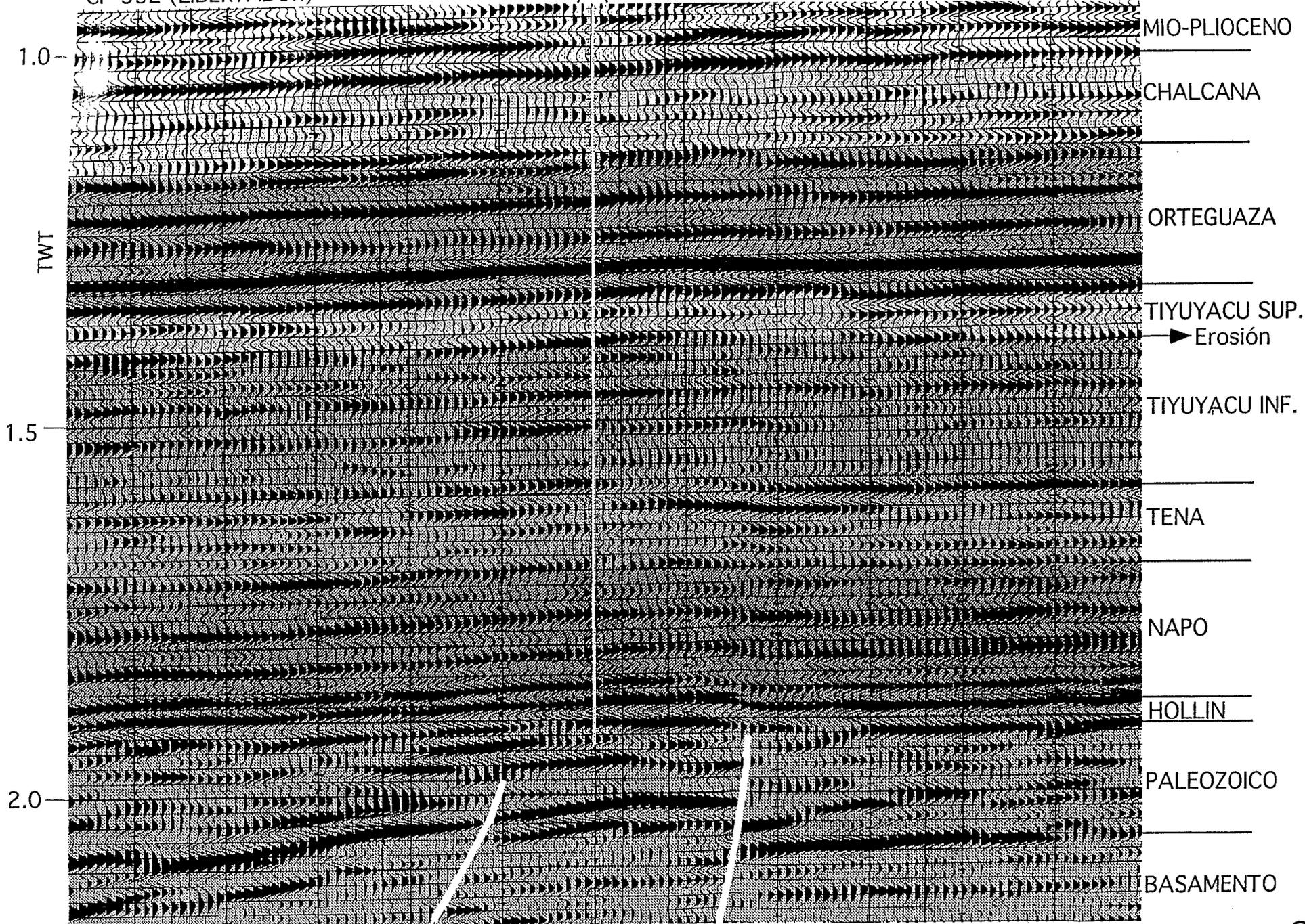


1Km

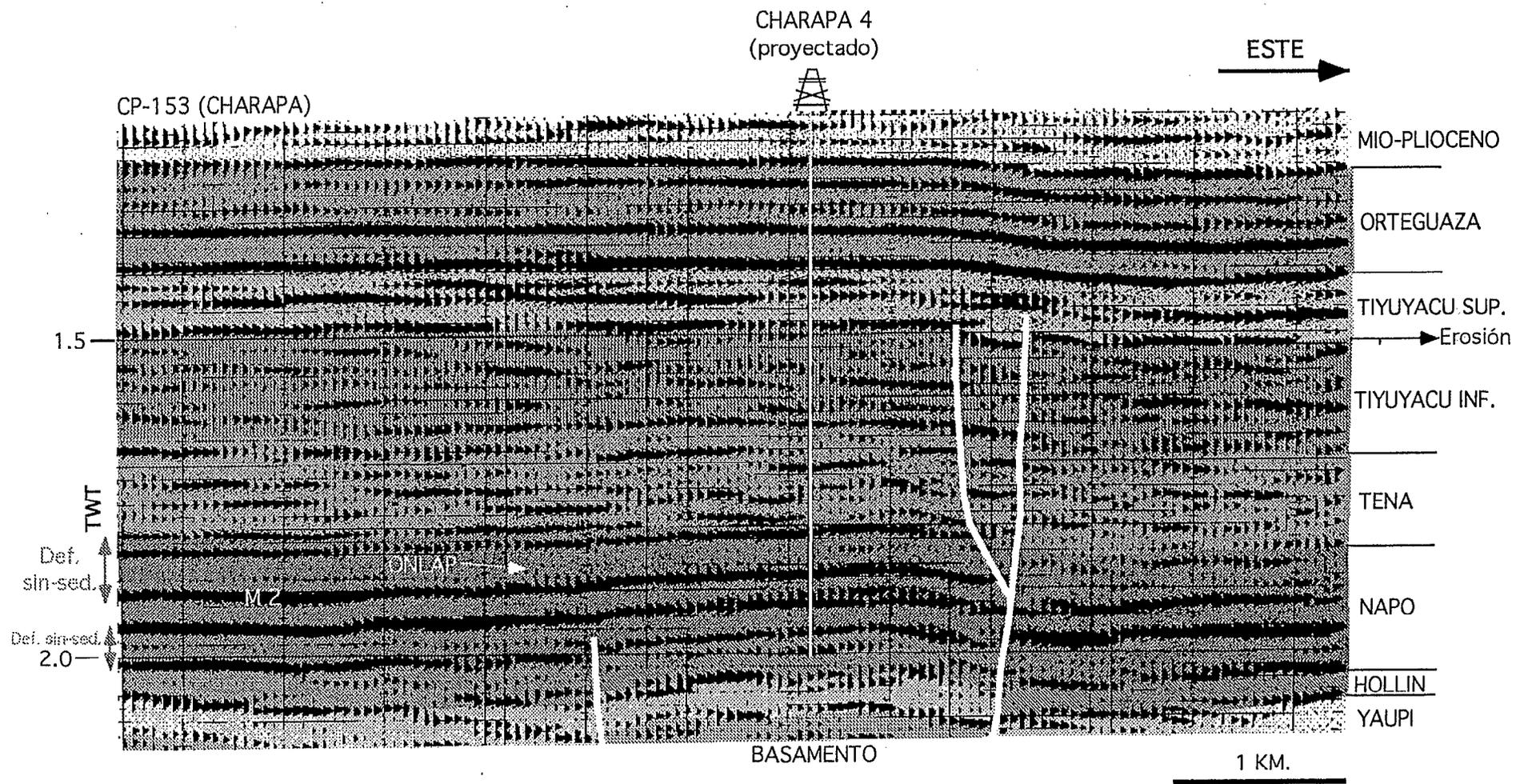


