

UNIVERSIDAD NACIONAL MAYOR DE SAN MARCOS
FACULTAD DE INGENIERIA GEOLÓGICA, MINERA, METALURGICA Y GEOGRAFICA
E.A.P. DE INGENIERIA GEOLÓGICA

Arquitectura estructural y etapas de deformación de las Cuencas Talara y Lancones, y sus implicancias petrolíferas.

TESIS Para optar el título profesional de INGENIERO GEÓLOGO
AUTOR

Juan Carlos Quinto Palacios
LIMA – PERÚ 2006

AGRADECIMIENTOS

Expreso mi más sincero agradecimiento; al Doctor Patrice Baby del **IRD**, por haberme confiado el desarrollo de esta tesis, por su dedicación, asistencia y enseñanzas durante el transcurso de la investigación;

Al Ingeniero Rolando Bolaños y al equipo de Exploración de PARSEP de **PERUPETRO**, quienes me apoyaron decididamente en la realización de la investigación;

A mi asesor de tesis y ex -profesor Mg. Luis Reyes, por la supervisión y guiado de esta tesis, además por su invaluable aporte de experiencia que me manifiesto con sabiduría.

A mis ex - profesores de la EAP de Ingeniería Geológica, en especial al Mg. Javier Jacay por compartir su conocimiento, apoyo constante y determinación en ayudar al desarrollo de futuros profesionales.

Y de manera muy especial a los Ingenieros Tomas Vargas, Carlos Monges y a toda la familia de **BPZ ENERGY** por el apoyo formativo, constante e íntegro hacia mi persona.

Este trabajo es dedicado a mi familia y amigos.

RESUMEN

El trabajo de investigación realizado está relacionado con la Arquitectura (Geometría) y las etapas de deformación, con respecto a sus rellenos sedimentarios, que experimentaron las Cuencas Talara y Lancones, y la relación de ambas con la acumulación de hidrocarburos fundamentalmente en la Cuenca Lancones.

Las Cuencas Talara y Lancones son de tipo Antearco, donde ambas han sufrido un régimen extensional similar, la prueba de ello es el sistema extensional NE - SW, en ambas, y en sus principales fallas regionales, aparte en Lancones se tiene otro sistema secundario E - W que es el de la falla Huaypirá. Este régimen se ha dado en etapas diferentes y el vínculo existente de las deformaciones ocurridas permite conocer los diferentes eventos sucedidos y en base a ellos poder efectuar las interpretaciones que ayuden al reconocimiento de las estructuras que entrapen y acumulen hidrocarburos.

Con la información de pozos perforados, la interpretación de la sísmica y de información adicional, se han encontrado buenas estructuras como posibles proyectos de perforación. El mayor punto de enfoque es el mega bloque basculado de la falla Lítrica Carpitás, dentro del área del mismo nombre, de donde se pudo constatar un sistema petrolero activo, visto por el oil seep "La Breita". En la Cuenca Lancones se tienen muchos prospectos interesantes que serían la fuente principal para iniciar una etapa de exploración y explotación agresiva. Sin embargo existen evidencias que permiten sostener que la parte estructural no está aun bien definida, esta investigación trata de generar una nueva respuesta al cuestionamiento acerca del proceso de deformación y evolución de ambas Cuencas.

Los sedimentos de la Cuenca Lancones son principalmente del cretáceo con

una ligera cobertura paleógena y de la Cuenca Talara son principalmente del paleógeno. Ambas tienen basamentos de secuencias metamorizadas del paleozoico con afloramientos en superficie en la montaña de los Amotapes, que a su vez es límite entre ambas cuencas. De las secuencias paleógenas en Carpitás se tiene a las Formaciones Mogollón, Areniscas de Ostrea-Echino, Talara y Chira-Verdun que son potenciales reservorios, así mismo dentro de estas Formaciones existe secuencias lutáceas (salvo Mogollón) que serían referidas como rocas generadoras y sellos que ayudan al entrapamiento de hidrocarburos, siendo parte de los elementos del sistema petrolero. Para el sistema petrolero de Lancones las principales rocas reservorio son las Formaciones Gigantal, las turbiditas del Grupo. Copa Sombrero e incluso las cuarcitas de Amotape., La principal roca generadora es la Formación Muerto y en parte también la Formación Huasimal.

La geometría estructural de toda esta mega estructura consta de una misma relación extensional que comprometió a la Cuenca Talara y a la Cuenca Lancones desde el oligoceno.

SUMMARY

This investigation is related to Architecture (Geometry) and deformation phases regarding sedimentary fills, that underwent both Talara and Lancones Basins and the relation with hydrocarbons accumulation basically in Lancones Basin.

Talara and Lancones are Forearc Basins, both had experienced an extensional regime, a prove is the NE-SW direction in the extensional pattern and in their regional faults. Lancones Basin have another E-W secondary pattern denoted by Huaypira Fault. This regime had occurred in different stages and the existing link of the deformations allow to know the different events, in base of which one can create the interpretations that support the recognition of the structures to trap and accumulate hydrocarbons.

With drilled wells information, seismic interpretations and additional information, a good structures have been found to drilling prospects. The major point to approach is the rotated mega block of listric fault Carpitás, into this area with the same name was stated an active petroleum system, viewed by the oil seep "Breita". In Lancones Basin exists many interesting prospects, they are the major sources to start an aggressive exploration and exploitation phases. However exists facts that permit to say that the structural part is not a good definition yet, this investigation try to give a new answer from the questionnaire about deformation and evolution process of both basins.

Sediments of Lancones Basin are basically Cretaceous with a shallow Paleogene coverage and the sediments of Talara Basin are mainly Paleogene. Both Basins have Paleozoic basement of metamorphic sequences with outcrops in surface recognized in Amotape Mountains, moreover it is the border between the two basins. The Paleogene sequences in Carpitás field are Mogollón, Ostrea-Echino (sandstones), Talara and Chira-Verdun formations, like reservoirs rocks, into these formations exist shaly sequences (except Mogollón), that are probably

source and seal rocks that support to trap hydrocarbons, being part of the petroleum system. In the petroleum system of Lancones Basin, the main reservoir rocks are the Gigantal, Copa Sombrero Group (turbidites) and Amotape quartzites formations. The main source rock is the Muerto formation and even Huasimal formation.

The structural geometry of all mega-structure consist of similar extensional regime that involve the Talara and Lancones Basins from Oligocene Serie.

CAPITULO I

INTRODUCCION

1.1. GENERALIDADES:

El presente trabajo es un estudio de investigación en base a secciones estructurales regionales que abarcan la parte norte de la Cuenca Talara y la Cuenca Lancones. Se integro; información sísmica, geología de superficie, imágenes satelitales, DEM's, información de pozos, y bibliografía de estudios anteriores y actuales.

Esta tesis se realizó en el marco del convenio tripartito PERUPETRO-IRD-BPZ ENERGY.

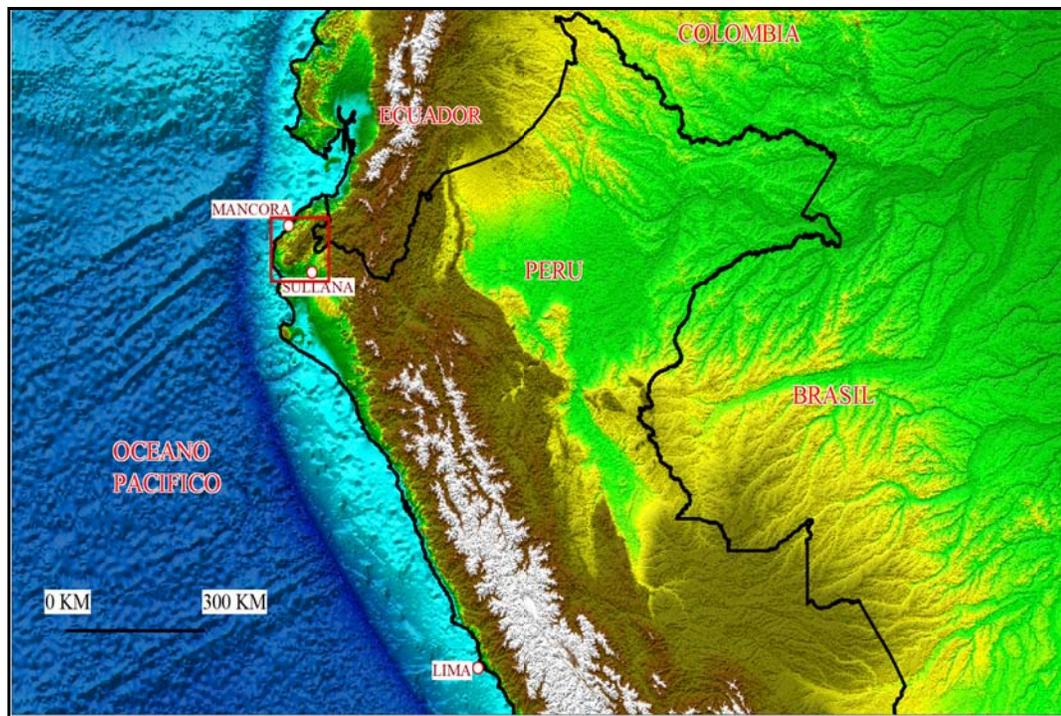


Fig. 1.1: Mapa de ubicación del área de estudio. Imagen DEM (Digital Elevation Model, NASA) y de BATIMETRIA.

La zona de interés estudiada se encuentra en el noroeste del Perú (Figuras 1.1

y 1.2) en la parte más occidental de América del Sur. Está limitada hacia el Norte y Oeste por el Océano Pacífico, al Noreste por el pueblo de Punta Sal, al Este por la República del Ecuador, al Suroeste por el pueblo de Los Órganos y al Sureste por el Río Chira.

Esta zona abarca 2 partes: Al oeste la parte norte de la Cuenca Talara (área de Carpitás-Dpto. de Tumbes, Prov. Contralmirante Villar), y toda la Cuenca Lancones al Este (Dpto. de Piura, Prov. de Sullana) (Fig. 1.2).



Fig. 1.2: Mapa Geográfico presentando las principales localidades (Contralmirante Villar y Lancones) de la zona de investigación.

El área de estudio abarca aproximadamente 7000 Km² delimitada en ancho desde la línea de playa (paralelo 500 000 E) hasta el paralelo 570 000 E (límite con la República del Ecuador) y desde el paralelo 9 560 000N al 9 460 000N de

norte a sur cerca al Río Chira delimitada a lo largo.

La montaña de los Amotapes (Fig. 1.5), que separa la Cuenca Talara de la Cuenca Lancones, tiene elevaciones de más de 1000 m, presentando en su superficie diferentes direcciones de fracturas y / o fallas.

La principal vía de acceso es la Panamericana Norte, que va de Sureste a Noroeste en la ruta Piura-Sullana-Talara y Noreste entre Talara y Tumbes, de esta vía se puede internar a diferentes quebradas entre los pueblos de Máncora y Punta Sal. La otra vía de acceso es de Sullana hacia áreas mas profundas al Este, en la Cuenca Lancones.

1.2. ANTECEDENTES:

En la parte norte de la Cuenca Talara se desarrolló el campo Carpitás, subdividido en Carpitás Este y Oeste, donde se perforaron una buena cantidad de pozos con una producción acumulada de 308,010 barriles hasta el año 1970 (Informe Técnico del Yacimiento Carpitás; 1984). Del total de pozos, 45 de ellos, tiene producción en su mayoría de la Formación Verdun, y muy pocos de las Formaciones Mogollón, Talara, y Ostrea-Echino, este último con presencia de gas). También se perforaron pozos en la quebrada Máncora y alrededores, y en otros altos estructurales, como los pozos Barrancos, Mancora's, Capilla, El Tunal y Cerezal entre otros (Figs. 3.10 y 3.11) (Archivos Técnicos de los pozos MÁNCORA-1, C-18, C-05, BA-X-1, AM-125, GMP-X-2), algunos llegaron a pasar el tope de la Formación Amotapes (paleozoico). Los pozos fueron perforados hasta la década de los 70's por diferentes compañías como la EPF, CPL, IPC (Ver Anexo I).

Hace menos de una década, la compañía GMP perforó 3 pozos en las zonas de Carpitás, Papayal y Máncora respectivamente, constituyéndose en los pozos

- ✚ Definir el estilo estructural de las Cuencas Talara y Lancones a partir del análisis de información de campo y del subsuelo;
- ✚ Construcción de 2 secciones estructurales regionales que permitan definir las relaciones geométricas y tectónicas entre la Cuencas Talara y Lancones;
- ✚ Definir las etapas de deformación de las Cuencas Talara y Lancones a partir de sus rellenos sedimentarios;
- ✚ Caracterizar, en base a estudios anteriores y a una nueva modelización, el sistema petrolero de la Cuenca Talara y Lancones respectivamente.

1.4. METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION:

La presente investigación se basó en un trabajo compacto y multidisciplinario que abarcó etapas previas para su realización; así:

1.4.1. TRABAJO DE CAMPO:

Se efectuaron 3 salidas de campo; las 2 primeras en los alrededores de los pueblos de Máncora y Punta Sal entre las quebradas **Máncora y Seca** principalmente (Fig. 1.4), también se hizo reconocimiento por las quebradas Cabo Blanco, Cerezito, La Bocana, La Capilla, Carpitás, Plateritos, Bocapan, El Rubio, Carrizal. La última y 3ra salida de campo se realizó al NE de la ciudad de Sullana, entre los caseríos de El Angolo y Encuentros entre las quebradas del Potrerillo, Angelitos, Encuentros, Hualcatal, etc.

En estas quebradas se determinaron:

- Levantamiento de datos estructurales;
- Levantamiento de secciones litológicas;
- Reconocimiento de las principales fallas y mapeo geológico;
- Muestreo de fósiles y de rocas para datación y análisis de roca madre.

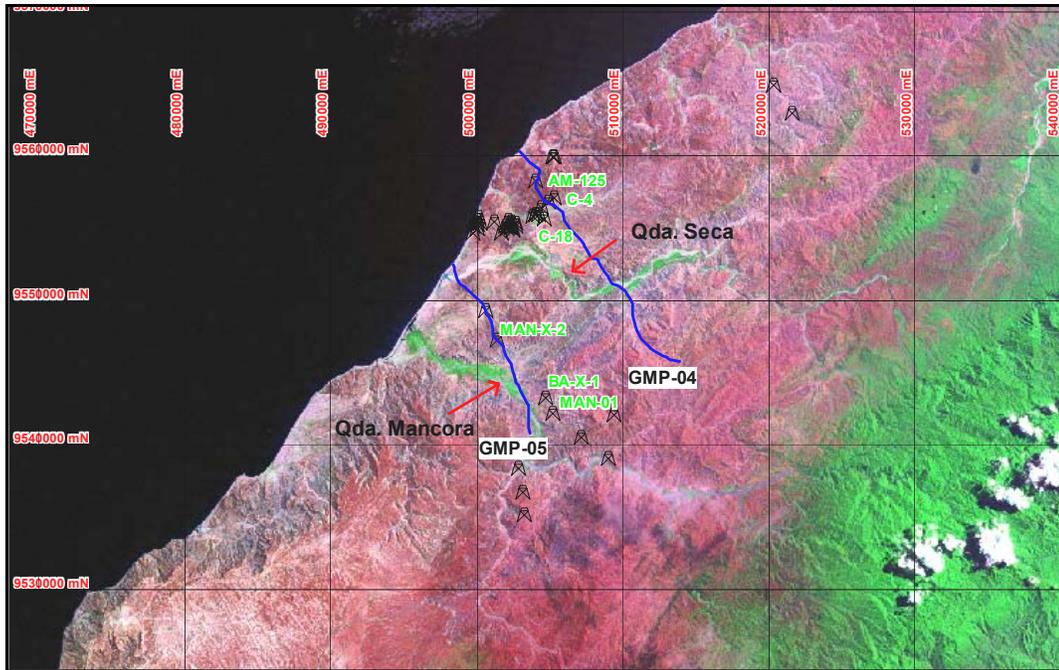


Fig. 1.4. Se observa las principales rutas, vía la quebrada. Mancora y Seca, de donde se obtuvo la mayoría de información de campo, también se visualiza los principales pozos perforados en la parte norte de la Cuenca Talara.

1.4.2. TRABAJO DE GABINETE:

El trabajo de gabinete consistió de:

- Estudio y revisión bibliográfica de artículos, libros, memorias, informes, reportes, etc. del área;
- Creación de una base de datos de toda la información de campo recopilada;
- Elaboración de mapas y creación de imágenes que bosquejen las áreas exploradas en base a programas aplicativos de la manera más conspicua y real;

- Construcción de secciones estructurales utilizando datos tomados de campo, y del análisis e interpretación de secciones sísmicas.

De la Cuenca Talara se interpretaron 2 líneas sísmicas, la GMP-04 y GMP-05, efectuadas por la Compañía Graña y Montero Petrolera entre los años 1993-94 (Fig. 1.5). Los reflectores de las líneas sísmicas fueron calibrados a partir de datos estructurales de afloramientos y de pozos. Se utilizaron sismogramas sintéticos de algunos pozos para un mayor control estratigráfico.

