

# ANÁLISIS GEOMÉTRICO DE DOS SECCIONES ESTRUCTURALES REGIONALES EN EL NORORIENTE PERUANO (CUENCAS MARAÑÓN, SANTIAGO, HUALLAGA)

por **Patrice Baby**  
con la colaboración de  
**Willy Gil y Medardo Paz**

## INTRODUCCIÓN

El objetivo del presente estudio consiste en la elaboración de dos secciones estructurales regionales, a través de las cuencas Marañón, Santiago y Huallaga, a fin de poner en evidencia y analizar algunas características geométricas y cinemáticas de la deformación del Nororiente peruano. No se trata de hacer una nueva síntesis regional, sino de elaborar y presentar dos grandes cortes estructurales que abarcan todo el antepaís andino y la faja subandina. No se van a presentar las características ya conocidas de las distintas cuencas, sino únicamente los aspectos fundamentales que evidencian estas dos secciones, y que pueden ayudar a entender a nivel global el sistema petrolífero del Nororiente peruano.

Este trabajo fue realizado a partir de líneas de sísmica de reflexión, locales y regionales, registros y perfiles de pozos (en su mayoría pozos exploratorios) e informes técnicos internos de propiedad de PETROPERÚ. También se consultó la bibliografía disponible. La metodología de trabajo (interpretación de líneas sísmicas y de datos de pozos, técnicas de construcción ...) está descrita en el capítulo I de la tesis de Willy Gil R que forma parte de este informe.

Las dos secciones regionales estudiadas están ubicadas en el mapa de la figura 1:

- el corte Marañón-Santiago se extiende en 425 km y fue elaborado a partir de 7 líneas sísmicas;
- el corte Marañón-Huallaga se extiende en 520 km y fue elaborado a partir de 6 líneas sísmicas.

Ciertos tramos de las dos secciones fueron elaborados con base en datos de campo disponibles en los informes técnicos internos de propiedad de PETROPERÚ.

La interferencia de tres tipos de tectónica (tectónica de corrimiento, tectónica de inversión y tectónica salífera) — que describiremos más adelante — se opone a la realización del balanceo de esos dos cortes estructurales. No se respetan las reglas elementales para usar la técnica de cortes balanceados.

## I. SERIES IMPLICADAS EN LA DEFORMACIÓN

Para la elaboración de las dos secciones estructurales regionales, se simplificó la columna estratigráfica (figura 2). Se representaron los niveles y formaciones guías implicadas en la deformación, así como las discontinuidades regionales visibles en las líneas sísmicas. Se trata de:

1. Las series paleozoicas y precámbricas no diferenciadas. Se dispone de muy poca información acerca de esas formaciones que fueron alcanzadas solamente por algunos pozos en la cuenca Marañón, y que afloran localmente en el borde oeste de la cuenca Huallaga.

2. La Formación Pucará, caracterizada — en las cuencas Santiago y Huallaga — por la presencia de un importante espesor de sal en su parte inferior. La edad de la sal, discutida durante mucho tiempo, ha sido confirmada por las dataciones (*strontium isotope*) de MOBIL (1993). Esta sal se habría depositado en grabens triásicos y está cubierta por las series de plataforma marina de la parte superior de la Formación Pucará. En la descripción del corte estructural se observará que la sal ha tenido un papel predominante en la deformación de las cuencas Santiago y Huallaga. La Formación Pucará se encuentra en la faja subandina y en la parte oeste de la cuenca Marañón. Se bisela hacia el Este por depósito y erosión.

3. La Formación Sarayaquillo, separada de la Formación Pucará por una discordancia erosiva. Se trata de una serie de sedimentos continentales, compuesta de areniscas con pocas intercalaciones de arcillas, que se acuña progresivamente hacia el Este por depósito y erosión. En la parte central de la cuenca, esta formación está afectada por fallas normales sinsedimentarias. El contacto Pucará-Sarayaquillo constituye un buen reflector sísmico.