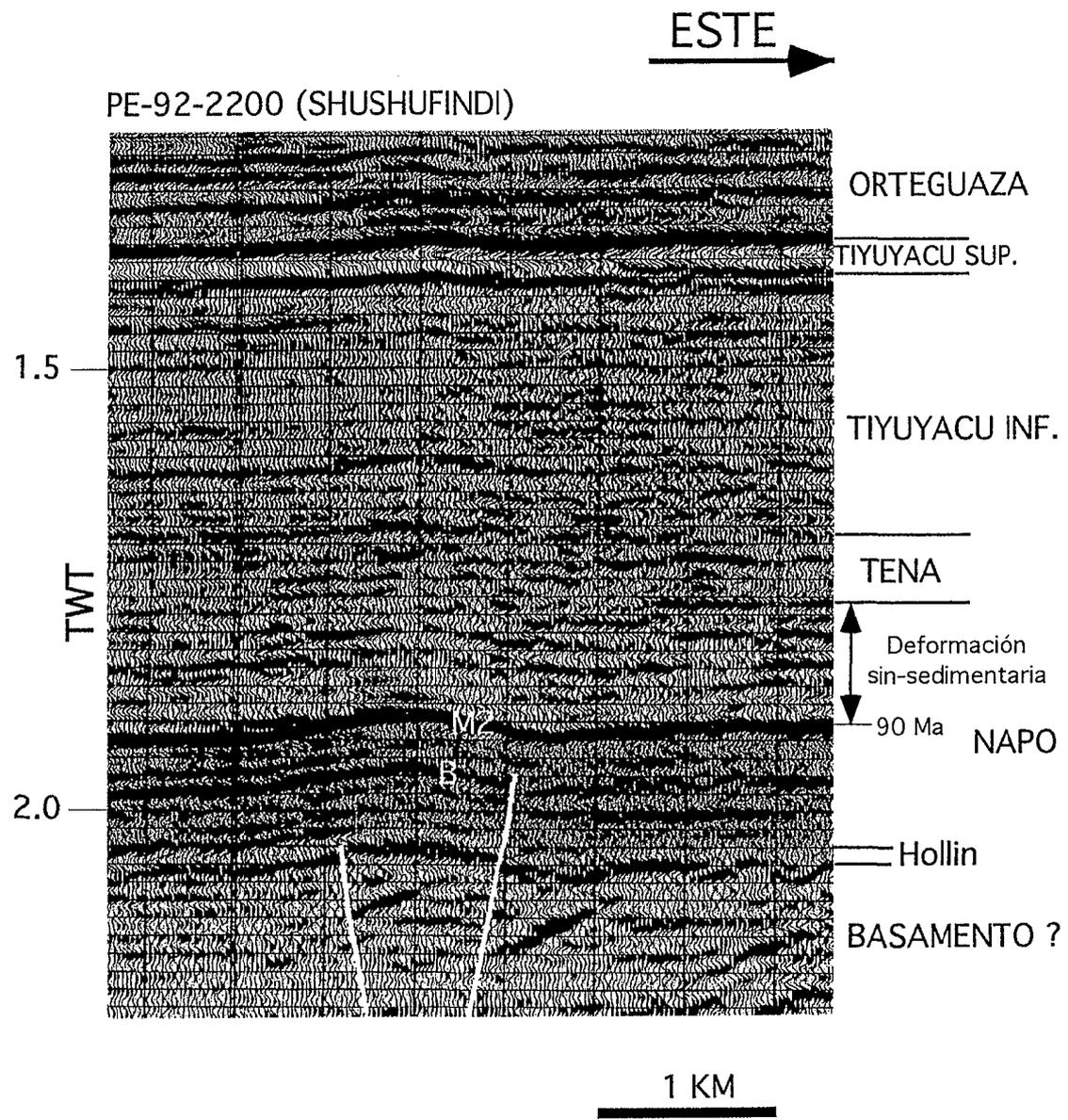


CP-332 (LIBERTADOR)



1 KM.





PE-92-270 (SHUSHUFINDI)