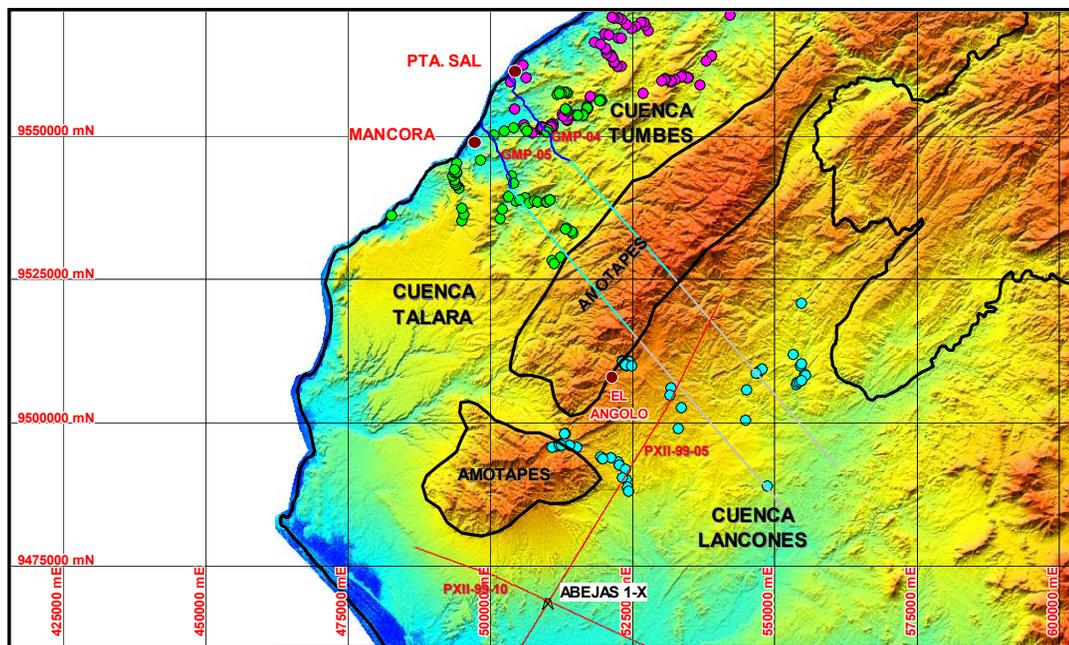


Fig. 1.5. Mapa de ubicación de todas las líneas sísmicas utilizadas, se observa también las secciones estructurales construidas (líneas sísmicas azules mas sus prolongaciones en celeste al Este y en rojo hacia el Sur de Lancones), los puntos registrados de los afloramientos en campo y el pozo mas reciente; el Abejas 1-X, al lado sur de la Cuenca Lancones.

Asimismo de la Cuenca Lancones, se re-interpretaron las líneas sísmicas PXII-99-05 Y PXII-99-10 efectuadas por la Compañía Pluspetrol Perú Corporation S.A en el año 1999. A pocos metros del cruce de ambas líneas se ubicó el Pozo Abejas 1-X (Fig. 1.5).

En la Figura 1.5 se observa la ubicación del área de estudio, con los rasgos

estructurales más importantes, los afloramientos estudiados en el campo, las líneas sísmicas respectivas, las secciones estructurales construidas y los lugares referenciales de ubicación.

1.5. RELACIÓN CON EL MEDIO AMBIENTE:

El proceso de investigación se basó fundamentalmente en un estudio geológico regional que trató de juntar la parte teórica con la información tomada de campo para crear un modelo estructural, por tanto; no se vio necesario realizar un estudio detallado que implicase al Medio Ambiente.

Pero si es importante mencionar que si se hubiese realizado algún trabajo requerido explícitamente para realizar esta investigación y que pueda ocasionar impactos soslayantes en el área, entonces se debería haber acotado un capítulo entero relacionado al mismo el cual indicaría; La Evaluación e Identificación de los posibles impactos que se producirían en el medio físico, biológico y humano y además de la creación de un diseño del plan de Manejo Ambiental para minimizar los impactos negativos. Dentro de los impactos referente a las actividades (Perforación de Pozos por hidrocarburos y /o Levantamiento sísmico 2D - 3D) los componentes básicos que puedan ser alterados y que son estudiados dentro de las evaluaciones de impacto ambiental son, El componente agua, aire, suelo, ecosistema, biota y el componente socioeconómico e interés humano.

Para todo ello se debería realizar un EIA (Estudio de Impacto Ambiental) que serviría como plan de prevención y contingencia de las actividades del sector energético.

CAPITULO II

CUADRO GEODINÁMICO Y GEOLÓGICO

2.1. GENERALIDADES:

2.1.1. TECTÓNICA DE PLACAS:

La **tectónica de placas** es la teoría científica que establece que la litosfera (la porción superior más fría y rígida de la tierra) se encuentra fragmentada en una serie de placas que se desplazan sobre el manto terrestre fluido con movimiento convectivo (astenosfera). Esta teoría también describe el movimiento de las placas, sus direcciones e interacciones (Fig. 2.1).

En las zonas de **expansión oceánica**, las placas se separan y entre ellas se forma una dorsal oceánica donde sale el magma de la astenosfera. Cuando este material llega a la superficie se dan cambios físicos y químicos por la pérdida de gases y por entrar en contacto con el agua del fondo marino, convirtiéndose en nueva corteza oceánica.

Al continuar separándose las placas, esta nueva corteza oceánica es arrastrada hacia los lados de la dorsal y deja lugar para que ascienda más material del manto.

Las dorsales oceánicas tienen grandes elevaciones sobre el nivel medio del fondo marino.

La **zona de subducción** es una zona larga y estrecha donde una placa litosférica desciende por debajo de otra. Dado que la temperatura y la presión aumentan con la profundidad, una parte de los materiales de la placa en subducción son liberados (en especial el agua) conllevando a su fusión en el manto ascendiendo a través de la corteza terrestre continental creando volcanes. Las zonas de subducción constituyen una parte muy importante dentro de la dinámica

de los materiales terrestres. Los materiales subducidos han cambiado posiblemente las propiedades del manto, y permiten que la convección se mantenga. Sismológicamente las zonas de subducción son caracterizadas como las zonas de Beniof.

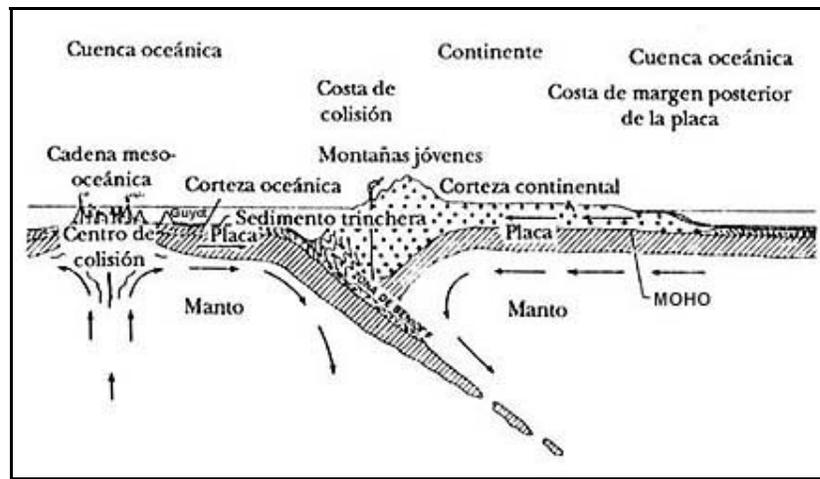


Fig. 2.1: Se puede observar el modelo que relaciona la interacción de las 2 placas, a la derecha se visualiza la separación de la placa y al medio de la imagen se observa la colisión de 2 placas, creando la zona de subducción y el choque entre ambas (tomado de html.expansion-fondo-marino.html).

2.1.1.1. Teoría, origen y modelo global:

Según la **teoría de la tectónica de placas**, la corteza terrestre está compuesta al menos por una docena de placas rígidas que se mueven entre sí (Fig. 2.2). Estos bloques descansan sobre la astenósfera, que fluye muy lentamente.

Esta teoría aún no ha podido determinar con exactitud como interactúan estas dos capas, pero las teorías más vanguardistas afirman que el movimiento del material espeso y fundido de la astenósfera fuerza a las placas superiores a moverse, hundirse o levantarse.

El concepto básico de la teoría de la tectónica de placas es simple: el calor asciende. El aire caliente asciende por encima del aire frío y las corrientes de agua caliente flotan por encima de las de agua fría. El mismo principio se aplica

a las rocas calientes que están bajo la superficie terrestre: el material fundido de la astenosfera, o magma, sube, mientras que la materia fría y endurecida se hunde cada vez más hacia al fondo, dentro del manto. La roca que se hunde finalmente alcanza las elevadas temperaturas de la astenosfera inferior, se calienta y comienza a ascender otra vez.

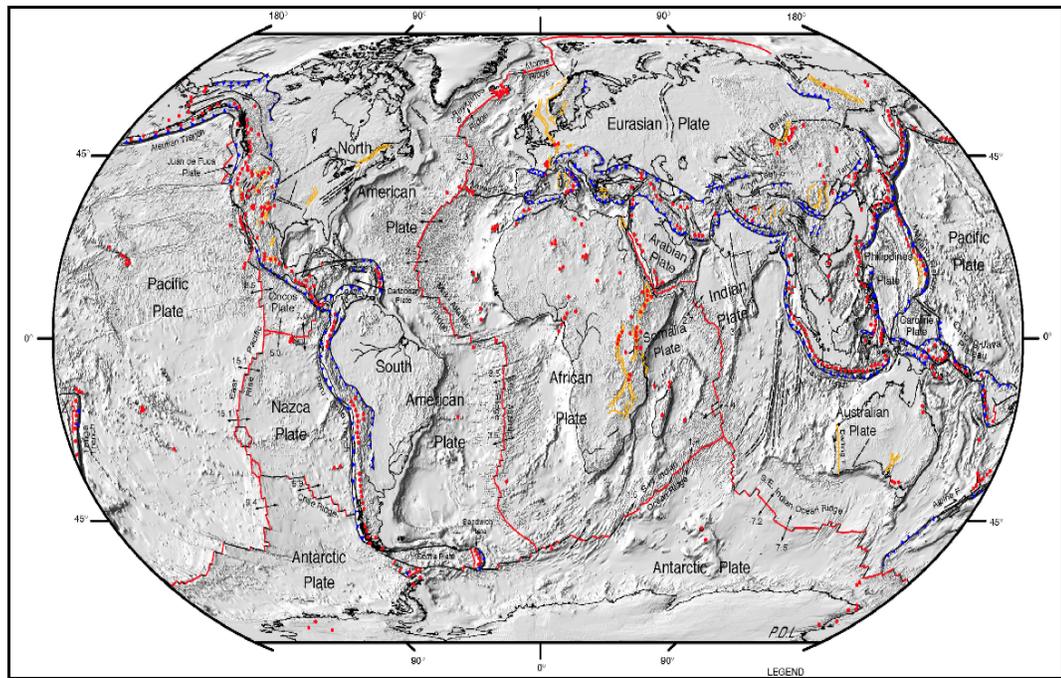


Fig. 2.2: Mapa del Mundo mostrando las principales placas tectónicas. Entre las principales tenemos: Nazca, Suramericana, Africana, Antártica, Arábica, Australiana, Euroasiática, Filipina, India, Juan de Fuca, Pacífica y Norteamericana (tomado de la Nasa).

Este movimiento continuo, en cierta forma circular, se denomina convección. En los bordes de la placa divergente y en las zonas calientes de la litosfera sólida, el material fundido fluye hacia la superficie, formando una nueva corteza (Tomada de Internet: www.astromia.com/tierraluna/tectonica.htm).

Se atribuye que el **origen de las placas** se debe a corrientes de convección (Fig. 2.3) en el interior del manto que fragmentan a la litosfera. Las corrientes de convección son patrones circulatorios que se presentan en fluidos calentados en su base.

Al calentarse la parte inferior del fluido, se dilata y emerge con una fuerza de flotación que al alcanzar la superficie se enfría, desciende y se vuelve a calentar, estableciéndose un movimiento circular auto-organizado.

En el caso de la tierra, se sabe a partir de estudios de reajuste glaciario, que la astenosfera se comporta como un fluido en escalas de tiempo de miles de años y se considera que la fuente de calor es del núcleo terrestre, estimándose que tiene una temperatura de 4500 °C. De esta manera, el papel fundamental de las corrientes de convección en el interior del planeta es el de liberar el calor original almacenado en su interior adquirido durante su formación.

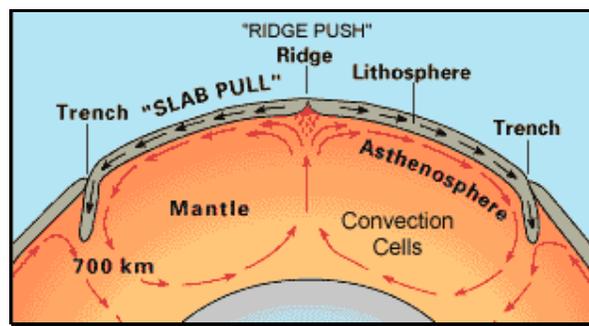


Fig. 2.3. Se puede observar las corrientes de convección (que mantienen a las placas en movimiento) que van en el mismo sentido que las placas. Imagen tomada del U.S. Geological Survey.

Así, en zonas donde dos placas se mueven en direcciones opuestas (como es el caso de la placa Africana y Americana que se separan a lo largo de la dorsal del Atlántico), las corrientes de convección forman nuevo piso oceánico, caliente y flotante, formando las cordilleras meso-oceánicas o centros de expansión.

Conforme se alejan de los centros de expansión las placas se enfrían, tornándose más densas y hundiéndose en el manto a lo largo de zonas de subducción donde el material litosférico es fundido y reciclado.

Una analogía frecuentemente empleada para describir el movimiento de las placas es que éstas "flotan" sobre la astenosfera como el hielo sobre el agua. Sin

embargo, esta analogía solo es parcialmente válida ya que las placas tienden a hundirse en el manto como se describió anteriormente.

El **modelo global** actual relacionado a las placas tectónicas, crea un sinfín de interacciones que hace que las placas se unan entre sí o se fragmenten, haciendo que los océanos se extiendan, las montañas se levanten, etc. Cuando se crea nueva corteza en los fondos marinos, se destruye corteza en las trincheras oceánicas y se producen colisiones entre continentes que modifican el relieve (Tomada de Internet: www.astromia.com/tierraluna/tectonica.htm). Todo esto influye de forma muy importante en la evolución y desarrollo de los seres vivos.

2.1.1.1.1. Placas Tectónicas del Mundo:

Las diferentes placas se desplazan con velocidades del orden de 5 cm/año aproximadamente.

Existen en total 12 placas principales: Africana, Antártica, Arábiga, Australiana, Euroasiática, Filipina, India, Juan de Fuca, **Nazca**, Pacífica, Norteamericana y la **Sudamericana** (Fig. 2.2). Los Andes resultan de la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamericana.

Estas, junto a otro grupo más numeroso de placas de menores dimensiones se mueven unas contra otras creando tres tipos de bordes; convergente, divergente y transformante.

La **Placa de Nazca** es una placa tectónica oceánica que se encuentra en el Océano Pacífico oriental, junto a la costa occidental de Sudamérica.

El borde oriental de la placa de Nazca se encuentra en subducción bajo la placa Sudamericana, lo que ha dado origen a la Cordillera de los Andes y a la Fosa Chileno-Peruana (Fig. 2.4).

2.1.1.2. Zonas de expansión oceánica:

En los fondos oceánicos, las placas que se separan crean una abertura que permita la subida de material proveniente del manto (Fig. 2.5), de roca fundida (magma) de la astenósfera, que puede fluir. Cuando llega a superficie sufre cambios físico-químicos al perder gases y entrar en contacto con el agua del fondo del mar. Al descender su temperatura se convierte en nueva corteza oceánica.

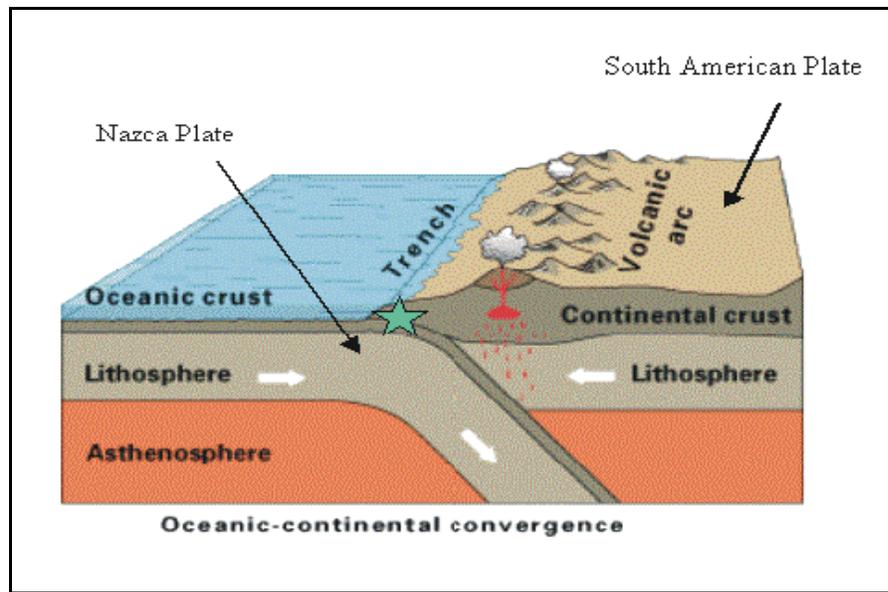


Fig. 2.4: Se muestra la zona de colisión entre la placa de Nazca y la placa Sudamericana (margen continental activo). Trench = Fosa Perú - Chile.

Al continuar separándose las placas, la nueva corteza oceánica es impulsada hacia los flancos de la cresta dejando lugar al ascenso de material del manto. El material que asciende está muy caliente, y se transmite parte de este calor al material que tiene cerca, el cual empuja el material que tiene encima, dando lugar a las grandes elevaciones sobre el nivel medio del fondo marino que presentan las dorsales oceánicas.

Las placas siguen separándose y el nuevo fondo, cada vez más frío, se aleja del

centro de expansión; la nueva corteza oceánica se va enfriando, volviéndola más densa y más pesada, ejerciendo más presión sobre el material de la astenósfera por tanto desciende..

2.1.1.3. Zonas de subducción (oceánica, continental):

Las zonas de subducción son regiones extremadamente dinámicas que se dan en la superficie de la tierra. Ellas son los lugares de colisión entre las placas tectónicas (Fig. 2.6), donde la placa subductante es llevada a profundidad dentro del manto de la tierra por debajo de una placa ya establecida. En la zona de colisión, es donde ocurren numerosos procesos metamórficos, deformacionales y tectónicos. Más notorio aun, son los sedimentos del lecho marino que se acumulan sobre la placa subductante y que forman cuñas de acreción sobre la zona de subducción, generando miles de metros de espesor, que son apilados, cocinados, y levantados. Algunos de los sedimentos también pueden ser llevados sobre el plano de subducción a grandes profundidades.