4. Las series sedimentarias cretácicas, que empiezan con la Formación Cushabatay y están separadas de la Formación Sarayaquillo por una discordancia erosiva. Han sido descritas detalladamente en este informe por E. Jaillard, así como en la tesis de C. Contreras. El contacto Cushabatay-Sarayaquillo

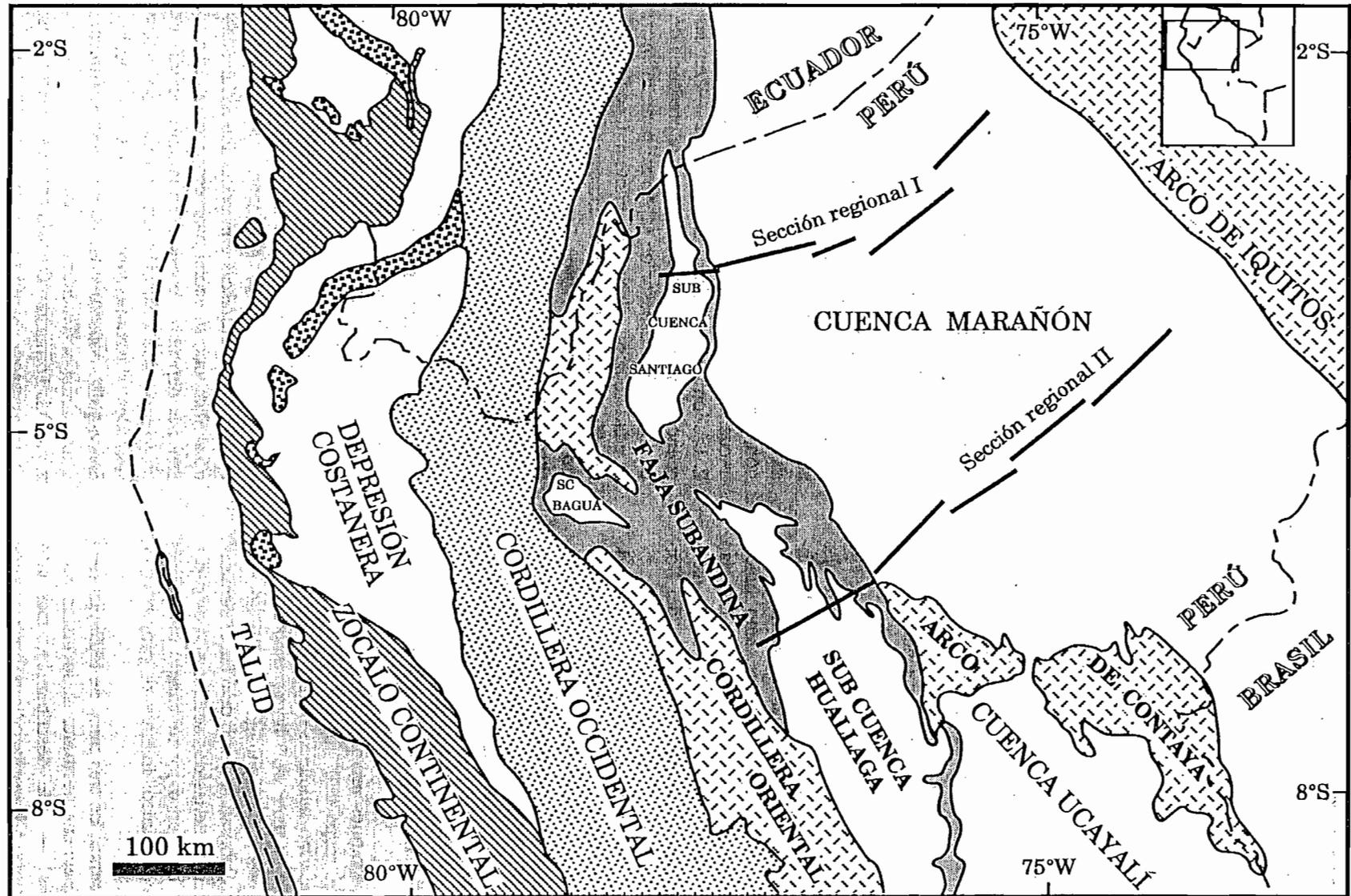


Figura 1

EDADES		FORMACIONES	Reflectores sísmicos	Ep. (m)	Reservorios	Rocas Madre	LITOLOGÍA	AMBIENTE DE DEPOSITO
CUATERNARIO				100-1300				
PLIOCENO		Capas Rojas Superiores		2500-7300			(ver Marocco en este informe)	
MIOCENO								
OLIGOCENO INF.		Laguna sedimentaria						
EOCENO		Fm. Pozo		50-300			Lutita, arenisca, caliza, tufo	Marino somero
PALEOCENO		Capas Rojas Inferiores		400-1850			Areniscas y limolitas Areniscas Lutitas y limolitas	Continental
CRETÁCICO		Vivián Chonta		500-2400			(ver Jaillard y Contreras en este informe)	
JURÁSICO		Fm. Sarayaquillo		0-2500			Arenisca arkósica, cuarzosa, con pocas intercalaciones de arcillas duras	Continental
TRIÁSICO		Fm. Pucará		0-1500			Calizas grises silíceas Lutitas negras bituminosas	Plataforma marina
				0-10000		Sal		
PALEOZOICO				0-3100			(no diferenciado)	
PRECÁMBRICO								

Figura 2

forma un excelente reflector sísmico, así como la base de la Formación Chonta y el tope de la Formación Vivián.

5. Las capas rojas inferiores que datan del paleoceno y el eoceno. En la faja subandina, esos sedimentos continentales descansan en discordancia sobre el Cretácico (ver línea sísmica L 91MPH-23, corte Huallaga).

6. La Formación Pozo que forma un excelente nivel guía y un buen reflector sísmico en todo el Nororiente peruano. Se trata de una serie poca espesa, compuesta de lutita, arenisca, caliza y tufo, depositada en un ambiente marino somero.

7. Las capas rojas superiores que datan del neógeno, separadas de la Formación Pozo por una laguna sedimentaria. Esos sedimentos principalmente continentales son descritos por R. Marocco en este informe.

## II. SECCIÓN REGIONAL MARAÑÓN-SANTIAGO

En este corte, se pueden diferenciar claramente el antepaís andino — cuenca Marañón — en donde las series sedimentarias cretácicas y terciarias se acuñan hacia el Este, y la faja subandina — cuenca Santiago — mucho más deformada y levantada. Del Oeste hacia el Este, la Formación Pucará (triásica) se bisela por debajo de la discordancia erosiva de la base de la Formación Sarayaquillo (jurásica), y la Formación Sarayaquillo se bisela por debajo de la discordancia erosiva de la base de la Formación Cushabatay (cretácica).