ESTE

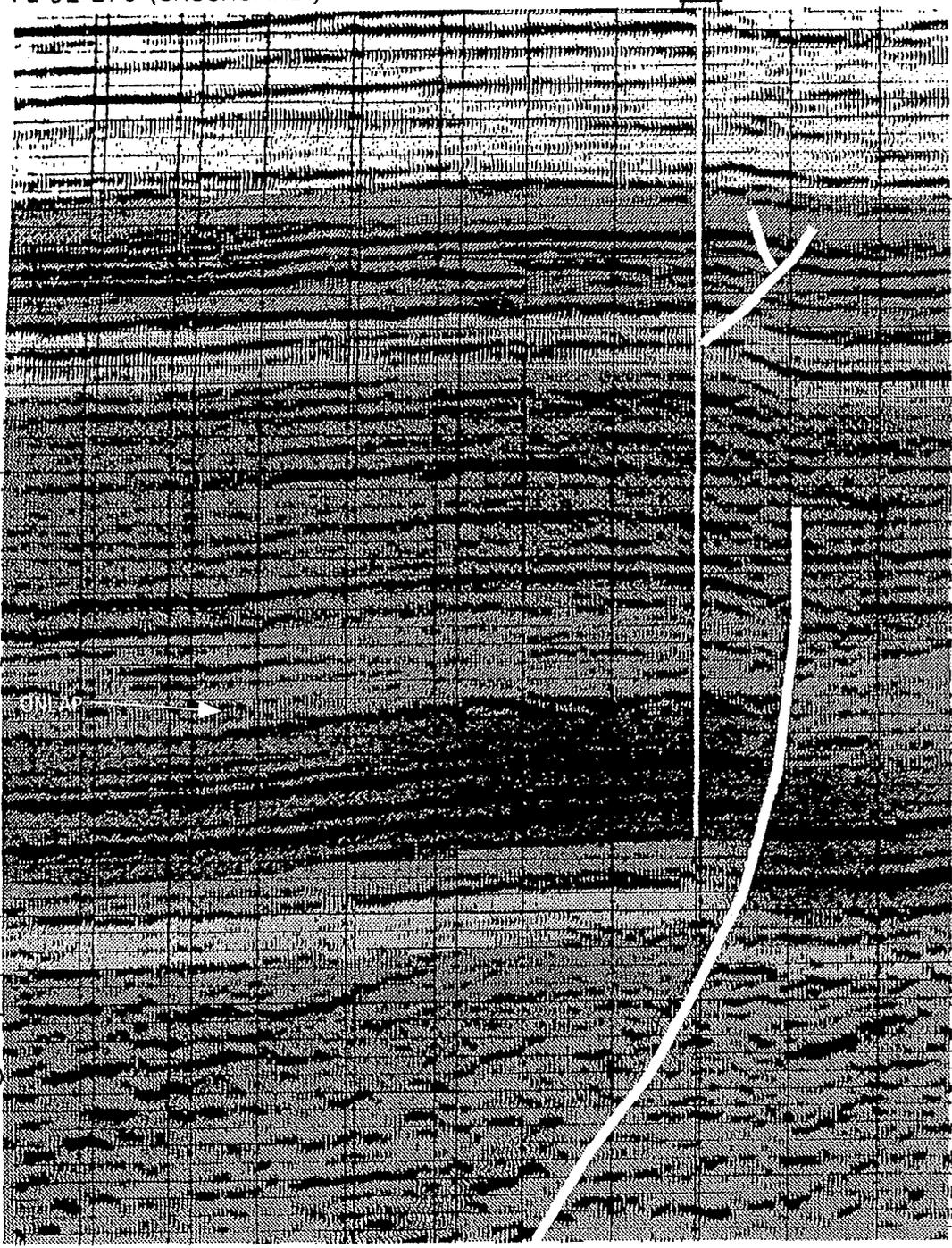


TWT

1.5

2.0

Def. sin-sedim.



CHALCANA

Erosión

ORTEGUAZA

TIYUYACU SUP.

Erosión