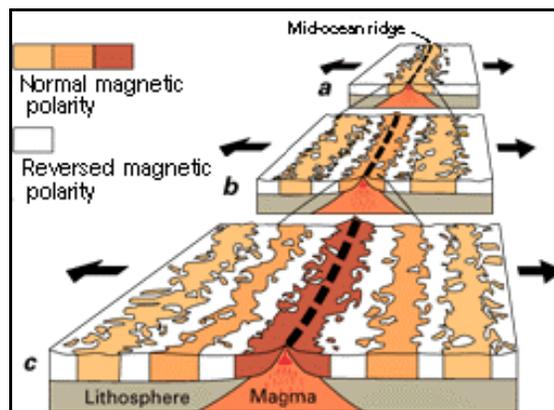


Fig. 2.5: La figura muestra el proceso de expansión oceánica: la separación en sentido opuesto de las placas, crea el espacio para la ascensión del material magmático, el cual será el material que creará las dorsales meso-oceánicas (tomado de html.expansion-fondo-marino.html).

La creación de nuevos fondos oceánicos debe ser compensada mediante la subducción de placas antiguas.

En los extremos de dos placas, una continental y otra oceánica, la placa

oceánica tiende a hundirse, porque es más pesada que la astenósfera, mientras que la placa continental flota por ser más ligera, menos densa (Fig. 2.6). En consecuencia, la placa oceánica se hunde bajo la continental y regresa al manto donde las altas temperaturas la funden. Las trincheras oceánicas son, por tanto, zonas de subducción donde se consumen las placas tectónicas.

2.2. LOS ANDES Y LAS CUENCAS DE ANTEARCO PERUANAS:

2.1.2. CUENCAS DE ANTEARCO:

Las Cuencas de márgenes convergentes son Cuencas relacionadas a las activas zonas de subducción del tipo Benioff y a arcos magmáticos (Cuencas de Antearco). La zona de Benioff es el plano de sismicidad asociada con la placa oceánica subductante, en donde a profundidades menores de 300 Km, los mecanismos focales son tensionales, y a profundidades mayores estas son compresionales (Allen y Allen, 1990).

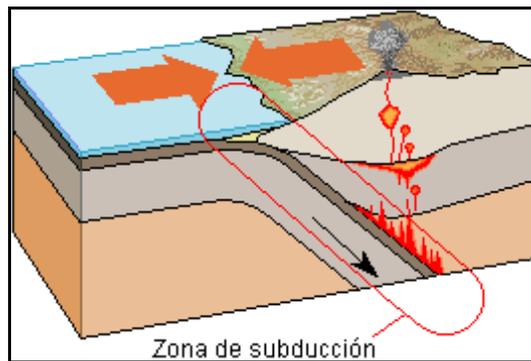


Fig.2.6: Zona de subducción: la placa subductante (placa de la izquierda) es la placa menos densa (placa oceánica).

Según Miall (2000), una Cuenca de Antearco es un complejo de subducción que forma una terraza o una dorsal al frente de un arco volcánico, generando una depresión que actúa como trampa sedimentaria.

La Formación de una Cuenca de Antearco se genera por la flexura y subducción de una placa oceánica. La flexura o la inclinación descendente de esta placa

durante la subducción invariablemente genera un fracturamiento y fallamiento. Con una abundante carga y desarrollo sedimentario, la Cuenca de Antearco forma una depresión topográfica, el cual actúa como una trampa sedimentaria con un espesor considerable de sedimentos (Tankard, 2002).

Las Cuencas de Antearco contienen un registro casi continuo de sedimentación marginal activa durante la convergencia de placas. La arquitectura estratigráfica en Cuencas de Antearco refleja los cambios en el espacio de acomodación, el cual deriva de la interacción de la tectónica, carga de sedimento, y actuación del eutatismo en el vacío de la fosa del arco.

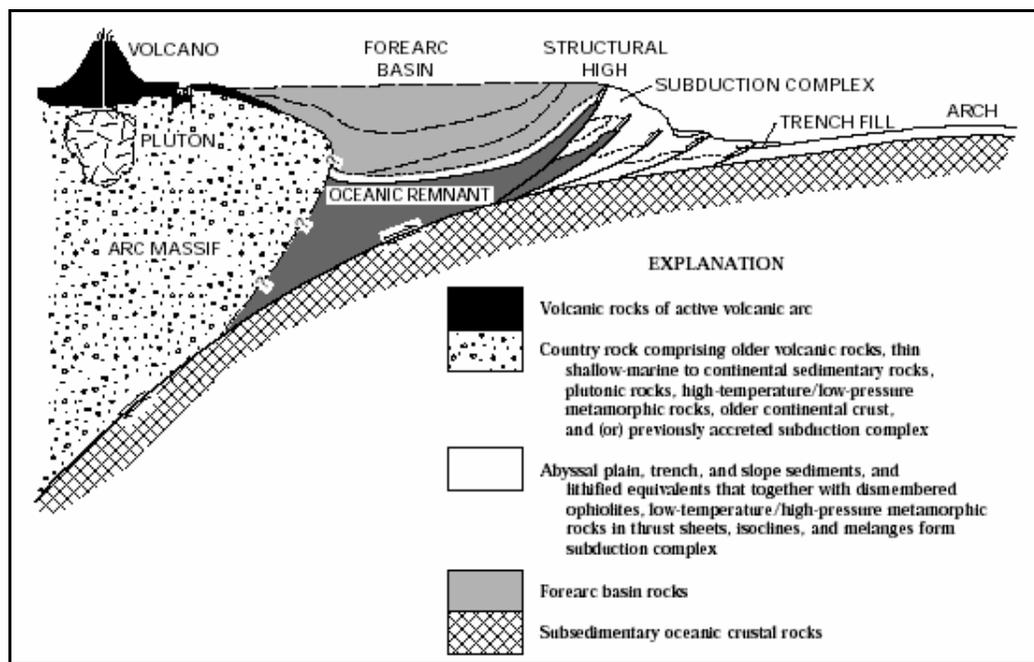


Fig. 2.7: Sección esquemática de un margen tipo Pacífico mostrando la posición de la Cuenca de Antearco con respecto a los volcanes y plutones, y el complejo de subducción (cuña acrecionaria) a lo largo del muro interno de la trinchera. Modificada de Dickinson y Seely (1979).

La escena tectónica para una Cuenca de Antearco está en los márgenes de placas convergentes (en las zonas de subducción) y entre los ejes de las trincheras y arcos magmáticos paralelos específicamente en las zonas de subducción de los contactos entre placas oceánicas - continentales.

2.1.2.1. Principales Cuencas tipo Antearco en el Perú:

Todas las Cuencas que se hallan actualmente en zócalo continental tienen la denominación como Cuenca tipo “Antearco”. Actualmente, la Cuenca Lancones también tiene esta calificación; pero existen también muchas propuestas diferentes por varios autores, algunos mencionan que es una Cuenca extensional (Kennerley, 1973), o una Cuenca marginal abortada (Aguirre, 1993),



Fig. 2.8: Principales Cuencas petrolíferas del Perú. En el flanco occidental del Perú se observa las Cuencas de tipo Antearco, como las Cuencas Tumbes, Lancones, Talara, Sechura, Salaverry, Trujillo, Lima, Pisco, y Mollendo.

o una Cuenca Antearco transcurrente (Jaillard et al., 1999), que sugiere que la evolución de la zona de Antearco peruana es compleja.

Las Cuencas mar adentro como Tumbes - Progreso, Talara (gran porcentaje), Sechura (en parte), Trujillo, Salaverry, Lima, Pisco, y Mollendo tienen también la denominación Antearco. (Ver mapa - Fig. 2.8).

La historia cenozoica de las Cuencas de Antearco del Perú es controlada por la subducción de la placa de Nazca. Los parámetros más importantes que afectaron el régimen de subducción y consecuentemente controlaron la tectónica de las Cuencas de Antearco son: (1) las variaciones en los regímenes relativos de convergencia y subducción; (2) las variaciones en la dirección de convergencia; y (3) las variaciones en el ángulo de subducción (Azálgara, 1993).

2.3. LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES:

2.3.1. UBICACIÓN Y LÍMITES:

Las Cuencas Talara y Lancones se hallan en el NW del Perú cubriendo una vasta extensión de oeste a este, ambas paralelas a los Andes. La depresión de la Cuenca Talara se muestra elongadamente con un rumbo NE - SW; actualmente esta Cuenca está en parte dentro del continente, y la mayor parte se halla en el zócalo continental. Por otro lado, la Cuenca Lancones está netamente en el continente.

El borde oriental de la parte norte de la Cuenca Talara (Región Máncora) está delimitado por la montaña de los Amotapes (Fig. 2.9), Su límite nor-occidental está dado en parte por el Banco Perú, siendo esta la barrera marginal de la Cuenca. El límite sur está marcado por el levantamiento o prolongación de la Cadena de los Amotapes (Arco de Paita, Fig.3.13).

Los sedimentos que conforman la región Máncora (parte norte Cuenca Talara)

son en su mayoría cenozoicos, principalmente del sistema paleógeno - neógeno. Subyacente a ellas se encuentra la base paleozoica denominada la Formación Amotape del pensilvaniano principalmente.



Fig. 2.9: Posición estructural de las Cuencas Talara y Lancones. Imagen tomada del Reporte de Pluspetrol, 2002.

La Cuenca Lancones por su parte tiene un rumbo NNE - SSW. Ella se encuentra limitada en su parte occidental por la Cadena montañosa de los Amotapes (Fig. 2.10), junto con una de las fallas lístricas: falla Cuzco-Angolo (Fig. 4.3). En su parte oriental, la Cuenca Lancones está aledaña a las cadenas montañosas de la

Cordillera occidental y al sur por el río Chira, probablemente prolongándose a mayor distancia y por debajo del desierto de Sechura (Fig. 2.9).

La Cuenca Lancones está rellena por sedimentos mesozoicos al norte de la falla Huaypirá (principalmente del cretáceo inferior a superior). Al sur de la falla Huaypirá, cambia la cobertura de sedimentos, siendo estos del paleógeno (eoceno medio-inferior y paleoceno), suprayacente a los sedimentos cretáceos.

2.3.2. ESTRATIGRAFIA REGIONAL:

Este acápite tiene la finalidad principal de presentar las características litológicas de cada Formación, dando a conocer su ambiente de depositación y las facies propias para su reconocimiento. También trata de implementar los factores soslayantes que ayudan a determinar las secuencias estratigráficas, enfocando su mayor régimen evolutivo a nivel de Cuencas, en relación a su cambio vertical como lateral; utilizando las descripciones de las Formaciones en base a bibliografía y observaciones de campo, haciendo hincapié en ellas que son de interés en el sistema petrolero.

Se presentan las Formaciones sedimentarias separadas en 2 columnas, una para la Cuenca Lancones y la otra específicamente para el área Carpitás de la parte norte de la Cuenca Talara (Figs. 2.11 y 2.13 respectivamente).

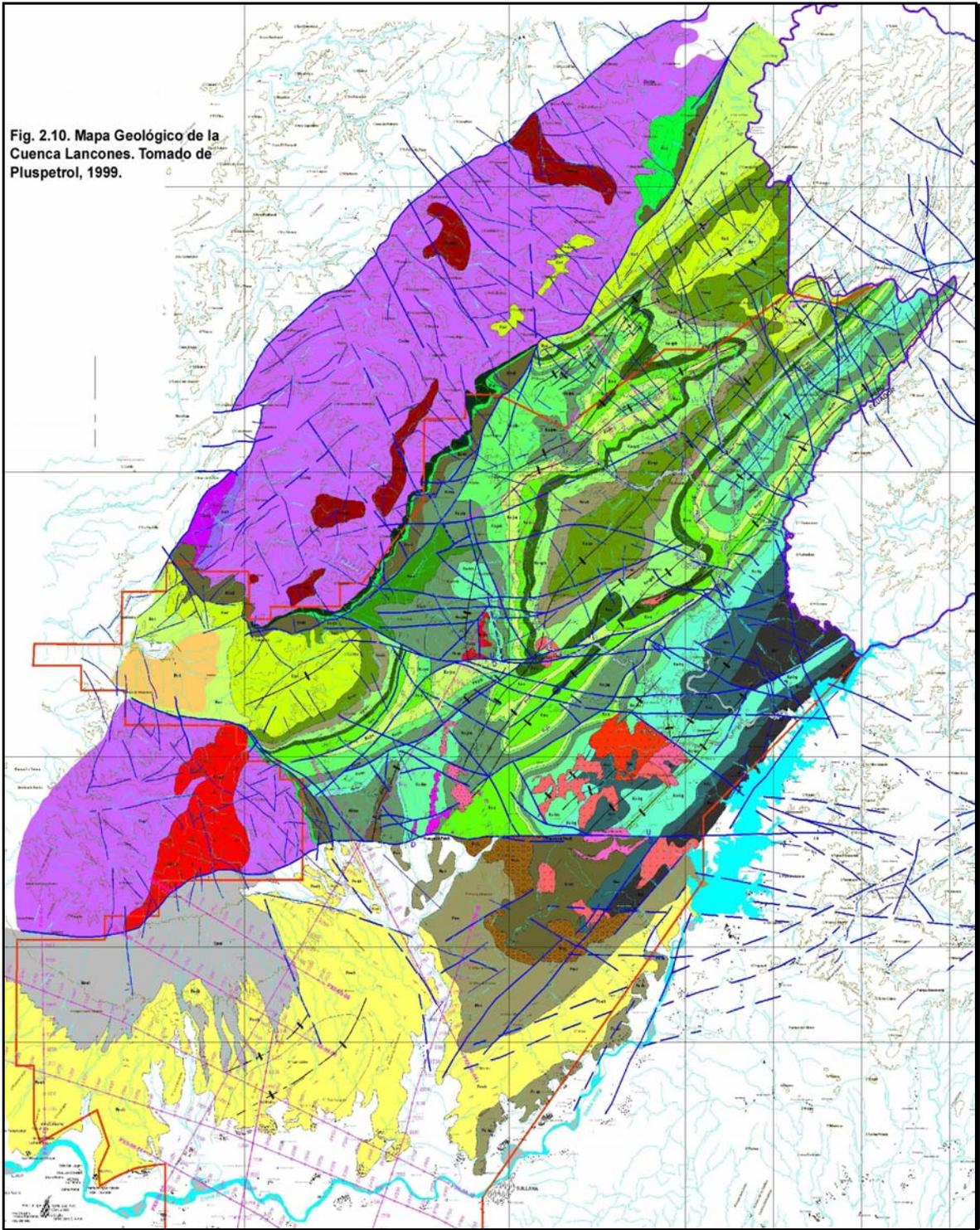
A) CUENCA LANCONES:

A-1. PALEOZOICO:

A-1.1. FORMACIÓN AMOTAPE:

Es el substrato de las Cuencas Talara y Lancones, existiendo afloramientos como en el Cerro Illescas, Cerro Paita y Montaña de Amotapes (Fig.3.13) que es

Fig. 2.10. Mapa Geológico de la Cuenca Lancones. Tomado de Pluspetrol, 1999.



de edad pensylvaniana, los afloramientos de la Formación Amotapes principalmente es la base de las Cuencas en Estudio.

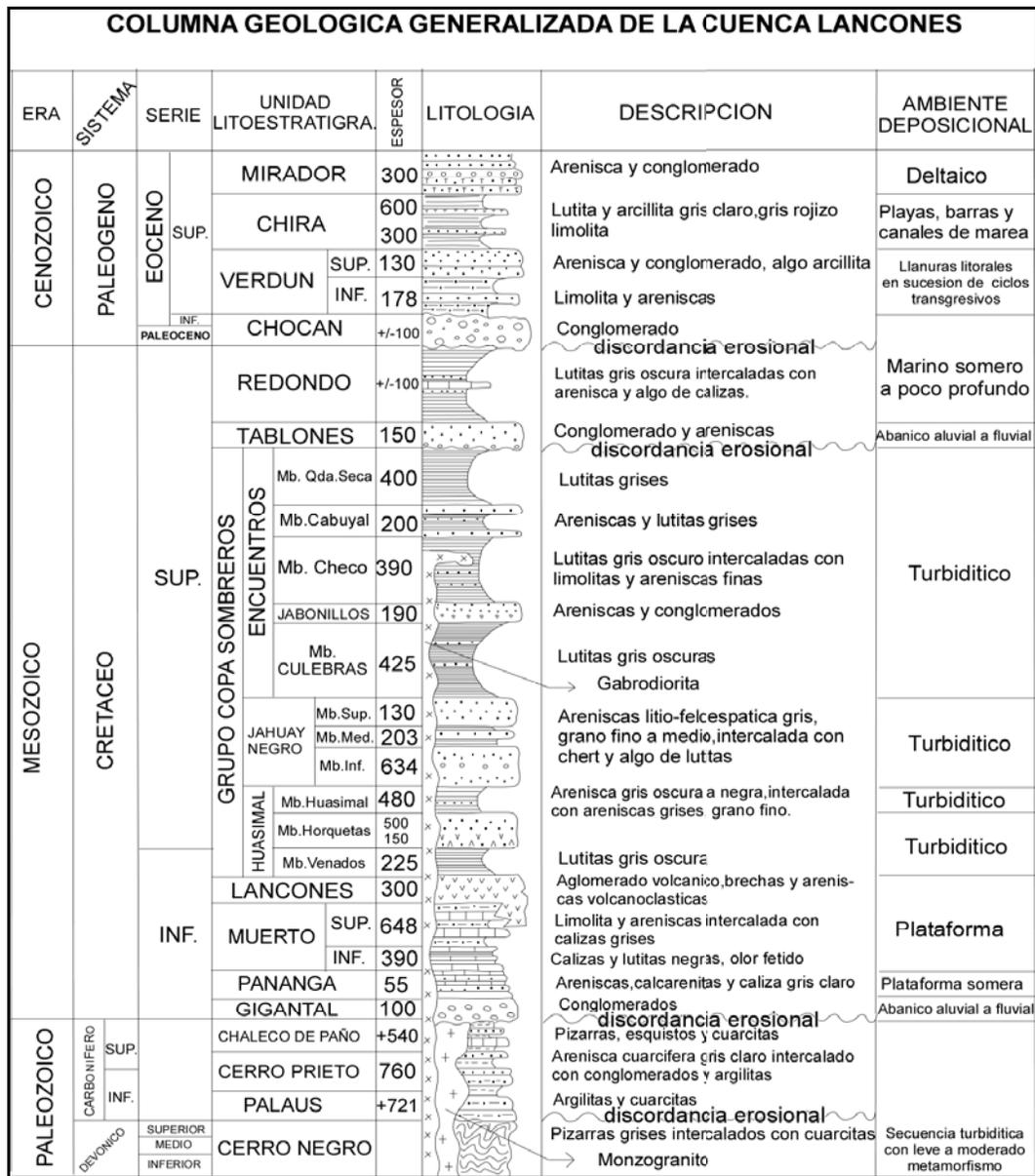


Fig.2.11: Columna geológica generalizada para la Cuenca Lancones, tomada del Reporte de Perupetro, 1986, editada por Pluspetrol, 1999 y Revisada por BPZ, 2005).