La descripción del corte estructural se hará del NE hacia el SW, de la zona menos deformada hacia la zona más deformada. La geometría y la cronología de la deformación de la cuenca Marañón están descritas con todo detalle en la tesis de Willy Gil R (ver este informe).

### 1. Geometría de la deformación

La mitad oriental de la cuenca Marañón — cuenca andina de antepaís — se encuentra deformada por pequeñas inversiones de «semi-grabens» paleozoicos, basculados hacia el Este. La tectónica distensiva paleozoica ya fue bien definida por Laurent y Pardo (1974) y Laurent (1985). La inversión tectónica más representativa corresponde a la **estructura Bolognesi** en donde se ve claramente un «semi-graben» paleozoico invertido. Más al Oeste, la sísmica muestra otros «semi-grabens» paleozoicos, que no están invertidos, sino solamente peneplanizados por debajo de la discordancia erosiva de la base Cushabatay. La **estructura Tunchiplaya** presenta otro tipo de inversión, en donde el «semi-graben» paleozoico está despegado y desplazado hacia el Oeste.

En el centro de la cuenca Marañón, por debajo de la Formación Sarayaquillo, la sísmica muestra otros «semi-grabens» probablemente también de

edad paleozoica y ligeramente invertidos. Esas inversiones pueden haber originado buenos prospectos petrolíferos como la **estructura Sungachi**, ya perforada, o más bien la estructura (sin nombre) que se encuentra en el extremo este de la línea sísmica G3 y que no ha sido aún explorada.

En la parte occidental de la cuenca Marañón, se observan algunas fallas inversas que buzanan hacia el Oeste (**estructura Huitoyacu**). La sísmica no permite ver si se trata de antiguas fallas normales reactivadas. Al Oeste de la **estructura Huitoyacu**, aparecen los sedimentos de la Formación Pucará.

La cuenca Santiago está limitada al Este por el frente orogénico andino que corresponde en este corte a un prisma intercutáneo. Este tipo de frente orogénico, ya conocido en la bibliografía (Charlesworth, 1985), está controlado por la presencia y la desaparición brutal de la sal de la base de la Formación Pucará. En efecto, la sal — que constituye el nivel de despegue de la cuenca Marañón — se acuña bruscamente hacia el Este, bloquea la propagación de la deformación, y provoca el desarrollo de un retro-corrimiento. Este fenómeno fue descrito también por Pardo (1982).