TIYUYACU INF.

TENA

NAPO

HOLLIN

YAUPI

BASAMENTO

CHAPIZA

PALEOZOICO

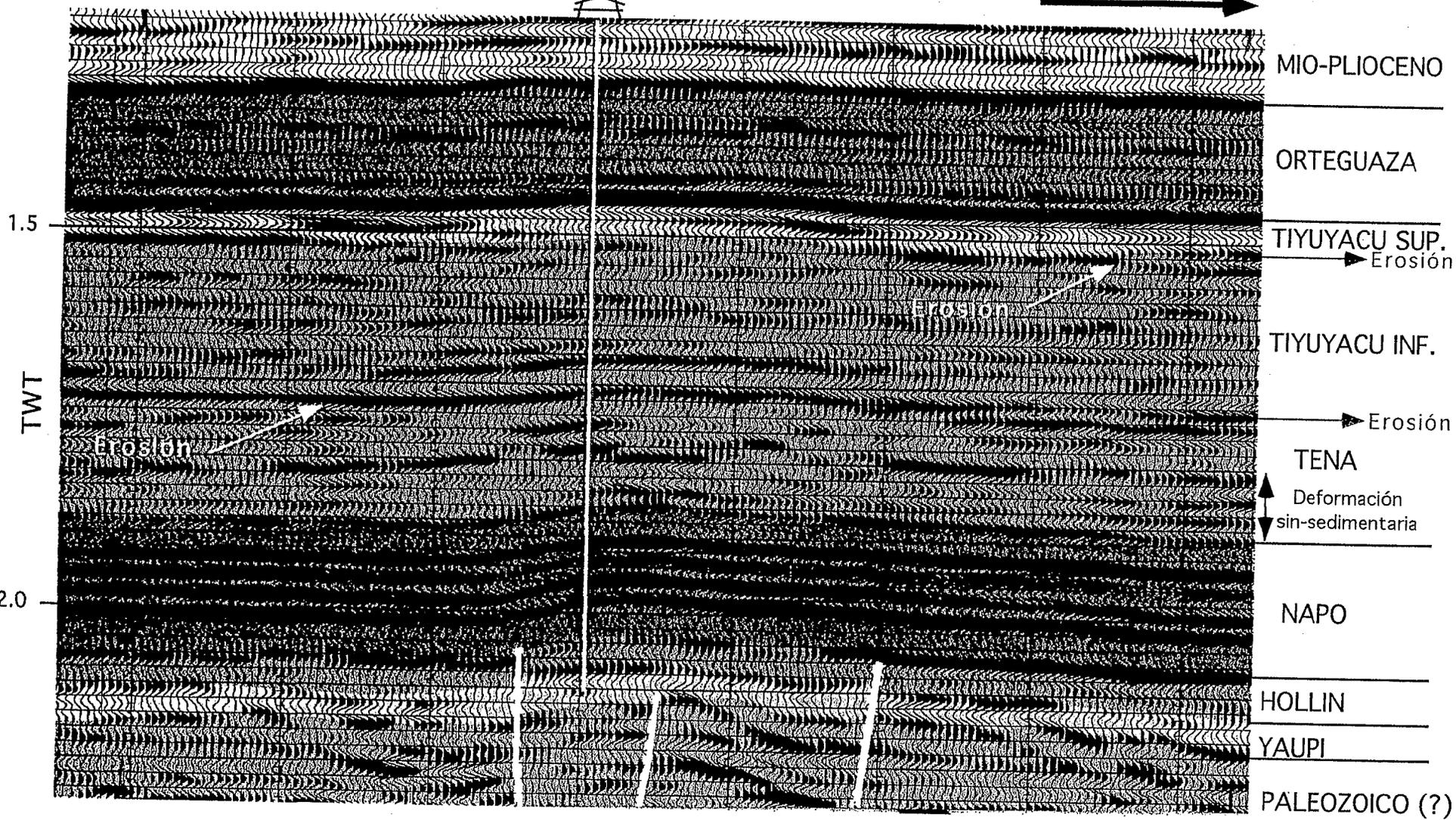
1 KM

S17

83-314 (AUCA)