La montaña de Amotapes es la principal evidencia de formaciones paleozoicas de la zona de investigación. Tiene aproximadamente 1000 m de altura y está afectada por varios procesos orogénicos, de diferentes edades que ahora

muestra en conjunto un patrón de rocas alteradas. Martínez (1970) las dividió en 4 formaciones: Formación Cerro Negro (Devoniano), Chaleco de Paño (Mississipiano), Cerro Prieto (Pensilvaniano) y Palaus (Pérmico) (Informe Perupetro Ochoa, 1983).

Básicamente se componen de facies de filitas, cuarcitas y pizarras esquistosas con variaciones de grados de metamorfismo, esto se observa en la quebrada Potrerillos (Foto 2.1), tiene intrusiones en diferentes partes, de granitos en su mayoría de tonalidad rosácea, con abundantes micas, ortosa, plagioclasa y cuarzo.

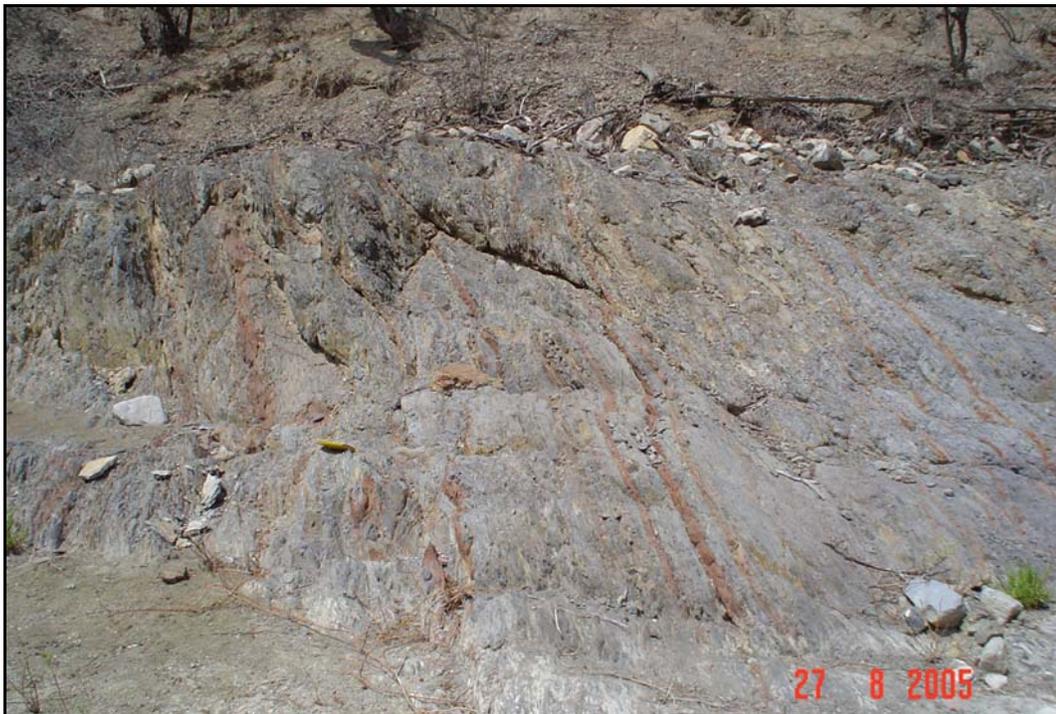


Foto 2.1: Intercalaciones de filitas y cuarcitas de poco espesor del paleozoico inferior en la quebrada del Potrero. Flanco occidental de la Cuenca Lancones.

Las rocas del substrato paleozoico mantienen una relación estrecha y una geometría estructural con rocas cretáceas, paleógenas y neógenas. Hallazgos recientes el realizado por la Compañía Petro-tech Peruana S.A. en el zócalo de la Cuenca Sechura, 2005 encontraron petróleo en rocas del paleozoico, lo cual

generará mayor investigación en la búsqueda de petróleo en estos tipos de reservorios debido a la porosidad secundaria.

A-2. MESOZOICO:

Del Mesozoico se ha reportado la secuencia cretácea superior con más de 6000 metros de espesor, desde el albiano hasta el campaniano - maestrichtiano, de ambiente marino influenciado por rocas volcánicas en la parte oriental de la Cuenca.

A-2.1. FORMACIÓN GIGANTAL:

La depositación de la secuencia cretácea en la Cuenca Lancones se inició con la sedimentación conglomerádica en el aptiano- albiano, marcando así su ciclo depositacional. Esta Formación se caracteriza por enormes bloques de cantos



Foto 2.2: Conglomerados de la Formación Gigantal en la entrada de la quebrada Potrerillos, cerca al pueblo El Angolo.

rodados, guijarros y conglomerados cuarcíticos derivados de las rocas paleozoicas que se hallan en el flanco oriental de la cadena montañosa de los Amotapes (Foto 2.2), esta Formación también presenta argilitas con matriz limo arenosa. La Formación Gigantal se encuentra en discordancia angular sobre el paleozoico con un espesor de aproximadamente 100 metros. Aparentemente por sus características faciológicas, es de ambiente fluvio-aluvial (Reporte Pluspetrol, 2002).

Un estudio petrográfico realizado por LCV para Pluspetrol Perú S.A. en el 2001 incluye muestras de la quebrada Gramadal, determinándolas como arena lítica a conglomerádica muy apretada y cementada con porosidad máxima de 3%. (Reporte BPZ, 2005).

A-2.2. FORMACIÓN PANANGA:

Denominada como las Calizas Pananga, depositadas directamente sobre el conglomerado Gigantal (Iddings y Olson, 1928). Presenta secuencias de bancos calcáreos claros con tonos grisáceos, asimismo presenta horizontes calcoareníticos fosilíferos y dolomita en bloques exóticos. En la quebrada Gramadal, descansa en discordancia sobre el paleozoico (Fotos 2.3 y 2.4). La Formación Pananga es de ambiente de plataforma, variando a plataforma somera y playera, de energía moderada a alta. (Reyes, 1987). Por otro lado, en la Cuenca Talara, Serrane en 1987 la determinó como de un ambiente de plataforma carbonatada somera de bastante energía. La Formación Pananga es de edad albiana y tiene un espesor aproximado de 55 metros (Informe de Campo Perupetro, 1987).

A-2.3. FORMACIÓN MUERTO:

La Formación Muerto tiene un espesor de 1000 metros aproximadamente



Foto 2.3: Al fondo se observa la Formación Pananga - Gigantal en contacto discordante sobre el paleozoico en la quebrada Gramadal - Potrerillos.



Foto 2.4: Contacto erosivo y angular entre calizas silico-clasticas (clastos blancos de cuarzo hacia el tope) (Pananga) y lutitas negras (paleozoico)(quebrada del Potrerillo).

y esta dividida en 2 partes. El miembro inferior consta de calizas micríticas (Foto 2.5) y margas grises oscuras en capas laminadas y lajosas, intercaladas con areniscas calcáreas gris verdosa que contienen almohadillas calcáreas y arcillitas. El miembro superior contiene limolita gris oscura intercalada con lutitas astillosas con calizas gris oscuras y también con areniscas arcósicas grises de grano fino con zonas de limoarcillas negras (Foto 2.7). Estas representan la secuencia transicional de ambiente anóxico de facies carbonosas dentro de la iniciación de la sedimentación turbidítica que caracterizó el cretáceo superior en esta área. Esta Formación esta caracterizada por su litología de ambiente de plataforma profunda a moderada, anóxica con pulsos subsidentes, ocasionando la muerte y acumulación de Amonites (Foto 2.6). Esta datada como de Edad albiano (Reporte de Campo de Perupetro, 1987).



Foto 2.5: Contacto erosivo y angular entre calizas silico-clásticas (clastos blancos de cuarzo hacia el tope) (Pananga) y lutitas negras (paleozoico) (quebrada del Potrero).

En la Formación Muerto se han reconocido los amonites *Oxytropidoceras* sp, *Lyellioceras* sp, *Perviquieria* sp y *Venezoliceras*, datadas del albiano medio, también fauna de foraminíferos planctónicos como *Heterohelix reussi* y

moremani (Reporte de Campo de Perupetro, 1987).



Foto 2.6: Amonite en calizas Muerto.



Foto 2.7: Intercalaciones de lutitas arenosas y lutitas calcáreas o calizas lutáceas de color negro. Camino quebrada Angelitos. R: N48, 18SE.

La Formación Muerto es considerada como la principal roca generadora de hidrocarburos de las Cuencas Talara y Lancones. El pozo Abejas 1-X cortó aproximadamente 90 m de esta Formación (Reporte final del Pozo Abejas 1-X).

A-2.4. FORMACIÓN LANCONES:

Esta Formación se inicia con flujos lávicos andesíticos, aglomerados volcánicos y flujos de ignimbritas masivas de color marrón rojizo a gris claro intercalándose con niveles volcanoclásticos, continuando la columna con estratos irregulares de andesitas porfiríticas de color gris marrón en superficie, continúan, brechas, areniscas volcanoclásticas, culminando con lavas andesíticas fracturadas y aglomerados volcánicos (Reporte de Campo de Perupetro, 1987).

La Formación Lancones es considerada como la unidad regresiva mas alta del ciclo deposicional aptiano - albio (Reporte interno BPZ, 2005), seguido por levantamiento y erosión. Cuando finaliza la depositación de la Formación Muerto, el arco volcánico Casma - Célica llega a activarse en el flanco oriental de la Cuenca.

Esta Formación tiene un espesor promedio de 300 metros en el flanco occidental de la Cuenca; el pozo Abejas 1-X la perforó aproximadamente en 100 metros. Las rocas asignadas para esta unidad de origen volcánico afloran en el flanco oriental de la Cuenca, mas no en el flanco occidental (Reporte interno BPZ, 2005).

A-2.5. GRUPO COPA SOMBRERO:

El Grupo Copa Sombrero es una secuencia turbidítica del cretáceo. Esta se observa en todo su esplendor al norte de la falla Huaypirá, como una faja plegada con una tendencia NE - SW, alcanzando aproximadamente 3900 metros de espesor. Este Grupo se prolonga hasta el vecino país del Ecuador al norte, y por el sur se la detecta en subsuelo reflejado por las secciones sísmicas PXII-99-10 y PXII-99-12 (Fig.3.18).

A-2.5.1. FORMACIÓN HUASIMAL:

Es la unidad basal del Grupo Copa Sombrero, tiene más de 1250 metros de espesor y está datada como del cenomaniano. Esta Formación está subdividida en 3 Miembros (Reyes, 1987), los cuales son desde la base: los miembros Venados, Horquetas y Huasimal (Foto. 2.8).

A-2.5.1.1. Miembro Venados: Consiste de base al tope por la intercalación de areniscas y limolitas con fragmentos líticos de material volcánico de color gris, arcosas y areniscas tobáceas intercaladas con arcillitas, limoarcillitas gris oscuras con estratificación laminar que se intercalan con areniscas volcanoclásticas. Marca el inicio de la depositación post-albiana; tiene un espesor aproximado de 225 metros y se adelgaza hacia el flanco occidental de la Cuenca.

A-2.5.1.2. Miembro Horquetas: Empieza con areniscas volcanoclásticas de color marrón, brechas sedimentarias con clastos de arcillas, seguido por intercalaciones de limoarcillitas, limolitas y areniscas grises de grano fino, areniscas volcanoclásticas de grano grueso a medio, luego intercalaciones de arcillitas gris oscuras, limolitas y areniscas en estratos delgados. Al tope ocurren areniscas volcanoclásticas de grano grueso, areniscas conglomerádicas con matriz tobácea intercalada con limo - arcillitas y lodolitas gris oscura. Este miembro es descrito en la margen derecha del río Chira y reconocido solo en un nivel delgado en la quebrada Los Angelitos (sector occidental-Reporte Pluspetrol, 2002). Está datada de edad cenomaniano, con más de 650 metros de espesor (Reporte de Campo de Perupetro, 1987).

A-2.5.1.3. Miembro Huasimal: Consiste de una secuencia de arcillitas y limoarcillitas carbonosas de color gris oscuro, y representa el ciclo marino depositacional cenomaniano. Tiene aproximadamente 550 metros de espesor, el

pozo Abejas 1-X la perforó aproximadamente en 375 metros, de donde se cogieron 4 muestras para análisis geoquímicos, arrojando un promedio de 1.33 de TOC.

A-2.5.2. FORMACIÓN JAHUAY NEGRO:

La Formación Jahuay Negro está dividida en 3 miembros: inferior, medio y superior, los cuales corresponden al Cenomaniano. El **Miembro Inferior** consiste de areniscas líticas - feldespáticas gris parda a verdosa de granos gruesos intercalados con arcillas y limoarcillitas gris oscura y brechas sedimentarias. El **Miembro Medio** contiene limoarcillitas y areniscas líticas de color gris de grano fino (Foto 2.9) y el **Miembro Superior** contiene arcosas, areniscas líticas de color gris parduzco, con fragmentos de restos volcánicos, cuarzo, feldespatos (Reporte Pluspetrol, 2002) Toda la Formación tiene aproximadamente 1000 metros de espesor.

El pozo Abejas 1-X perforó 476 metros de esta Formación, en una arenisca de grano fino, se realizó un sidewall core simple obteniéndose 12% de porosidad

A-2.5.3. FORMACIÓN ENCIENTROS:

La Formación Encuentros consta de 5 miembros y tiene más de 1400 metros de espesor (Reporte de Campo de Perupetro, 1987). Esta se expande en 5 secuencias, mayormente turbidíticas, se muestra un gran canal turbidítico del miembro Jabonillos (Foto 2.12), dentro del ciclo depositacional del turoniano. La discordancia se marca en la base de la Formación Tablones, como una base conglomerádica transgresiva del campaniano.

A-2.5.3.1. Miembro Culebras: Consta de una alternancia de areniscas líticas gris claras con concreciones esferoidales de grano fino, añadido de una secuencia

arcillosa, limoarcillitas y arcillitas, algo calcáreas., presenta slumpings (Foto 2.11) Tiene alrededor de 425 metros de espesor, representan la unidad lutácea inicial del ciclo depositacional del turoniano. Este miembro no se halló en el Pozo Abejas 1-X.



Foto 2.8: Trocha rumbo a Casa Quemada, próximo a la quebrada Encantados. Subiendo en la serie, facies finas con paquetes de areniscas haciéndose lutácea hacia el tope (Formación. Huasimal). N115, 35SW.

A-2.5.3.2. Miembro Jabonillos: Se presenta en canales (Foto. 2.12) con estratos irregulares de areniscas líticas de grano grueso , areniscas conglomerádicas, algunas con matriz arenosa, culminando en una secuencia de areniscas gris verdosa de grano fino a grueso, estas se hallan cortadas por diques gabroides porfiríticos. Litológicamente, su columna tiene aproximadamente 190 metros de espesor; este miembro representa la unidad basal transgresiva del ciclo turoniano. Las muestras de superficie realizadas por LCV para Pluspetrol S.A (Reporte Pluspetrol, 2002) fueron descritas como areniscas lito-feldespáticas de grano fino a grueso, reportadas con una porosidad máxima de 4%.



Foto 2. 9: Bancos arenosos (areniscas líticas) con tidalitas en la base de los bancos intercalados con limoarcillitas. Quebrada Encuentros. N15, 20NW.

A-2.5.3.3. Miembro Checo: Se representa como una secuencia de arcillitas y limoarcillitas grises en tonalidades verdosas, intercalándose ocasionalmente con calizas grises y areniscas de grano fino claras. En la base se hallan diques clásticos con 10 centímetros de espesor (Reporte Pluspetrol, 2002). Se halla en discordancia suprayacente al Miembro Jabonillos, tiene 390 metros de espesor. Este miembro es considerado como una unidad lutácea marina del ciclo depositacional del turoniano (Reporte Pluspetrol, 2002).

A-2.5.3.4. Miembro Cabuyal: Posee una alternancia de areniscas líticas conglomerádicas, intercaladas con arcillitas negras y limoarcillitas gris oscuro (Foto 2.10). Tiene aproximadamente 200 metros de espesor, representando la fase terrígena del ciclo turoniano.

A-2.5.3.5. Miembro Quebrada Seca: Corresponde a una secuencia pelítica compuesta de arcillitas y limoarcillitas gris oscura a negras en parte carbonosa.

Sus 400 metros de secuencia lutácea marina forman el tope de la Formación Encuentros y la parte final del Grupo Copa Sombrero, representa el tope del ciclo depositacional turoniano, seguido de una discordancia significativa empalmando con el coniaciano y el santoniano (Reporte Pluspetrol, 2000).



Foto 2.10: Trocha rumbo a Cañas. Secuencias progradantes de areniscas y lutitas. Areniscas ondulantes de la Formación Encuentros (Turbiditas). N230, 10NW.

A-2.6. FORMACIÓN TABLONES:

Los conglomerados de la Formación Tablones se hallan en discordancia erosional sobre la Formación Encuentros. La Unidad litoestratigráfica Tablones consta de una alternancia de areniscas cuarzosas grises claras sub - redondeadas y sub- angulosas con conglomerados compuestos de cuarcitas, filitas, esquistos y areniscas envueltas en una matriz arenosa.. Esta Formación es la unidad basal transgresiva del ciclo depositacional Campaniano, tiene aproximadamente 150 metros de espesor y es de probable ambiente fluvial, quizás en conos aluviales.