Más al Oeste, la cuenca Santiago se caracteriza por la interferencia de una tectónica de corrimiento, de una tectónica salífera (diapirismo) y de una tectónica de inversión positiva. La parte interior de la cuenca está constituida por sinclinales relativamente amplios y anticlinales bien apretados de tipo pliegue por propagación de falla. Las estructuras muestran también antiguas fallas normales subverticales, reactivadas o simplemente transportadas por los corrimientos (**estructura Putuime**). Esas fallas normales, que afectan a los sedimentos terciarios, se deben probablemente a la tectónica salífera anterior a los corrimientos.

En profundidad, la sísmica de la cuenca Santiago muestra algunos reflectores cortados y desplazados que interpretamos como el resultado de pequeñas inversiones tardías que deforman las estructuras compresivas superficiales. Este fenómeno se ilustra muy bien más al Sur, en la cuenca Huallaga (ver segunda sección estructural).

### 2. Cronología de la deformación

La geometría actual del corte Marañón-Santiago resulta de varios periodos y tipos de deformación que se pueden describir cronológicamente.

Las pequeñas inversiones tectónicas de la cuenca Marañón se desarrollaron desde el Cretácico (ver tesis de W. Gil R). En la extremidad este de la línea sísmica G3, se observa una inversión tectónica caracterizada por una variación de espesor de los sedimentos de la Formación Cushabatay, que muestra que la deformación empezó durante la sedimentación del Cretácico inferior. En la cuenca Santiago, ya se han descrito estructuras de

crecimiento contemporáneas con la sedimentación cretácica (Rodríguez, 1976 y 1982). Esta deformación está ilustrada en la **estructura Putuime** en la que los sedimentos cretácicos adelgazan. El levantamiento de esta estructura empezó también en el Cretácico inferior. Se trata probablemente del primer periodo de inversión tectónica.

La cuenca Santiago fue deformada por una tectónica salífera responsable del desarrollo de pequeñas fallas normales que afectan a todo el Mioceno. Una de esas fallas se ha conservado entre la **estructura Putushim** y la **estructura Putuime**. Esa tectónica salífera fue probablemente activa durante todo el Terciario.

Según Alemán y Marksteiner (1993), análisis de huellas de fisión en apatita confirman una edad de 10 Ma. para los corrimientos y el plegamiento de la cuenca Santiago.

Las pequeñas inversiones tectónicas de la cuenca Marañón deforman toda la serie sedimentaria terciaria. Se trata de los efectos de los movimientos orogénicos andinos ocurridos durante el Terciario tardío.

### III. SECCIÓN REGIONAL MARAÑÓN - HUALLAGA

La deformación de esta segunda sección regional es más intensa. La cuenca Marañón — antepaís andino — se levanta progresivamente hacia el Oeste y está separada de la cuenca Huallaga — faja subandina — por el **corrimiento Tarapoto**. En este corte, la cuenca Marañón no corresponde a una cuenca de antepaís clásica, los sedimentos terciarios adelgazan hacia el frente orogénico.

La Formación Sarayaquillo se bisela aquí también por debajo de la Formación Cushabatay, pero se extiende más al Este. La Formación Pucará se ha conservado en grandes « grabens » invertidos y está bien definida en la sismica en donde se pueden ver fallas extensivas de crecimiento.

La cuenca Huallaga se caracteriza por importantes espesores de sedimentos terciarios. En el flanco oeste de la **estructura Ponasillo**, la serie terciaria puede alcanzar 10.000 m de espesor. Esos espesores de sedimentos terciarios son mucho más importantes que en la cuenca Marañón.

Como en el corte anterior, la descripción se va a efectuar del Este hacia el Oeste. No insistiremos en la geometría ni la cronología de la deformación de la cuenca Marañón ya descritas en la tesis de W. Gil R. (en este informe).