AUCA 1
(PROYECTADO)

ESTE →



MIO-PLIOCENO

ORTEGUAZA

TIYUYACU SUP.
→ Erosión

TIYUYACU INF.

→ Erosión

TENA

↑ Deformación
sin-sedimentaria
↓

NAPO

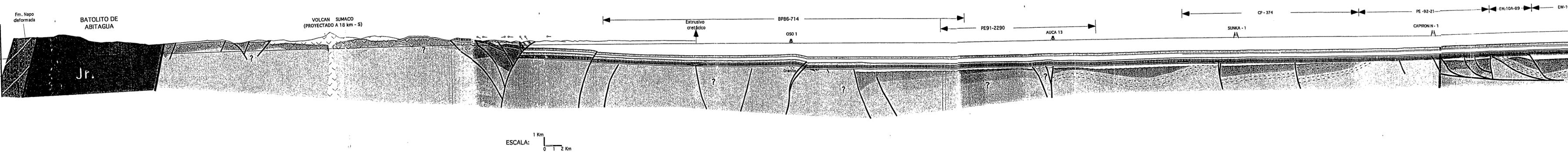
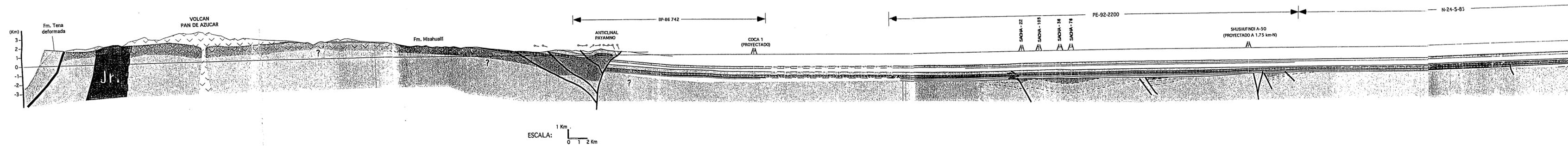
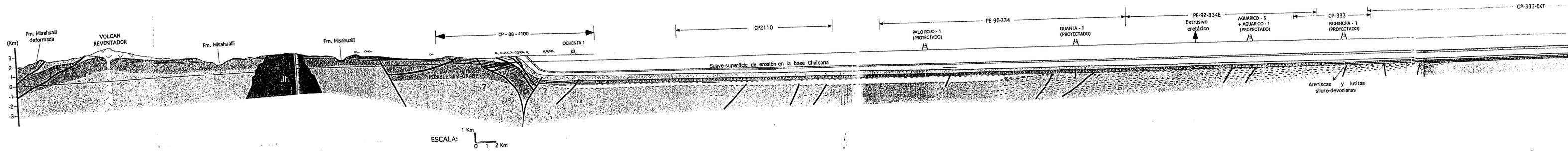
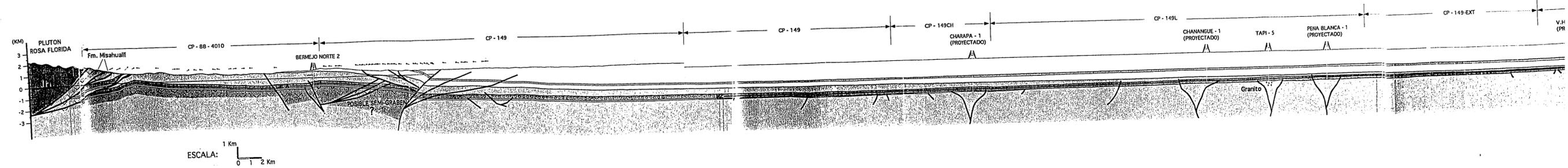
HOLLIN

YAUPI

PALEOZOICO (?)