Foto 2.11: Formación Encuentros en zona de deformación gravitacional (slumping), las lutitas sellan la deformación. Quebrada Encuentros.

A-2.7. FORMACIÓN REDONDO

La Formación Redondo consiste de lutitas gris verdosas oscuras, intercaladas con areniscas limolíticas y limoarcillitas grises con nódulos calcáreos de calizas negras. Tienen aproximadamente mas de 1000 metros de espesor, es la secuencia lutácea marina del ciclo depositacional campaniano. Esta Formación puede ser considerada como roca generadora de hidrocarburos (Reporte Pluspetrol, 2000).

A-3. CENOZOICO:

A-3.1. EOCENO:

Las formaciones eocénicas (Chira, Verdun, Mirador) en la Cuenca Lancones se hallan al sur de la Falla Huaypirá, todas forman parte del conjunto estratigráfico de la Cuenca Talara, confirmando la relación sedimentaria y de

deposición con la Cuenca Lancones (Fig.3.14). Estas formaciones serán descritas dentro del contexto paleógeno-neógeno de la Cuenca Talara, la mayoría de las formaciones fueron atravesadas por el pozo Abejas 1-X.



Foto 2.12: Canal turbidítico-debítico, (turbiditas de base de talud) encima de Huasimal y Jahuay Negro (turbiditas de paquetes amalgamados). En quebrada Seca.

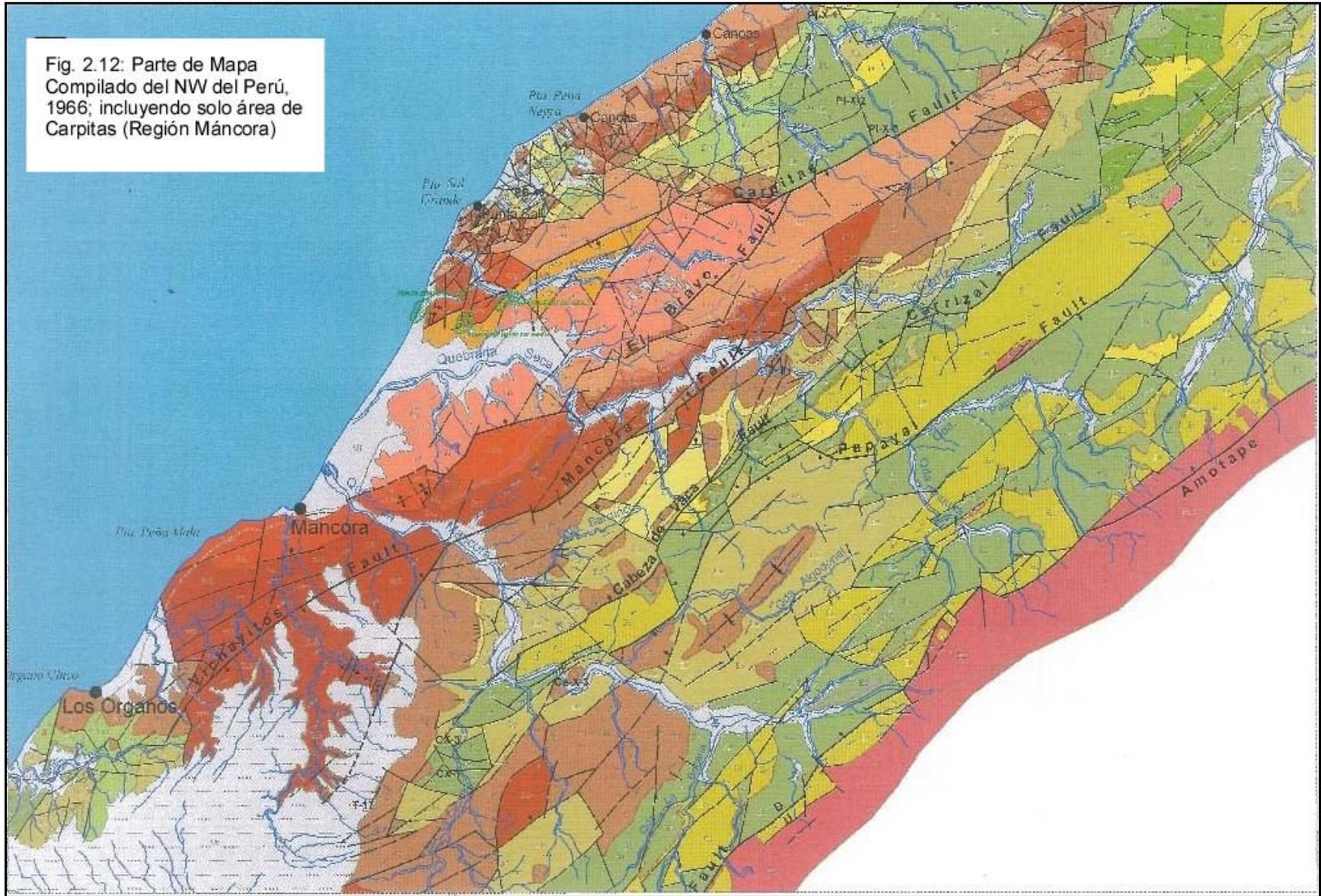
B) CUENCA TALARA:

En este acápite se describirán las principales formaciones mayormente relacionadas al cenozoico dentro de la Cuenca Talara.

B-1. CENOZOICO:

Las principales unidades estratigráficas de este sistema se hallan en la Cuenca Talara, especialmente en la zona de interés. Dentro de la Cuenca Talara se describe principalmente a las formaciones atravesadas en su mayoría por los pozos considerados en esta tesis.

Fig. 2.12: Parte de Mapa
Compilado del NW del Perú,
1966; incluyendo solo área de
Carpitas (Región Máncora)



ERA	SISTEMA	SERIE	UNIDAD LITOSTRATI.	ESPESOR	LITOLOGIA	DESCRIPCION	AMBIENTE DEPOSITACIONAL	
CENOZOICO	NEOGENO	PLEIST.		?				
		MIOCENO	HEATH	3000?		Lutitas de color marrón oscuro, variando a grises claras, con intercalaciones de limolitas oscuras, lutitas micromicáceas y microcarbonosas, fracturadas y rellenadas de yeso.	MARINO	
	PALEOGENO	OLIGOCENO	MANCORA	1000		Areniscas conglomerádicas, conglomerados e intercalaciones de lutitas abigarradas.	MARINO SOMERO FLUVIAL	
			PLATERITOS	140				
			MIRADOR	1050		Arenas de Qz. de grano grueso a conglomerádico.	DELTAICO	
		EOCENO	CHIRA-VERDUN	1450		Lutitas de color marrón oscuro, grisáceo, ocasionalmente intercaladas con limolitas grises verdosas.	DISTALES TURBIDITAS	
			TALARA	2000		Conglomerados y areniscas de color gris claro.	PROXIMALES	
			BRECHAS TALARA				Lutitas de color marrón parduzca, intercaladas con horizontes de areniscas y microconglomerados	TURBIDITICO DELTAICO
			ECHINO	100		Lutitas consistentes no deformadas.		
			OSTREA	+4500		Areniscas de color gris claro, algo verdosa, de grano fino a grueso, con horizontes de areniscas conglomerádicas de Qz. blanco, todas intercaladas con lutitas abigarradas grises, compactas y micáceas	MARINO SOMERO FLUVIAL DELTAICO	
			MOGOLLON	1600		Areniscas grises de grano fino a medio con horizontes de conglomerados de Qz. blanco lechoso	FLUVIAL	
			SAN CRISTOBAL	600		Lutitas grises oscuras, micáceas, compactas, intercaladas con limolitas y areniscas finas.	FLUVIA DELTAICO	
	TRIGAL	200		Conglomerados de Qz. blanco	FLUVIAL			
	PALEOZOICO		AMOTAPE	?		Cuarcitas blancas y grises, intercaladas con argilitas y esquistos grises.		

Fig.2.13: Columna geológica generalizada para el área de Carpitás (parte norte de la Cuenca Talara). Tomada de Reporte de GMP, 1993, actualmente editada.

B-1.1. FORMACIÓN SAN CRISTOBAL:

Esta Formación aflora principalmente al sur de la Cuenca Talara, está

constituida de areniscas y limonitas con pequeños niveles conglomerádicos, aumentando su granulometría hacia el norte. En la línea sísmica de quebrada. Máncora (Fig. 3.11) se ven pozos que cortan esa Formación (Pozos Ba-X-1 y Man-01) (Reporte de Pozos Ba-X-1 y Man-01) al este de la sección. Tiene aproximadamente 600 metros de espesor y su ambiente de depositación es básicamente un delta progradante, variando de frente deltaico a episodios fluviales (Serrane, 1987).

B-1.2. FORMACIÓN MOGOLLON:

Está compuesta de areniscas grises de grano fino a medio hacia el tope, y de conglomerados de cuarzo blanco y cuarcitas, con lutitas grises y abigarradas micáceas hacia la base. Aflora en la salida de la quebrada La Bocana donde forma una torre de un conglomerado heterogéneo, anguloso y muy duro (Foto.2.13) (R: N135, N155), y que son muy similares a las facies que se



Foto 2.13: Facies Mogollón en quebrada Cerezito, secundaria a la quebrada. La Bocana.

encuentran en las cabeceras de las quebradas Pariñas y Gramadal.

En el subsuelo, esta Formación es cortada por los pozos AM-125 en la sección de quebrada Seca y por los pozos Man-X-2, Ba-X-1, Ce-X-1 (357 m) y Man-01 en la sección de quebrada Máncora (Fotos. 3.10, 3.11) (Reporte de pozos).

A la Formación Mogollón se la interpreta como un sistema fluvial anastomosado de alta energía y de gran capacidad de transporte, muy proximal, indicando la existencia de conos aluviales al este. Está datada como del eoceno inferior (Reporte GMP, 1993).

B-1.3. FORMACIÓN OSTREA-ECHINO:

Esta Formación aflora principalmente al este de la Cuenca Talara, está constituida de areniscas medias a gruesas de color gris hasta conglomerádicas en bancos masivos, intercalados con lutitas y limonitas, en secuencias que presentan “foresets” de progradación. Gran parte de la sección es una alternancia de facies fluviales con estructuras festoneadas (Foto. 2.14) y secuencias con facies de plataforma. En los registros eléctricos de pozos en la parte inferior del Ostrea siempre se observan varias secuencias progradantes (grano y estrato - creciente hacia arriba). Estos afloramientos han sido reconocidos en las quebradas Máncora-Fernández y Cerecito. Los bancos son de areniscas finas a medias hasta conglomerádicas.

Está datada como del eoceno inferior (Reporte GMP, 1993) y tiene más de 4500 metros de espesor. Su ambiente depositacional es un sistema fluvio deltaico muy cercano a la plataforma, dominado por olas y corrientes marinas (IFEA, 1987).



Foto 2.14: Estructuras festoneadas de la Formación Ostrea - Echino. quebrada. Cerecito.



Foto 2.15: Brechas Talara selladas por una secuencia transgresiva

B-1.4. GRUPO TALARA:

La parte inferior del Grupo presenta pocos afloramientos, se le reconoce en niveles no deformados de lutitas consistentes (Foto. 2.18), infrayaciendo a los depósitos de las brechas sedimentarias tipo Talara. La 2da unidad nominada Brechas Talara, se encuentra en casi todos afloramientos de las quebradas visitadas; esta se presenta como una mega brecha, interpretada como el resultado de deslizamientos gravitacionales de borde de plataforma (Monges, Reporte BPZ, 2005).

Foto 2.16: Detalle de la secuencia transgresiva que sella las Brechas Talara.



En la quebrada Máncora, existe un afloramiento clave, donde se observa como un nivel transgresivo sobreyace en contacto directo y discordante (Foto. 2.16). Este nivel sella la unidad Brechas Talara y toda su deformación (Foto. 2.15), interpretándose que las Brechas Talara constituyeron un depósito sedimentario que se generó al borde de la plataforma en el eoceno medio. El informe de BPZ Energy (2005) cita la Muestra M-69 de datación de las Brechas Talara de la quebrada Plateritos, del punto TUM-449, cuya litología es arcillosita marrón, deleznable da una edad relativa del eoceno medio con un paleoambiente marino de plataforma.

La parte superior del Grupo Talara se observa muy bien en la quebrada Pozo - Cabo Blanco. En esta quebrada, se encontró a las Brechas Talara (Foto. 2.17) cubierta por varios apilamientos potentes de secuencias grano y estrato crecientes de plataforma (Foto. 2.18). Las secuencias apiladas están constituidas de sedimentos clásticos finos, también de conglomerados mas gruesos y



Foto 2.17: Olistolitos de la unidad Brechas Talara (ebt) en quebrada Pozo Cabo Blanco, Máncora.



Foto 2.18: Secuencias grano-estrato crecientes de Talara superior en quebrada Cabo Blanco.

potentes, entre estas secciones potentes se tiene lutitas negras con probable

contenido orgánico. Interpretamos este apilamiento como el depósito y la construcción de una plataforma marina que someriza paulatinamente por la progradación de un sistema deltaico, el cual es ahogado por pulsos de subsidencia, controlados probablemente por tectónica distensiva que abre gradualmente a la Cuenca, haciendo retroceder al delta, y este al encontrar un nuevo espacio generado por la subsidencia se instala nuevamente por el amplio aporte de sedimentos desde las partes mas altas.

B-1.5. FORMACIÓN CHIRA-VERDUN:

Secuencialmente, la Formación Verdun, clástica, sería la parte basal y media del sistema mega turbidítico, y la Formación Chira, arcillosa, sería la parte mas fina, distal y superior del sistema. Observando este gran sistema y aceptando los nuevos conceptos de estratigrafía secuencial, se acepta la variación lateral de las facies y se pauta los diferentes contactos establecidos normalmente según la litoestratigrafía, en el cual arealmente no tiene que encontrarse siempre todas las secuencias de facies gruesas por debajo de las finas. Observando las variaciones de las facies finas y gruesas en secciones poco potentes, y las diferenciaciones de repeticiones secuenciales mostrándose grano y estrato decrecientes hacia arriba, es considerada como una megasecuencia transgresiva y / o retrogradante, dado que las secuencias de las facies dístales se acomodan progresivamente por encima de las facies mas proximales.

La Formación Chira - Verdun (Informe BPZ, 2005) está relacionada según esta interpretación en un sistema mega - turbidítico, comenzando con la Formación Chira como las facies mas finas y dístales de lutitas marrones y verdosas (Foto. 2.21). Este sistema tendría en sus facies mas el relleno de grandes canales que erosionan el talud pre- existente y también el apilamiento de secuencias conglomerádicas muy gruesas con facies debríticas conocido como la Formación Verdun.



Foto 2.19: Canal Turbidítico relacionado con la Formación Verdun, erosionando a la subyacente Brecha Talara en quebrada Seca - Carrizales.



Foto 2.20: Foto mas al detalle de cómo sella el canal turbidítico Verdun a las mega brechas Talara.



Foto 2.21: Turbiditas finas distales. Típica facies Chira en quebrada Seca.

Esta Formación es del eoceno superior, y tiene aproximadamente 1450 metros de espesor para esta parte de la Cuenca. La Formación Chira - Verdun es un complejo de canales turbidíticos a mega turbidíticos (Foto. 2.19 y 2.20).

B-1.6. FORMACIÓN MIRADOR:

La Formación Mirador ocurre en forma tabular con arenas y conglomerados de cuarzo de grano grueso relativamente poco potente (10 a 12 m), pero con bancos macizos y bien definidos, aflora nítidamente en quebrada Seca. Presenta clinofomas de gran escala (estructuras tipo Gilbert delta) (Fotos. 2.22 y 2.23) que la definen como unidad depositada en un ambiente deltaico. A nivel regional tiene aproximadamente 1050 metros de espesor (Reporte GMP, 1993), en el área a lo máximo se observó unos 100 metros de espesor. Generalmente, son arenas y conglomerados bien retrabajados con clastos redondeados y pueden constituir un buen reservorio de hidrocarburos. Su edad referencial es datada como del eoceno superior.



Foto 2.22: Formación Mirador y la famosa estructura tipo “Gilbert delta” con clinoformas de gran escala. En quebrada Seca.

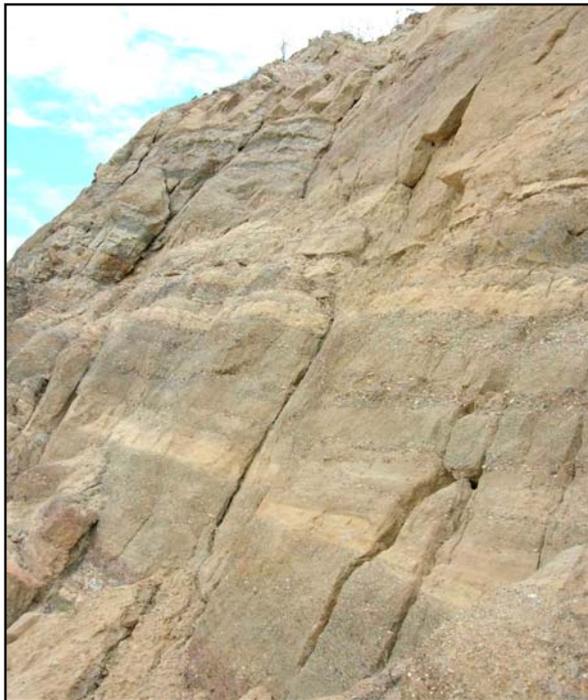


Foto 2.23: Formación Mirador con la estructura tipo Gilbert Delta a mayor escala. Quebrada Seca.

B-1.7. FORMACIÓN PLATERITOS:

La Formación Plateritos es el miembro basal de la Formación Máncora, es la unidad geológica mas conspicua y resaltante de esta región (Reporte BPZ, 2005) Es de color blanco, y resalta a mucha distancia (Foto. 2.24), presenta sus facies de conglomerados continental, fluvial y aluvial con alto contenido de cuarzo, anguloso y niveles con superficies endurecidas rojiza a violácea indicando exposición subaérea a batimetría cero. Sus facies blancas por el alto porcentaje de cuarzo se interpreta como el resultado de la erosión de montañas de granito, expuestas cerca del borde de la Cuenca, accionadas probablemente por fallas del inicio de la Cuenca Tumbes (Reporte interno BPZ, 2005) En la zona estudiada, su espesor es variable, generalmente, esta Formación tiene 140 metros a nivel regional (Reporte interno BPZ, 2005), esta Formación es limite de las Cuencas Tumbes y Talara. La edad es aproximadamente del oligoceno inferior.