#### 1. Geometría de la deformación

En la cuenca Marañón, se pueden distinguir tres tipos de inversión tectónica:

- inversiones de fallas normales paleozoicas localizadas en el extremo este del corte (**estructura Nahuapa**), en donde el pozo Nahuapa-24X alcanzó el Carbonífero y el Devónico por debajo de la Formación Cushabatay;

- inversiones de fallas normales jurásicas (cuenca Sarayaquillo) localizadas en el centro de la cuenca (**estructura Yanayacu**);

- inversiones de fallas normales triásicas que limitan a los « grabens » de la Formación Pucará.

Las inversiones tectónicas más espectaculares son aquellas de los « grabens » triásicos. Este tipo de inversión se traduce en un levantamiento y una expulsión de todo el « graben » que da lugar a estructuras como la **estructura Loreto** o la **estructura Shanushi**, en donde los pozos alcanzaron la Formación Pucará.

En la cuenca Marañón, la sismica (L-PK-51SW) evidencia también antiguos corrimientos sellados por el Mesozoico y que afectaron al Paleozoico.

La cuenca Huallaga se caracteriza por importantes corrimientos que se empalman sobre el despegue regional desarrollándose en las evaporitas triásicas, como lo muestran los bloques de yeso que afloran en la base del **corrimiento Tarapoto** (Informe MOBIL, 1993). Como en la cuenca Santiago, la tectónica de corrimiento está controlada por la presencia de las evaporitas triásicas que desaparecen en el límite faja subandina-antepaís. El rechazo del **corrimiento Tarapoto**, calculado en nuestra sección, es de 30 km.

Se observa también la interferencia de la tectónica salífera y de algunas inversiones tectónicas. La **estructura de Biabo** resulta de un fenómeno diapírico y de los efectos compresivos de la deformación andina. Este anticlinal — uno de los más grandes del mundo — corresponde a una estructura de tipo « pop up » expulsada gracias a la subida de la sal triásica. La presencia de la sal está confirmada por la gravimetría (MOBIL, 1993). Más al Este, la sismica muestra que la **estructura Ponasillo** resulta de la deformación de una inversión tectónica profunda por debajo del **corrimiento Tarapoto**. En la cuenca Huallaga se ilustra muy bien la complejidad de la deformación de la faja subandina en donde interfieren corrimientos, diapiros e inversiones tectónicas.

#### 2. Cronología de la deformación

La deformación más antigua observada corresponde a los corrimientos de la cuenca Marañón, sellados por la Formación Sarayaquillo — prejurásica — y que afectan al Paleozoico (línea sismica L-PK-51SW).

Como en la primera sección, se observan dos fases de inversión tectónica. En la cuenca Marañón, las inversiones empezaron en el Cretácico inferior (**estructura Yanayacu**, ver tesis de W. Gil R.). El primer periodo de inversión se extiende desde el Cretácico inferior hasta el Paleoceno. Como lo muestra W. Gil en su tesis — a partir del análisis geométrico y cinemático de 8 estructuras invertidas — se obtiene un continuum de deformación que se distribuye de manera heterogénea en toda

la cuenca Marañón. Las estructuras registran inversiones tectónicas en todas las épocas entre el Cretácico inferior y el Paleoceno. El segundo periodo de inversión tectónica corresponde al Terciario tardío. Toda la cobertura sedimentaria está deformada y no se observan variaciones de espesor que indiquen una tectónica sinsedimentaria. Las estructuras Loreto y Shanushi se levantaron muy tarde, lo que explica el adelgazamiento de los sedimentos neógenos en el borde oeste de la cuenca Marañón.

En la cuenca Huallaga, se puede observar una cronología relativa de la deformación. El corrimiento Tarapoto está deformado por inversiones tectónicas profundas. Como en la cuenca Marañón, tales inversiones deforman toda la cobertura sedimentaria neógena y son probablemente de edad pliocena y/o cuaternaria. Los corrimientos en cambio son más antiguos y al parecer contemporáneos a la sedimentación neógena como lo muestran las variaciones de espesor de los sedimentos de las capas rojas superiores en el flanco oriental de la **estructura Ponasillo**. Análisis de huellas de fisión en apatita evidencian un levantamiento hace alrededor de 15 Ma (MOBIL, 1993).

Lo más sorprendente es la presencia de 10.000 m de sedimentos terciarios (7.500 m de Neógeno) en la cuenca Huallaga — solo 3.500 m en la cuenca Marañón — que desaparecen rápidamente hacia el Este. Este fenómeno muestra que el levantamiento de las estructuras **Shanushi** y **Loreto** a fines del Terciario fue muy importante, probablemente de varios millares de metros.