1 km

OESTE



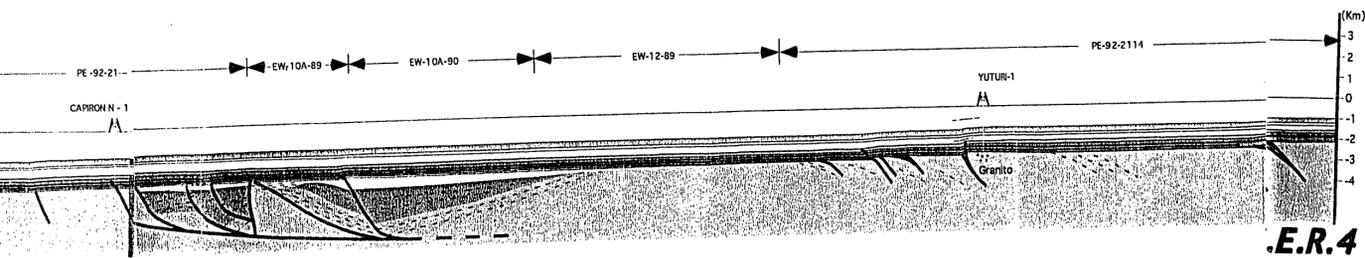
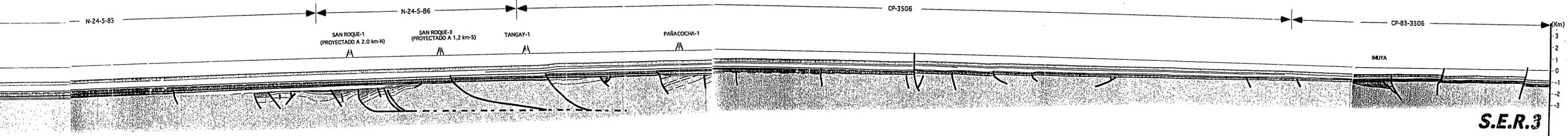
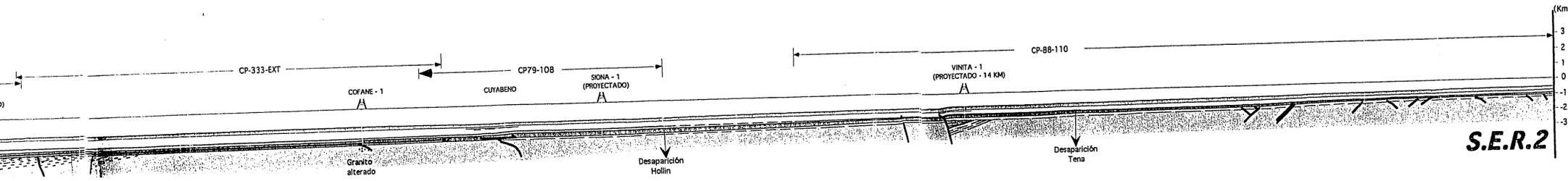
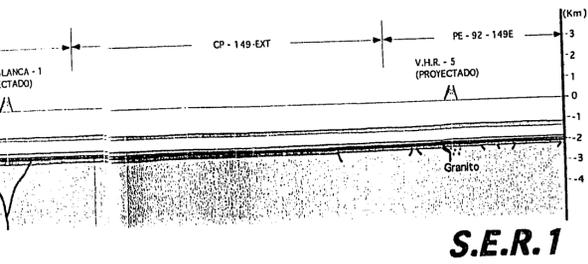


LEYENDA:

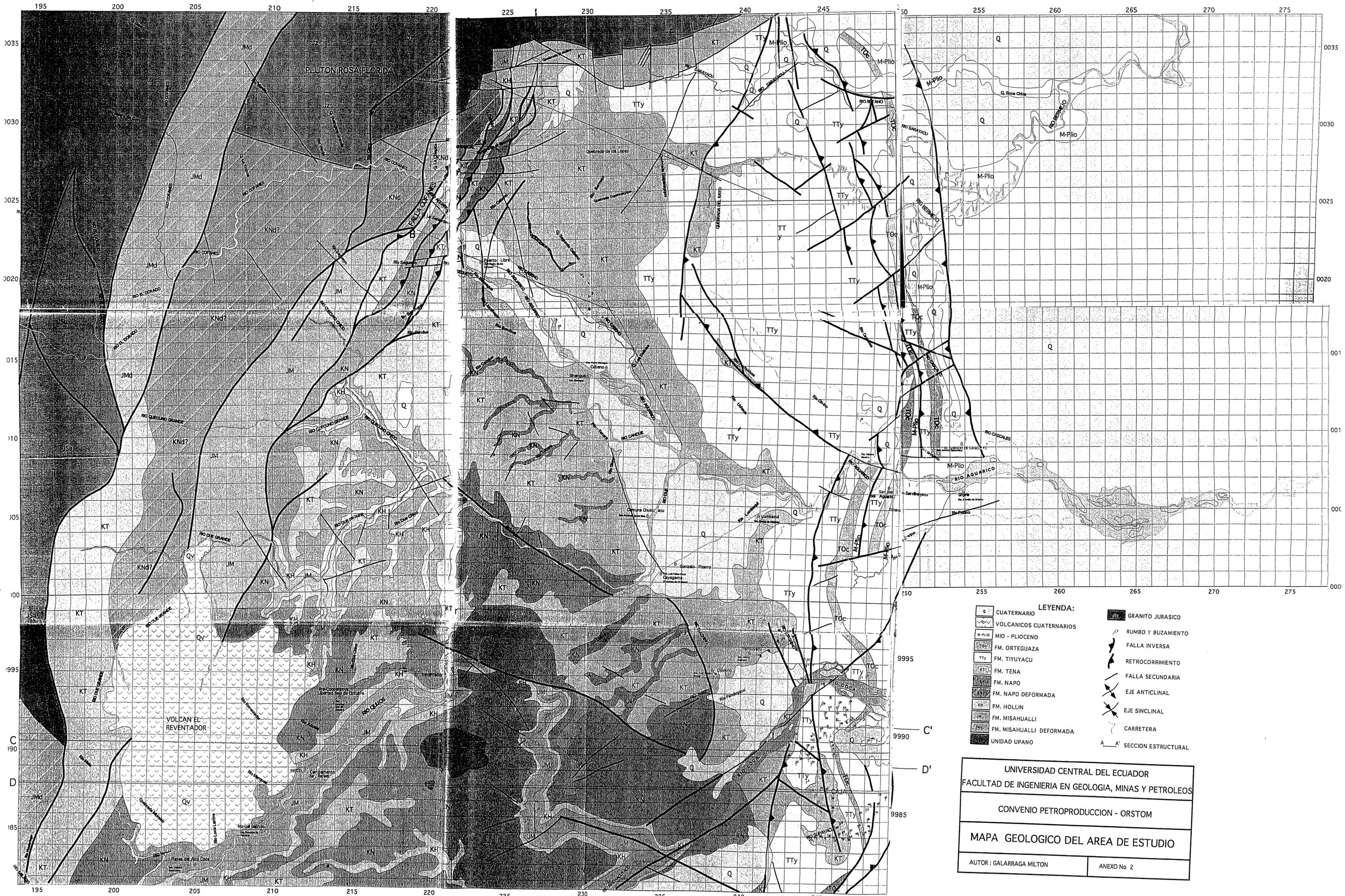
- VOLCANICOS CUATERNARIOS
- MIO-PLIO
- T0c FM. ORTEGUAZA
- TTy FM. TIUYACU
- KT FM. TENA
- FM. NAPO

- EXTRUSIVO CRETACICO
- KH FM. HOLLIN
- KYa FM. YAUPI
- Jr GRANITO JURASICO
- JM Jch FM. MISAHUALLI/FM. CHAPIZA
- Pz PALEOZOICO
- Bas BASAMENTO

ESTE



CONVENIO PETROPRODUCCION-ORSTOM	
SECCIONES ESTRUCTURALES REGIONALES DE LA PARTE NORTE DE LA CUENCA ORIENTE	
Autores: P. Baby, M. Rivadeneira, C. Dávila, M. Galárraga, J. Rosero	Escala: 1/200,000
	Fecha: Enero 97
	Digital.: R. Cartagena



LEYENDA:

Q	CUATERNARIO	Granito	GRANITO JURASICO
Qv	VOLCANICOS CUATERNARIOS	↗	RUMBO Y BUZAMIENTO
M-Plio	MIO - PLOCENO	↘	FALLA INVERSA
Or	FM. ORTEGUAZA	↔	RETROCORRIENTO
Tty	FM. TIYUYACU	↗↘	FALLA SECUNDARIA
Tn	FM. TENA	↗↘↗↘	EJE ANTICLINAL
N	FM. NAPO	↗↘↗↘↗↘	EJE SINCLINAL
Nd	FM. NAPO DEFORMADA	—○—	CARRETERA
H	FM. HOLLIN	—A—A'	SECCION ESTRUCTURAL
M	FM. MISAHUALLI		
Md	FM. MISAHUALLI DEFORMADA		
U	UNIDAD UPANO		

UNIVERSIDAD CENTRAL DEL ECUADOR
 FACULTAD DE INGENIERIA EN GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

CONVENIO PETROPRODUCCION - ORSTOM

MAPA GEOLOGICO DEL AREA DE ESTUDIO

AUTOR : GALARRAGA MILTON ANEXO No 2



LEYENDA:

- | | | | | | |
|---------|-------------------------|-----|--------------------------|-----|--------------------|
| Q | CUATERNARIO | KH | FM. HOLLIN | ↗ ↘ | RUMBO Y BUZAMIENTO |
| Qv | VOLCANICOS CUATERNARIOS | JM | FM. MISAHUALLI | ↖ ↗ | FALLA INVERSA |
| M.P.LiO | MIO - PLEOCENO | JMd | FM. MISAHUALLI DEFORMADA | ↔ | RETROCORRIMIENTO |
| TOc | FM. ORTEGUAZA | ■ | GRANITO JURASICO | ↗ ↘ | FALLA SECUNDARIA |
| TTy | FM. TIYUYACU | | | ↖ ↗ | EJE ANTICLINAL |
| KT | FM. TENA | | | ↖ ↗ | EJE SINCLINAL |
| KN | FM. NAPO | | | — | CARRETERA |