Foto 2.24: Formación Plateritos (oligoceno) en la escarpa de la falla Carpitás. Las limolitas marrones subyacentes son probablemente pleistocenas relleno del semi-graben de la quebrada Carpitás (ver sección estructural, Fig.4.4).



Foto 2.25: La Formación Máncora de fondo y el miembro basal Plateritos delante en quebrada Plateritos.

B-1.8. FORMACIÓN MÁNCORA:

La Formación Máncora, es una unidad muy potente que alterna sedimentos gruesos fluviales con niveles marino someros, tiene potentes intercalaciones de lutitas de llanura de inundación y de ambiente marino, con huellas de bioturbación, consiste de areniscas conglomerádicas, conglomerados e intercalaciones de lutitas abigarradas. Su espesor en el campo es de varios centenares de metros alcanzando aproximadamente más de 1000 metros. Además, se extiende en gran parte de la Cuenca Tumbes, su presencia está controlada por los pozos perforados en la región. Se halla en concordancia suprayacente a la Formación Mirador con su miembro basal, la Formación Plateritos (Foto 2.25).

De la Foto 2.26 se puede observar el contacto normal entre las Formaciones Máncora y Plateritos, en medio de ella hay una pequeña quebrada que sirvió de



Foto 2.26: Zona de contacto de la Formaciones Plateritos y Máncora. En quebrada Seca.

acceso hasta la parte más alta. En ella se midió una sección desde la base (cerca del limite discordante de la Formación. Plateritos con la Formación. Chira) hasta la parte mas alta de la Formación Máncora. Esta sección tuvo más de 100 metros de espesor, haciéndose una descripción muy detallada de las principales estructuras sedimentarias, litología, y estimándose el posible contacto entre ambas Formaciones. En la sección se separo lutitas finas a micro conglomerados gruesos (Fig. 2.14).

B-1.9. FORMACIÓN HEATH:

La Formación Heath únicamente está presente en el graben Carpitás. Es de edad mioceno inferior - oligoceno superior (Reporte GMP, 1993) y se caracteriza por tener lutitas marrón oscuras a gris claras, intercaladas con limolitas. Las lutitas son micromicáceas y microcarbonosas (Foto 2.27). Podría alcanzar aproximadamente 1000 metros de espesor. La presencia de Heath se

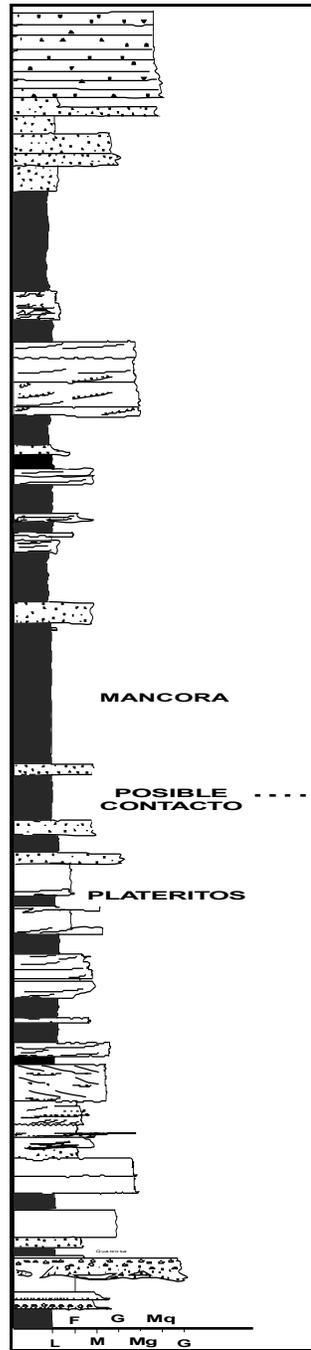


Fig. 2.14: Sección medida en contacto de las Formaciones Plateritos y Máncora, desvío en quebrada Seca, aproximadamente 100 metros (L = lutita; F,M,G,Mg = Areniscas finas, medianas, gruesas y muy gruesas; Mq, G = microconglomerados, gruesos).

basó en el estudio de foraminíferos planctónicos y bentónicos, efectuado por David Sánchez a fines de 1993 (Reporte GMP, 1993) ratificándose la determinación de la Formación Heath, con el datum de "Globigerinoides " que



Foto 2.27: Facies Heath en la carretera Panamericana cerca de la boca de quebrada Seca.



Foto 2.28: Mostrando la zona de contacto entre el relleno pleistoceno del semi-graben de Carpias y la subyacente Formación Heath. (P. Baby, 2005).

Dio la edad mioceno inferior. La Formación Heath es de ambiente marino.

Por encima de la Formación Heath, se encuentra una secuencia estratificada poco consolidada, probablemente de edad pleistocena (Fotos. 2.28 y 2.29), rellenando el graben de Carpitás (P. Baby, 2005-comunicación personal). Esta Formación puede ser confundida por su similitud con la Formación Cardalitos.



Foto 2.29: Afloramiento, del contacto del Heath con la superficie de erosión de la base del pleistoceno. El conglomerado suelto, sin matriz es la señal de la superficie de erosión.

2.3.2.1. CONNOTACION ESTRATIGRAFICA:

El estudio de la Cuenca Talara evoluciono en base al estudio de los registros estratigráficos tomados de lo pozos petroleros intentando establecer la conexión con los afloramientos de campo. La presencia del fallamiento extensional es el plus de la complejidad para la construcción de columnas.

El concepto de estratigrafía secuencial ayuda a definir los distintos cortejos sedimentarios (system tracts), depositados por el control eustático y tectónico asociado. Cada cortejo tiene sus características que definen sus episodios

geodinámicos: progradación (Taza de depositación mayor a la tasa de acomodación) y retrogradación (Taza de depositación menor a la tasa de acomodación). La estratigrafía secuencial analiza desde el punto de vista de la variación lateral de facies que existen en cada secuencia, constituyendo otra herramienta de interés para explicar los cambios de nombres formacionales, o colocación de fallas, determinando la variedad de diferentes facies (Reporte interno BPZ, 2005)

Del reporte del BPZ (2005), se analizó la integración para el análisis secuencial de la estratigrafía cretácea y paleógeno entre las Cuencas Talara, Lancones y Sechura. Se basó en la información disponible de gravedad, magnetometría y sísmica muy bien integrada, se presenta un cuadro integrado (Tabla 2.1) que muestra los ciclos sedimentarios explicando la relación entre las Cuencas Talara y Lancones.

Tabla 2.1. Ciclos sedimentarios del cretáceo y del paleógeno. Tomado del Reporte interno de BPZ (2005).

CUENCA	CICLO (EDAD)	Fase deposicional dentro del Ciclo						
		BASE	Unidad Basal Transgresiva	Calizas y Lutitas Marinas	Clastos terrígenos	Calizas y Lutitas Marinas	TOPE	
		<i>Lutita Inicial</i>					<i>Unidad Regresiva Sup.</i>	
TALARA	Eocene Tempr.		Punta Arenas	Cerro Pardo	Túnel	PaleGreda	Arena Superior de PaleGreda	
	Eocene	La Draga	Basal Salina	Lutitas Negritos	Cerro Tanque	Zambo	San Cristóbal	
	Maestrichtian-Paleoceno		Ancha	Petacas	Mesa	Balcones		
LANCONES / TALARA**	Campaniano		Tablones	Redondo	Monte Grande*			
	Turoniano	<i>Copa Sombrero Group (parte superior)</i>						
		Formación Encuentros						
		Mbo. Culebras	Mbo. Jabonillos	Mbo. Checo	Mbo. Cabuyal	Mbo. Qda. Seca		
	Cenomaniano	<i>Grupo Copa Sombrero (partes inferiores e intermedias)</i>						
		Formación Huasimal			Formación Jaguay Negro			
		Mbo. Venados	Mbo. Horquetas	Mbo. Huasimal	Mbo. Inferior	Mbo. Medio	Mbo. Superior.	
Aptiano-Albiano		Gigantal	Pananga	(transición)	Muerto	Lancones-Pocitos		

2.3.3. TECTÓNICA (PRINCIPALES EVENTOS TECTÓNICOS PARA EL NW ENTRE LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES):

Desde el Jurásico a esta parte, la margen pacífica del planeta, ha sufrido varias etapas tectónicas, primero al establecerse sobre el margen occidental de América del Norte y del Sur una zona de subducción, la cual fue acompañada de un magmatismo de arco (Mégard 1978; Pardo & Sanz, 1979; Aspden et al., 1987; Jaillard et al., 1990; Roperch & Carlier, 1992; Litherland et al., 1994; Romeuf et al., 1995). Al Este de este arco volcánico se desarrolló una Cuenca extensiva de tipo de tras-arco y al Oeste del arco volcánico secuencias sedimentarias volcano-clásticas son interpretadas como depósitos de ante-arco.

2.3.3.1. OROGENIA ANDINA:

La Orogenia Andina se inició desde el cretáceo, dándose en varias fases compresionales discretas entre el albiano y el mioceno. Estos esfuerzos fueron migrando en dirección a la antifosa Amazónica. Esta orogenia se generó en respuesta a los cambios de velocidad y de la dirección de las fuerzas de las placas subductadas bajo la placa sudamericana, caracterizándolos en largos periodos de inestabilidad tectónica y en breves episodios de relativa quietud tectónica (Noblet et al., 1996).

Durante la Orogenia Andina, los diferentes accidentes del basamento fueron intensamente reactivados, generando pulsos de deformación no solo en el basamento sino también en las secuencias cretáceas - paleógenas, formando así estructuras de distensión y compresión.

Se hará una breve representación de las trascendentales fases que actuaron para el NW del Perú que afectaron las Cuencas Talara y Lancones desde el aptiano hasta el mioceno:

2.3.3.1.1. Fase Mochica:

Durante el albio ocurrió el evento tectónico compresivo que afectó el margen occidental de América del Sur (Megard, 1984; Vicente, 1989; Jaillard, 1994), también se emplazó el Batolito de la Costa (Soler y Bonhomme, 1990) creándose al mismo tiempo la Cuenca Lancones - Celica junto con el Arco Volcánico submarino al este y los Amotapes al Oeste. La Cuenca fue rellenada por secuencias turbidíticas inestables denominado actualmente el Grupo Copa Sombrero.

2.3.3.1.2. Fase Peruana:

Acontecimientos tectónicos de hace 80 MA entre el santoniano - campaniano (Jaillard, 1994), hace que la Cuenca Lancones sea erosionada y deformada hasta el campaniano medio. Posteriormente se creó una nueva Cuenca de Antearco más extensa, reconocida desde la Formación La Mesa, La Tortuga hasta la Cordillera de Ecuador (Zona de Flash de Yunguilla) (Jaillard et al., 1997a, 1998, 1999), alcanzando hasta la parte central del Ecuador (Pécora, et al., 1999). En esta fase se edificaron los plegamientos a gran escala, las actividades intrusivas, y levantamientos dados en completa regresión del mar desde la Cuenca de Antearco actual.

2.3.3.1.3. Fase Inca:

En un evento distensivo ocurrido aproximadamente en el eoceno medio (42 MA), que está registrada en la Cuenca Talara rellenada de secuencias fluvio - deltaicas. Esta tectónica distensiva domina, controla y distribuye la sedimentación, durante este periodo ocurrieron principalmente al SE cabalgamientos gravitacionales afectando los sedimentos no muy litificados dejando Olistolitos y Brechas en el campo Talara, esta se desarrolla hacia el SE,

afectando los sedimentos no muy litificados.

Existe una premisa dada por Jaillard et al (1997b) y Pecora et al, (1999) quienes establecen que la discordancia en la Cuenca Talara del eoceno basal, sobre la lutitas del paleoceno seria correspondiente al segundo periodo de acreación del paleoceno superior, datado en 57 M.A.

Las principales evidencias se observan en la estructura positiva (horst) orientadas E - W, afectando al paleozoico en la parte norte de la Cuenca Talara, individualizando la Cuenca Tumbes de Talara conocido como el Arco de Zorritos marcando la finalización de la sedimentación en Talara.

2.3.3.1.4. Fase Quechua:

Es la fase responsable del levantamiento de la Región evidenciado por movimientos epirogénicos del mioceno inferior al plioceno Inferior que permitió el cambio evolutivo en conjunto hacia el NW, desde la parte norte de la Cuenca Talara (Región Máncora). La fase Quechua 1 se halla en la discordancia del tope de la Formación Zorritos en la Cuenca Tumbes hace 20 MA, (la Quechua 2 hace 10 MA y La Quechua 3 hace 5MA) (León, 1993).

2.3.4. EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA CUENCA TALARA:

En la Cuenca Talara se acumularon sedimentos carbonatados desde el albiano (Formación. Muerto), pasando a sedimentos provenientes de un margen activo desde el cretáceo superior hasta el oligoceno.

La historia de la Cuenca comienza en el albiano con los sedimentos carbonatados de la Formación. Muerto, luego la sedimentación en el campaniano, con facies continentales y fluviales (Formación. Sandino) a facies litorales y marinas (Formación. Redondo). Esto demuestra que la Cuenca tenía

un régimen de subsidencia desigual mucho mayor hacia el sur. La sedimentación sigue siendo marina durante el maastrichtiano (Formaciones Monte Grande, Ancha, Petacas) y el paleoceno (Formaciones Mesa, Balcones) con depósitos lutáceos y conglomerádicos intercalados. (Serrane, 1987).

Antes de la depositación del eoceno inferior, se produce una caída del nivel del mar, erosionándose hacia el norte, hasta las rocas paleozoicas. Sobre esta superficie de erosión se acumulan sedimentos fluviales a marino somero (Basal Salina) desarrollándose una secuencia progradante rápida.

Cuando la Cuenca se profundiza un poco, se depositan sedimentos litorales (Formación. San Cristóbal) visualizada en la línea sísmica GMP-05 (Fig. 3.11), generándose una secuencia progradante en los conglomerados de la Formación. Mogollón. Al extenderse la Cuenca hacia los paleo relieves de los Amotape marcando la actividad tectónica limitando los Amotapes recibe gran cantidad de sedimentos gruesos.

En el eoceno inferior se alternan pulsos de profundización y somerización, gradando a los sedimentos más finos hacia el tope, esto habría pasado en la Cuenca Pazul hacia el NW, donde La Formación Ostrea - Echino muestra estas secuencias de profundización en sistemas fluviales.

Se tiene marcado que las subidas y bajadas del nivel del mar en algunos lugares de la Cuenca Talara se deben a levantamientos y hundimientos de bloques ocasionados por la actividad tectónica. (Serrane, 1987).

En el eoceno medio se inicia la tectónica extensiva y profundización de la Cuenca Talara ocurriendo la sedimentación del Grupo Talara (Areniscas, Brechas, Lutitas). Existe una mención particular descrita por Serrane en su

informe sobre la Cuenca Talara, describiendo un proceso compresivo NW-SE en la parte sur de la Cuenca Talara, que no se evidenció en la parte norte de la Cuenca; hallándose mas bien evidencias de procesos de deformación gravitacional creando brechas y olistolitos dentro del Grupo Talara (Fotos 3.2, 3.3).

Entre el eoceno intermedio a superior, continúa la profundización de la Cuenca, depositándose la Formación Verdun en la base y Chira al tope, reinstalándose el contexto distensivo. Entre el eoceno superior-oligoceno la Cuenca solo recibe sedimentos en la parte norte. En el oligoceno como es sabido ocurrió mundialmente una bajada del nivel del mar, este fenómeno se observa en la Formación Heath, transgresión erosionada en contacto discordante con la secuencia plio-pleistocena (Foto 2.30) y erosionándose la mayor parte de la Cuenca Talara.

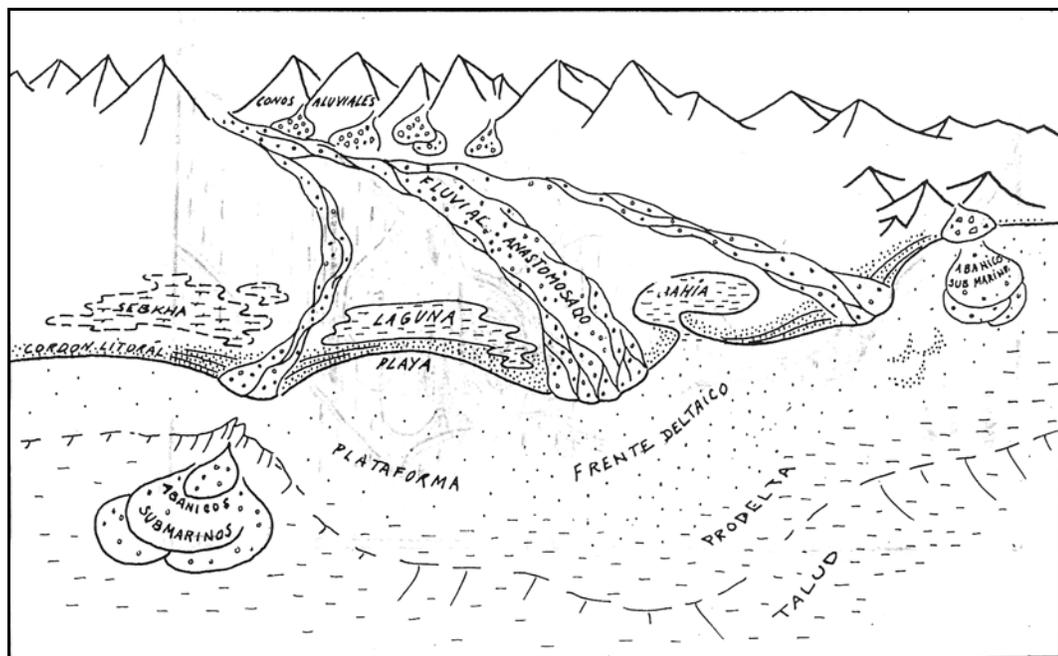


Fig. 2.15: Grafico que muestra los ambientes de deposición de un ambiente deltaico, bosquejo que ayuda a reconocer como se forma un complejo deltaico. Tomado de Serrane, 1987.