#### IV. SISTEMA PETROLÍFERO

En el sistema petrolífero del Nororiente peruano, las dos secciones estructurales presentadas pueden ayudar a entender las relaciones entre estructuración, maduración y expulsión de hidrocarburos.

En la cuenca Marañón, es obvio que las estructuras más interesantes corresponden a las inversiones tectónicas desarrolladas durante el Cretácico. La maduración de las rocas madres cretácicas así como la expulsión de los hidrocarburos se hacen durante la sedimentación neógena, posteriormente al primero periodo de inversión (cretácico-paleógeno). La Cuenca Marañón ya tiene estructuras cuando empieza la generación y la migración de los hidrocarburos.

En la sección Marañón - Santiago, en el extremo este de la línea sísmica G3, se encuentra una estructura de edad cretácica (sin nombre) — aún no explorada — que puede formar un buen prospecto.

Más al Sur, en el borde oeste de la cuenca Marañón, las estructuras **Loreto** y **Shanushi** son

grandes y tienen un buen potencial de roca madre (Formación Pucará y ciertas Formaciones del Cretácico). Sin embargo, toda la serie neógena está deformada y levantada de manera homogénea, lo que evidencia una estructuración tardía. Además, no se observan deformaciones cretácicas. La mayor parte de la generación y de la expulsión de los hidrocarburos es probablemente anterior a la estructuración.

En la cuenca Santiago, los corrimientos y el plegamiento empezaron hace 10 Ma (Alemán y Marksteiner, 1993). Las rocas madre que se encuentran en la Formación Pozo y la Formación Chonta pueden haberse generado después de esa estructuración, durante el Mio-Plioceno. Existen también estructuras de crecimiento de edad cretácica que pueden constituir excelentes prospectos.

En la Cuenca Huallaga, se presentan dos problemas en el sistema petrolífero:

- un espesor de Terciario muy importante (10.000 m) que hace que actualmente todas las rocas madre sean sobremaduras;
- inversiones tectónicas tardías — posteriores a la generación y a la migración de los hidrocarburos — que deforman los corrimientos y destruyen las viejas estructuras.

Actualmente, se encuentran dos tipos de estructuras en la Cuenca Huallaga: las estructuras tipo **• Ponasillo •** que resultan de una inversión profunda y tardía, y las estructuras originadas por el plegamiento y los corrimientos andinos que empezaron según MOBIL hace 15 Ma. Las estructuras del segundo tipo — cuando no están destruidas por las inversiones tardías — pueden constituir aún buenos prospectos si consideramos que durante el Neógeno la generación y la migración de los hidrocarburos no están terminadas.

#### V. RECOMENDACIONES

Las dos secciones estructurales presentadas merecen trabajos adicionales. Se necesita un estudio detallado de campo de la faja subandina a fin de completar el análisis geométrico y cinemático. En la elaboración de las dos secciones estructurales, nos hicieron falta datos de campo tanto para calibrar la sísmica, como para tener una buena idea del estilo estructural.

A partir de esos dos cortes estructurales y del estudio sedimentológico del Cretácico y del Neógeno presentado en este informe (ver Contreras, Jaillard, Marocco), se puede intentar en una segunda etapa un modelaje geoquímico de las diferentes cuencas. Este necesitará un banco de datos (pyrolysis Rock - Eval) de las rocas madre existentes en las secciones.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALEMÁN, A. M.; MARKSTEINER, R. (1993): Structural style in the Santiago fold and thrust belt, Perú: a salt related orogenic belt, 2nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG'93), Oxford (Inglaterra), in *Géodynamique Andine* (resúmenes extensos), ORSTOM, colección « Colloques et Séminaires », p. 147-153.

CHARLESWORTH, H. A. K.; GAGNON, L. G. (1985): Intercutaneous wedge, the triangle zone and structural thickening of the mynheer coal seam at coal valley in the Rocky Mountains foothills of central Alberta, in *Bull. Can. Petrol. Geol.*, nº 33, p. 22-30.

JAILLARD, E. (1993): *Síntesis estratigráfica del Cretáceo y Paleógeno de la cuenca oriental del Perú*, Informe del Convenio ORSTOM-PETROPERÚ, enero de 1994.