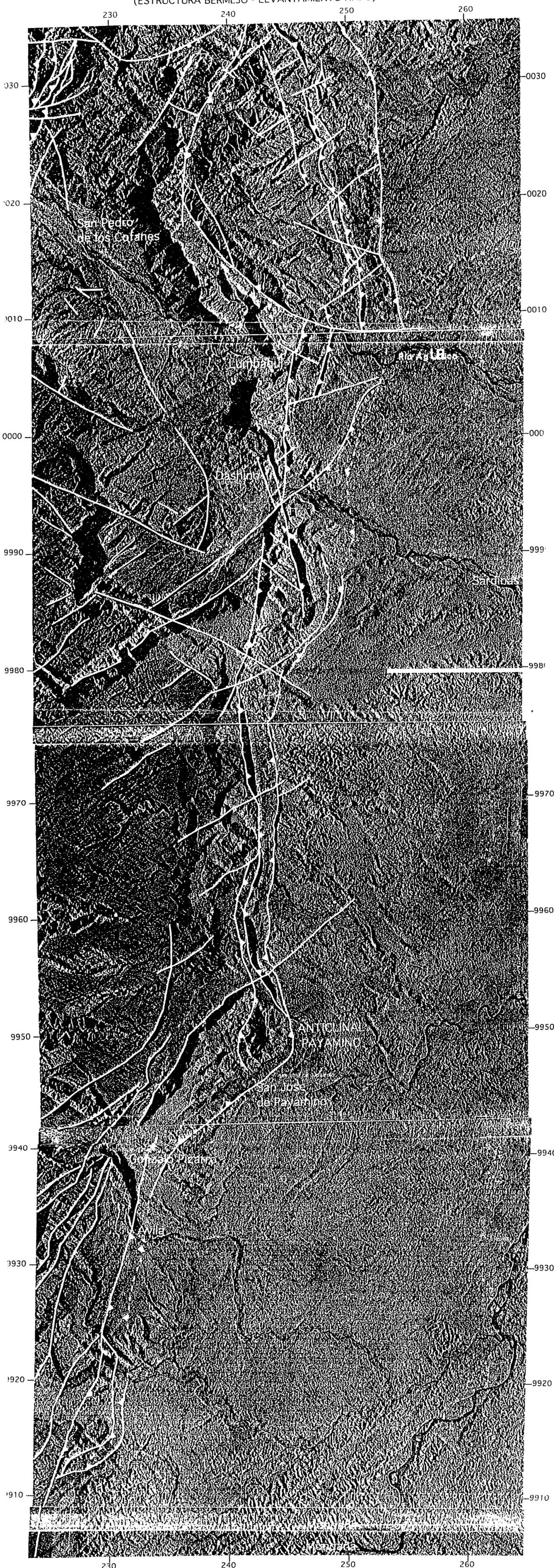
ESCUELA POLITECNICA NACIONAL
 FACULTAD DE GEOLOGIA, MINAS Y PETROLEOS

CONVENIO PETROPRODUCCION - ORSTOM

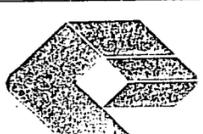
MAPA GEOLOGICO GENERAL

AUTOR : JAIME E. ROSERO C LAMINA 3

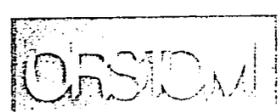
FOTO-INTERPRETACION ESTRUCTURAL DEL FRENTE SUBANDINO
(ESTRUCTURA BERMEJO - LEVANTAMIENTO NAPO)



IMAGENES RADAR CLIRSEN 1982
 SANTA CECILIA MR-0111-F-4194
 RIO COCA MR-0111-B-4193
 RIO PAYAMINO MR-0111-D-4192
 CHONTAPUNTA MR-0111-E-4191
 PROPORCIONADAS POR PETROPRODUCCION



PETROPRODUCCION
FILIAL DE PETROECUADOR



SIMBOLOGIA			
CUATERNARIO	Q	Falla inversa	
MIO-PLIOCENO	MPLC	Falla inversa cubierta	
ORTEGUAZA	Or	Retrocorrimento	
TIYUYACU	Tiy	Falla	
TENA	Tn		
NAPO	Nn		
HOLLIN	Hh		
MISAHUALLI	Mm		
CONVENIO PETROPRODUCCION - ORSTOM			
INTERPRETADO POR: GALARRAGA M. Y ROSERO J.			
FECHA : ENERO DE 1997	LAMINA 1		