Todo el complejo deltaico está marcado por un evento extensional controlado por fallas normales. La Figura 2.15 muestra un dibujo a mano de los diferentes ambientes de depositación del complejo deltaico.

2.3.4.1. Análisis de la Región Máncora:

La extensión de la Cuenca Talara en esta región entra en subsidencia en el eoceno inferior, creando variaciones de facies y de espesores en las áreas de Barrancos, Plateritos y Trigal. La sedimentación entre el eoceno medio y superior (Talara y Chira - Verdun) se ve afectada por fenómenos gravitacionales importantes, generando las famosas Brechas Talara. La Fase tectónica Inca se registra destacando el arco de Zorritos, luego entre el oligoceno al mioceno el área vuelve ser sometida a subsidencia acondicionando la sedimentación de la Formación Heath en condiciones de mar profundo y borde de talud, y creando los melanges zorritos por fenómenos gravitacionales.

2.3.5. EVOLUCIÓN GEODINÁMICA DE LA CUENCA LANCONES:

Actualmente la Cuenca Lancones es una Cuenca mixta de rocas carbonatadas y siliciclásticas, su tiempo de sedimentación oscila desde el cretáceo temprano - intermedio.

Se conoce que el límite N-NW de la Cuenca es la Montaña de los Amotapes, es una cadena alóctona de rocas paleozoicas emplazada en el jurásico (Reporte BPZ, 2005). La migración de esta cadena puede haber sido la causa para que la rocas paleozoicas sufrieran plegamientos, fallamientos y fracturamientos intensos acompañadas de metamorfismo (Reporte BPZ, 2005). Este bloque alóctono es probable que se haya encontrado con un bloque influenciado por las principales orogenias conocidas en el Perú. Se ha descrito que las Formaciones paleozoicas de la cadena de los Amotapes tienen un rumbo general NE - SW el

cual continúa en el subsuelo variando unos grados (Fig. 3.13), este es un rasgo regional de la interacción de las placas dado en una época diferente; observable también en los afloramientos de la Silla de Paita y en las colinas Illescas con un rumbo N-S y NW-SE respectivamente.

Debido a los altos estructurales en el flanco occidental de la Cuenca Lancones, probablemente la subsidencia comenzó durante el aptiano (112 - 125 MA), cuando la secuencia más antigua, la Formación Gigantal, fue depositada como conglomerado basal en grandes cantos rodados de rocas paleozoicas. Luego empezaron las condiciones marinas someras, con las calizas Pananga, de ambiente de plataforma. Al incrementarse la subsidencia con la Formación Muerto, la subsidencia alcanzó aguas profundas de condiciones anóxicas, creando calizas y lutitas negras a gris negruzcas con alto contenido orgánico (Reporte interno BPZ, 2005). En el lado oriental de la Cuenca se inicia la actividad volcánica submarina

El evento distensivo subsidente entre el campaniano - turoniano, se extiende ampliamente hacia la sub Cuenca Pazul y Cuenca Sechura, depositándose el Grupo Copa Sombrero, con un cerca de 3900m de espesor, la sedimentación es de ambiente marino somero acompañados con actividad volcánica submarina desde el albio

Después probablemente generada por un movimiento transcurrente a lo largo de la falla Huaypirá, se levantó y erosionó los estratos superiores del Grupo Copa Sombrero (Reporte BPZ, 2004). Esta subsidencia se creó discretamente en condiciones moderadamente profundas depositándose la unidad basal transgresiva de los conglomerados de la Formación Tablones y después la depositación de las lutitas Redondo. Esta fase fue seguida por una somerización, con la depositación de las lutitas Monte Grande incluyendo calizas marinas someras, y los clastos más gruesos. Monte Grande puede ser

parcialmente equivalente a las capas rojas de la Formación Ancha depositadas al oeste en la Cuenca Talara, esta última esta ausente en varias partes del área VI. (Reporte BPZ, 2005).

Al parecer la depocentro de la Cuenca Lancones migró de Este a Oeste, alcanzando los bloques Amotape - Talara.

Regionalmente, la Cuenca Lancones representa un relleno de notable espesor de sedimentos del cretáceo y eoceno superior sobre un substrato continental, diferente de las Cuencas vecinas (Talara, Sechura) exclusivamente por su proximidad-distalidad a las sucesivas líneas de costa y por el modelo de transporte y sedimentación que relleno las depresiones subsidentes creadas por una historia tectónica común (Reporte Pluspetrol, 2002).

En resumen, la secuencia cretácea es marina, relacionada a turbiditas proximales y distales, con actividad volcánica submarina contemporánea (albiano - cenomaniano) (Reyes, 1987). La sedimentación del paleógeno se observa principalmente al sur de la falla Huaypirá que están en discordancia angular sobre la secuencia cretácea.

CAPITULO III

ANÁLISIS ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES

3.1. TECTÓNICA EXTENSIONAL:

3.1.1. GENERALIDADES:

La tectónica extensional crea Cuencas que se acomodan por fallamiento normal. Estas Cuencas generalmente terminan a lo largo de una separación intracortical que separa la corteza superior quebradiza de la corteza inferior dúctil. Esta superficie de separación sujeta la faz delgada y quebradiza de la falla hacia la corteza superior durante el estiramiento litosférico (Tankard, 2002).

Las Cuencas extensionales están caracterizadas por fallas planas o lístricas que separan horsts y grabens. Generalmente, la subsidencia de la Cuenca está controlada por una falla principal normal a escala cortical que genera una separación intracortical creando una diferenciación de varios grados de asimetría en la Cuenca, descrita como semi- graben (modelo de Gibbs, Fig. 3.1).

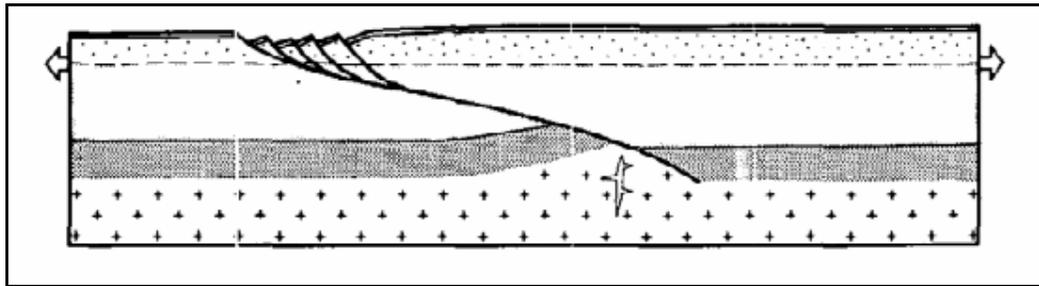


Fig. 3.1. Esta grafica muestra las fallas de acomodación generadas de procesos distensivos, la propagación se hace evidente, iniciado de una falla principal (Gibbs, 1984).

Fallas normales más superficiales, contemporáneas con el fallamiento normal principal, acomodan la polarizada deformación extensiva (Fig. 3.1). Existen también fallas de transferencia que son análogas a las rampas laterales en

dorsales tectónicas donde ellas permiten patrones complejos de subsidencia y desplazamiento a lo largo del rumbo y también sirven para disipar el cizallamiento. En Cuencas extensionales, el sentido del desplazamiento sobre una falla de transferencia es opositora a la separación mapeada; juntando depocentros que no necesariamente dan el sentido del desplazamiento (Gibbs, 1984).

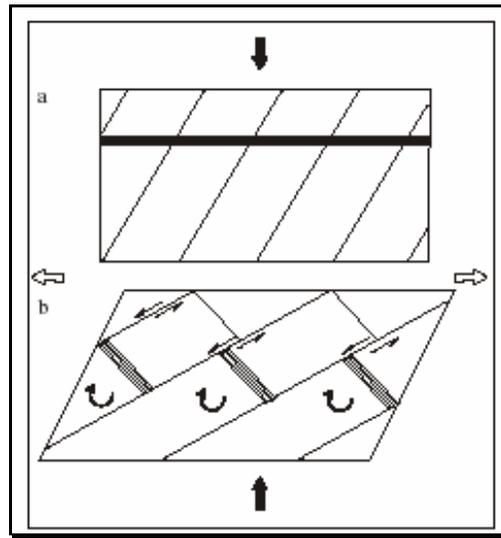


Fig. 3.2. Rotación de bloques de fallas, creando las fallas tipo-domino (Mandl, 1989).

La extensión también puede envolver a fallas planas a lo largo de bloques inclinados del tipo dominó. El desplazamiento de la falla puede ser pequeño y difícil de detectar. De acuerdo a Mandl (1989) la rotación del estilo dominó o la tectónica de bloques basculados a escala regional está generalmente asociada con la extensión de la corteza inferior dúctil.

El desplazamiento extensional por encima de un substrato extendido uniformemente produce un arreglo de fallas en estilo domino que involucra a las fallas lítricas y a las fallas rotacionales planas (Fig. 3.2). Las fallas evolucionan con el tiempo y pueden cambiar de geometrías lítricas (cóncavas hacia arriba) a través de segmentos de fallas planas a geometrías convexas

hacia arriba. En altos esfuerzos extensionales, las primeras fallas son cortadas por fallas posteriores planas extensionales de alto ángulo. La deformación encima de una simple separación extensional lítrica es caracterizada por fallas que producen grábenes de colapso (Fig. 3.3-A).

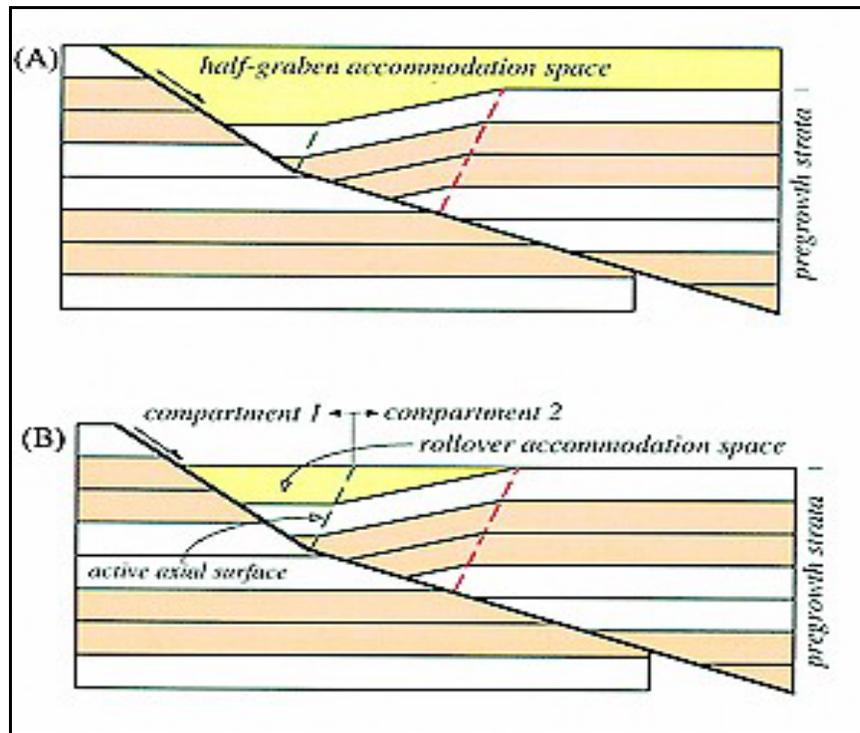


Fig. 3.3: Modelos extensionales de fallas lítricas y pliegues asociados. En (A), el espacio de acomodación del semi-graben es un área definida por el máximo relieve estructural del bloque no deformado y la forma del semi-graben. En (B), los compartimientos 1 y 2 se desarrollan encima de 2 segmentos de la falla lítrica separados por una superficie axial activa. El espacio de acomodación del "rollover" es el área definida por el relieve estructural máximo entre los compartimentos adyacentes y la forma del semi-graben. (Shaw, 1999).

Las fallas extensionales lítricas con una geometría de rampa / plana también producen un colapso de grábenes y fallas inversas locales. Los experimentos (Imber, Childs, Nell, Walsh, Hodgetts, Flint, 2002, publicación en conjunto) muestran que el bloque transportado en sistemas de fallas extensionales lítricas debe experimentar fuerzas internas significantes en orden de acomodar la deformación progresiva sobre las superficies no-planas (Fig. 3.4).

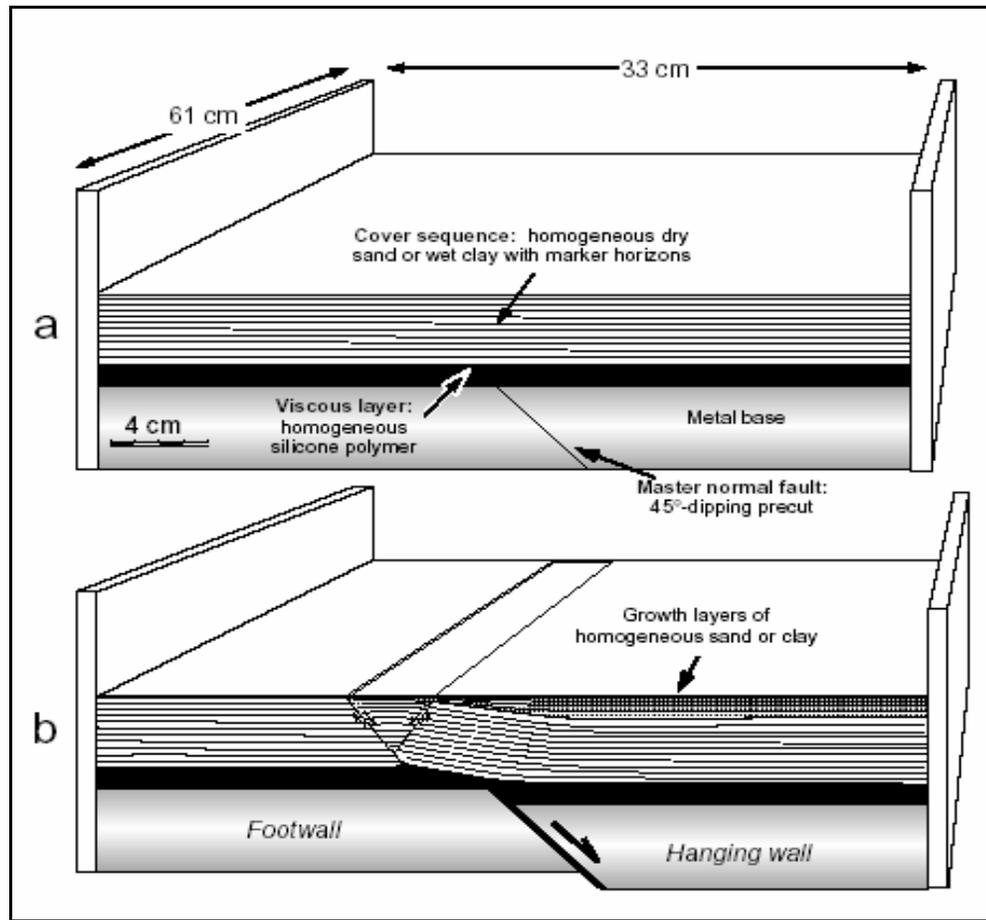


Fig. 3.4: Experimento analógico que muestra como se forman las fallas lísticas. La capa negra es macilla, la capa blanca es arena seca o limo húmedo añadido antes del fallamiento y la capa gris del tope en (b) es arena o arcilla sedimentada durante el cizallamiento (Imber, 2002).

3.1.1.1. Geometría de Fallas Lísticas:

Las fallas normales lísticas guardan una relación geométrica estable dentro de un sistema extensional establecido; esto es un fundamento importante para la exploración por hidrocarburo. Aunque es difícil establecer la geometría lística a profundidad se trata de elaborar técnicas para construir y/o determinar la forma, posición y extensión de la falla principal usando uno o más horizontes someros, además, la determinación de la profundidad de separación en regiones grandes ayuda a la evaluación de las trampas potenciales de hidrocarburos donde los reservorios objetivos están adyacentes a estas fallas.

Una variedad de modelos ha sido desarrollada para construir la geometría de una falla normal lítrica a profundidad basado en la forma de la estructura tipo “rollover” en el bloque transportado (Dula, 1991; Xiao y Suppe, 1992) (Fig. 3.5). Tales modelos incluyen los métodos de un levantamiento constante (Gibbs, 1983), de longitud de la capa constante (Davison, 1986), de cizalla inclinada (White et al., 1986; White e Yielding, 1991; Dula, 1991), de desplazamiento constante, y de línea de deslizamiento (Williams y Vann, 1987). Este y otros métodos críticamente dependen de la cantidad de extensión, levantamiento, o desplazamiento, y la forma de la capa en el bloque transportado usada para la construcción.

La figura 3.6 ilustra una geometría típica de una estructura tipo rollover en el bloque transportado encima de una falla normal lítrica. El vacío (área Es) podría desarrollarse si el bloque transportado permaneciera indeformado bajo la extensión “E”. En la naturaleza, la estratificación del bloque transportado se deforma (pliegue rollover) (Fig. 3.6 B) o colapsa con las fallas subsidiarias sintéticas y / o antitéticas (Fig. 3.6 C).

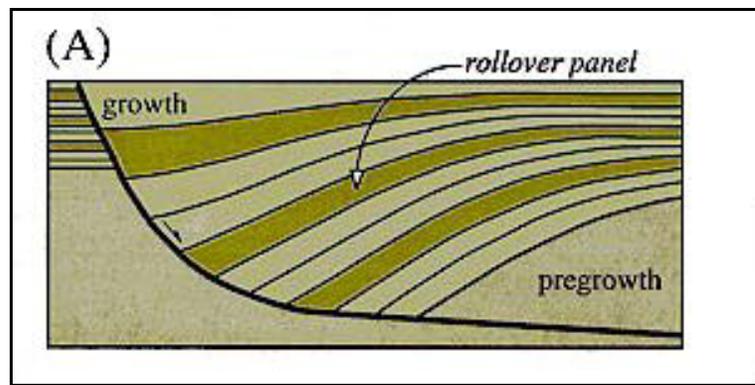


Fig. 3.5: Falla lítrica normal de un pliegue rollover típico y sedimentación asociada (Xiao y Suppe, 1992).