LAURENT, H. (1985): El Pre-Cretácico en el Oriente Peruano: su distribución y sus rasgos estructurales, in *Bol. Soc. Geol. del Perú*, nº 74, p. 33-59.

LAURENT, H.; Pardo, A. (1975): Ensayo de interpretación del basamento del Nororiente Peruano, in *Bol. Soc. Geol. del Perú*, nº 48, p. 25-48.

MAROCCO, R. (1993): *Sedimentación neógena en el Nororiente peruano, implicancias geodinámicas*, INGEPET, Lima.

MOBIL (1993): *Final Report: Huallaga Basin, Perú Blocks 28, 29, 30 and 53*, MOBIL Expl. and Prod. Perú Inc..

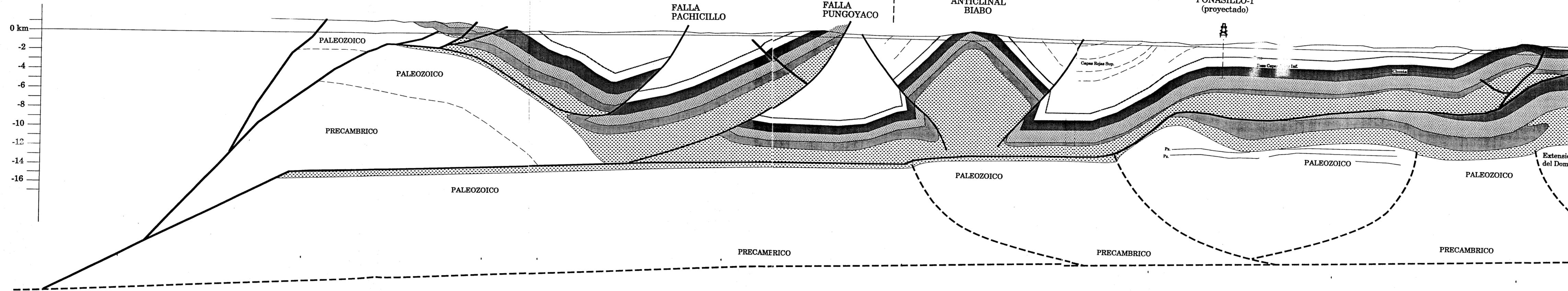
PARDO, A. A. (1982): « Características estructurales de la faja subandina del Norte del Perú », ponencia presentada en el Simposio sobre exploración petrolera en las cuencas subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, Bogotá, Colombia.

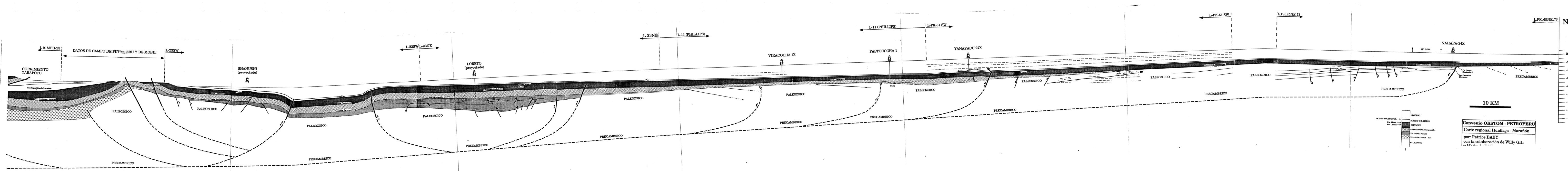
RODRÍGUEZ, A. (1982): « Exploración por petróleo en la cuenca Santiago », ponencia presentada en el Simposio sobre exploración petrolera en las cuencas subandinas de Venezuela, Colombia, Ecuador y Perú, Bogotá, Colombia.

SW

DATOS DE CAMPO DE PETROPERU Y DE MOBIL

L 91MPH-23





**Convenio ORSTOM - PETROPERU**  
 Corte regional Huallaga - Marañón  
 por: Patrice BABY  
 con la colaboración de Willy GIL

Baby Patrice, Gil W. (collab.), Paz M. (collab.) (1995)

Analisis geometrico de dos secciones estructurales regionales en el Nororiente peruano (cuencas Maranon, Santiago, Huallaga)

In : Informe final del convenio PETROPERU-ORSTOM

Lima (PER) : ORSTOM ; PETROPERU, 81-87