El rasgo característico de todas las fallas lítricas es la estructura tipo rollover (Fig. 3.5 y 3.6 B) que es geoméricamente necesario, el cual se desarrolla por encima de la curva limitante de la superficie de falla (Gibbs, 1984). Las

estructuras a profundidad, las que incluyen a las fallas lístricas y a las deformaciones del bloque transportado, son objetivos para la exploración por hidrocarburos que aun son pobremente mostrados por la fuente sísmica. Sin embargo, la geometría de la falla ayuda en la interpretación de la información sísmica y así provee mayor control estructural y estratigráfico. Los principales objetivos a perforar se encuentran adyacentes a las fallas que los enmarcan. Estas fallas comúnmente son llamadas antitéticas y sintéticas, las cuales se forman durante la deformación del rollover en el bloque transportado. Estas fallas subsidiarias son parte de la extensión acumulativa y puede influenciar en las predicciones de la geometría de la falla principal.

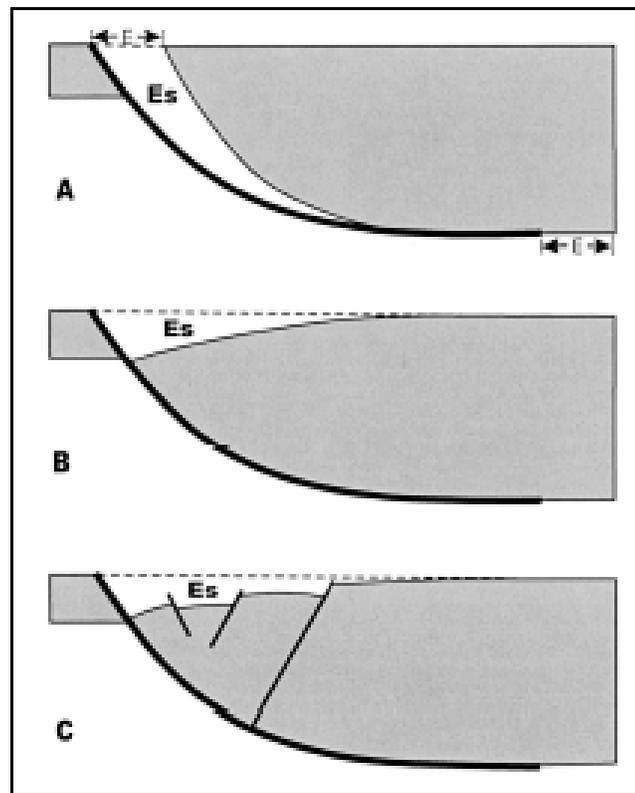


Fig. 3.6. Diagramas que ilustran las geometías típicas de la deformación del bloque transportado de una falla lístrica normal. El vacío con el área (E_s) puede ocurrir si el bloque transportado permanece indeformable bajo la extensión E (A). El Hanging Wall se puede deformar como un pliegue rollover sin (B) o con fallas subsidiarias (C) bajo la extensión E (Gibbs, 1983).

El desarrollo de las fallas lístricas está caracterizado por una deformación

manejadas por gravedad en secuencias de sedimentos pobremente litificados (Roberts y Yielding, 1994). En los sistemas de fallas lítricas, la falla limitante cóncava hacia arriba (separación basal) es subyacente a una vasta “cuña” de sedimentos que son pre y sin- fallamiento al bloque transportado (Shelton, 1984.). La falla limitante (la que genera todo el desplazamiento del material poco-consolidado) separa el bloque transportado y bloque no deformado, determinando así la geometría por lo tanto permaneciendo articulada durante toda la ejecución del modelo.

Este tipo de fallas desplaza solo a la parte superior de los sedimentos, estas fallas inducen al relleno sedimentario de la Cuenca por estructuras profundas en el substrato. La consecuencia del funcionamiento de fallas lítricas es el basculamiento de las formaciones en sentido opuesto al buzamiento de la falla.

3.2. LA CUENCA TALARA

3.2.1. ESTILO ESTRUCTURAL Y PRINCIPALES FALLAS:

Los estudios de campo, análisis de imágenes satelitales y DEM e interpretaciones de secciones sísmicas muestran que el estilo estructural para la parte norte de la Cuenca Talara se encuentra dentro del marco extensional en una Cuenca de Antearco. La mayoría de los lineamientos NE - SW se prolongan hacia el mar confirmándose con el rumbo de las fallas vistas en las imágenes satelitales y DEM (Fig. 3.7); las mismas que se describe a continuación.

3.2.1.1. Falla Carpitás:

La falla Carpitás es el semblante estructural más importante del área Carpitás (Foto 3.1) (Fig. 3.8). Su rumbo tiene una dirección NE-SW, con un grado de inclinación promedio de 55° al SE y de salto vertical de 1150 metros (Manrique,

1994). Esta falla se observa claramente en la línea sísmica GMP-04 y GMP-05 (Figs. 3.10 y 3.11), evidenciando su forma geométrica típica de una falla lístrica, se observa que a medida que va profundizándose se reduce su ángulo de inclinación tendiendo a la horizontalidad. Esta falla aún se encuentra en actividad y controló la sedimentación de la secuencia pliocena-pleistocena (relleno superior del graben Carpititas).

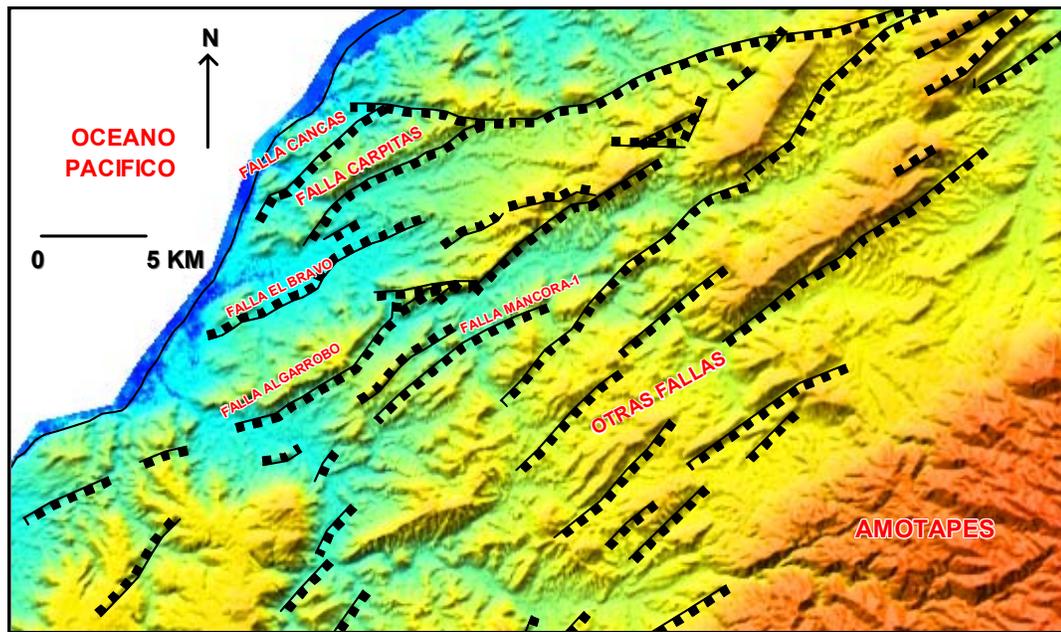


Fig 3.7: Imagen DEM (SRTM, Nasa) que visualiza las principales fallas en la Región Máncora (área Carpititas, parte norte de la Cuenca Talara). En ella se observa fallas normales NE - SW características en el área de estudio.

La falla Carpititas pone en contacto a la Formación Máncora con la secuencia sedimentaria pliocena-pleistocena. Asimismo esta falla cumple un rol importante para la acumulación de hidrocarburos de los Campos Carpititas Este y Oeste, funcionando como sello de los principales reservorios (Fig. 3.8).

3.2.1.2. Falla Cancas:

La falla Cancas es más afín con los yacimientos de Punta Bravo y de Carpititas (Fig. 3.8). Tiene un rumbo NE-SW, con un grado de inclinación de 47° hacia el

SE. Esta es una falla sintética de la falla lítrica principal Carpitas.

3.2.1.3. Falla El Bravo:

Es la falla que está en dirección opuesta a la inclinación de la falla Carpitas (Figuras. 3.8, 3.9, 3.10), tiene un rumbo promedio NE-SW, con una inclinación de aproximadamente 65° hacia el NW. Por su inclinación en contra a la falla lítrica principal Carpitas, se denomina falla antitética, constituyéndose en una trampa excelente para la acumulación de fluidos con la estructura tipo rollover que se halla entre ambas fallas.



Foto 3.1: Hacia la quebrada Seca por la quebrada Carrizales, se puede observar el composito de la escarpa de la falla Carpitas

3.2.1.4. Falla Algarrobo:

Esta falla se observa muy claramente en la sísmica de la sección GMP-05 Y 04 (Fig. 3.9, 3.10). Tiene un rumbo aproximado NE-SW, con un grado de inclinación de 45° buzando al SE. Esta falla separa a la Formación Verdun de las Formaciones suprayacentes (Mirador, Plateritos, Máncora). En profundidad,

esta falla tiende a la horizontalidad.

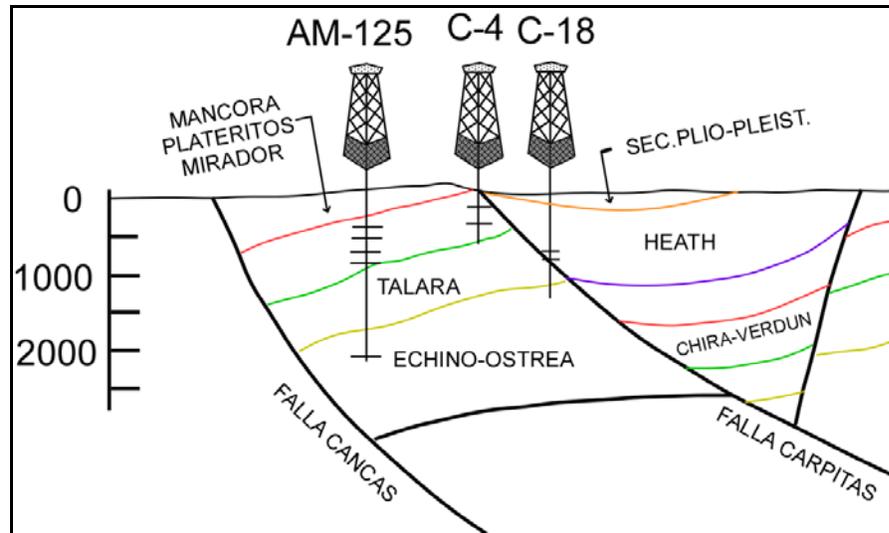


Fig. 3.8: La falla Carpitás funciona como sello estructural del campo Carpitás Este y Oeste, perforados por los pozos AM-125 y C-4.

3.2.1.5. Falla Máncora-1:

Se halla paralela a la falla Algarrobo aproximadamente a 2.5 kilómetros de distancia al SE. Tiene un rumbo aproximado NE-SW con un grado de inclinación de 60°, así como la falla Algarrobo al profundizarse tiende a la horizontalidad evidenciando el sistema extensional de la región. Esta se observa muy claramente en la sísmica (Fig. 3.10 y 3.11)

3.2.1.6. Otras Fallas:

Existen otros fallamientos de rasgos importantes no alcanzados por las secciones sísmicas, más bien en sus respectivas prolongaciones se realizaron sus interpretaciones mediante el DEM y las imágenes satelitales y por evidencias de campo. Estas fallas se muestran en las secciones estructurales de quebrada Seca y de quebrada Máncora (Capítulo IV). Estas estructuras comparten los mismos alineamientos NE - SW que conforman todo el sistema de los principales

fallamientos de la zona.

3.2.2. OBSERVACIONES ESTRUCTURALES IMPORTANTES DE CAMPO:

Los puntos tomados de cada afloramiento en el campo se desarrollaron principalmente en la parte norte de la Cuenca Tumbes (Fig. 3.9), trabajando principalmente en la quebrada Máncora y la quebrada Seca (Fig. 1.4), donde se percata y conoce parte de la arquitectura estructural para el área de la Región Máncora. Las observaciones de las principales fallas están descritas en el texto, además los análisis sedimentario y estratigráfico, han sido enfocados hacia la parte estructural.

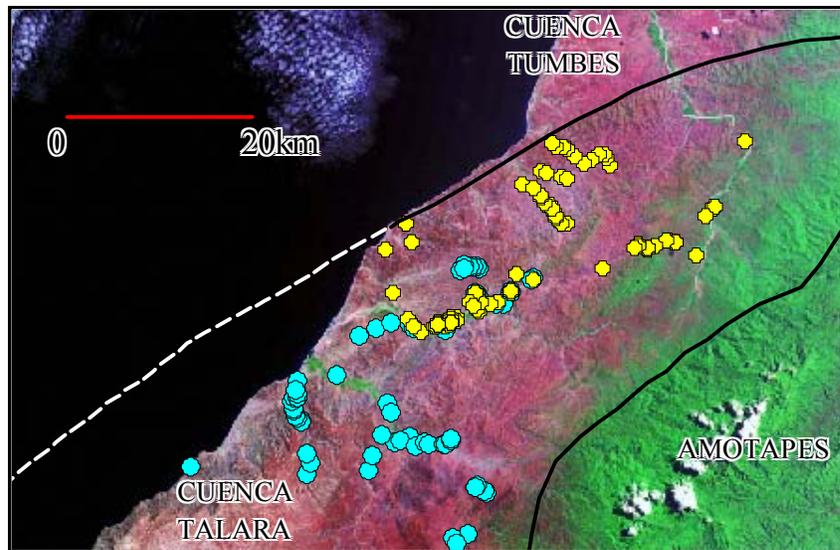


Fig. 3.9. Imagen Satelital (Landsat) que muestra los afloramientos visitados en las 2 salidas de campo realizadas para esta zona.

Se observó prioritariamente las variaciones estructurales mas llamativas, en las fallas principales de esta región (Fig. 3.7), como la geometría y formas establecidas en el campo tomando en cuenta el sistema distensional con rumbo prioritario NE - SW y con inclinaciones hacia el E - SE típicos en la Región Máncora; se observó que la mayoría de las fallas guardan una relación muy estrecha con la falla lístrica regional Carpitas (Fig. 3.10, 3.11), comportándose

como componentes de ella y evidencian las características de su deformación. En las fotos 3.1 y 3.4, se puede observar la escarpa de la falla Carpitás, por la quebrada Carrizales y la quebrada Carpitás respectivamente.



Foto 3.2. Olistolito a menor escala observado en campo, prueba de colapsos gravitacionales.

Se constató la presencia de colapsos gravitacionales locales (foto 3.2) y a mayor escala (Foto 3.3) dados en diferentes etapas, generándose bloques basculados con la presencia de Olistolitos y macizos rocosos deformados e inclinados. Al darse los basculamientos, al mismo tiempo se crearon espacios que fueron rellenados por secuencias sedimentarias posteriores, todo dentro del contexto gravitacional, y ayudado por etapas de colmataciones generados por el mecanismo geométrico y sedimentario del fallamiento lístrico, por ejemplo el relleno de la secuencia superior (plioceno - pleistoceno) del graben de Carpitás (Fig. 3.4).

3.2.3. INTERPRETACION DE SECCIONES SÍSMICAS:

Las secciones GMP-04 y GMP-05 tienen aproximadamente 20 y 14 kilómetros de longitud respectivamente (Fig. 3.10 y 3.11); ambas se inician en la línea de costa y se prolongan sub-paralelamente en sentido E-SE.



Foto.3.3: Olistolito a mayor escala.

A primera vista, las secciones sísmicas no se observaban muy claras, complicando la interpretación, se empezó a marcar parte de los reflectores más sobresalientes los cuales indicarían la tendencia preferencial y real que se buscaba. Luego con algo más de ubicación se pasó a la elucidación.

Al iniciar la interpretación de las secciones sísmicas GMP-04 y GMP-05, se nota a primera instancia la geométrica lístrica dada por la falla Carpitás. En base a esta observación, se empezó a analizar y elaborar el comportamiento que este tipo de falla generaría dentro de la Cuenca y la importancia de visualizarla actualmente en superficie y en relación a su morfología.

Asimismo, se empezó a buscar las relaciones geométricas que la falla Carpitás



Foto 3.4: Secuencia Plio-Pleistocena que rellena el graben de Carpitás. Al fondo se observa la escarpa de Falla Carpitás por la quebrada. Carpitás.

debería tener en relación a su contexto. En la sísmica, se encontraron fallas sintéticas (con el mismo buzamiento que la falla Carpitás) y antitéticas (en relación opuesta a la falla Carpitás), todas ellas ubicadas también en campo: fallas Cancas, Algarrobo, Máncora-1 (Sintéticas), y El Bravo (Antitética). También existen otras fallas con rasgos menos importantes que están estrechamente relacionadas a este fallamiento lístrico.

Observado los principales fallamientos, se optimizó su conexión con la parte superficial, es decir con los datos estructurales tomados en campo y con la información estructural que existía en la zona, se estableció que los rasgos topográficos de las líneas sísmicas encajaban dentro de la trama y además corroboraban la ubicación de las fallas.

Se usó también la información de los pozos que pasaban sobre las secciones sísmicas, y se proyectaron a los pozos más cercanos. En el área de Carpitás y al oeste de la falla del mismo nombre, la sección sísmica GMP-04, tiene 2 pozos

alineados (AM-125 y C-4), y se proyectó el pozo C-18.

Para ubicar en el subsuelo los topes formacionales reconocidos en los pozos, se creó, en base a los registros sísmicos tomados en estos pozos, los sismogramas sintéticos, que reflejaron las amplitudes de las Formaciones en el subsuelo. Al crearse los sismogramas sintéticos se tuvo mayor exactitud de correlacionar un reflector clave que salga a superficie, con los afloramientos de campo. Una vez calibrado el pozo, tranquilamente se obtiene las bases y topes exactos de las formaciones cortadas por el pozo basándonos solo de las profundidades marcadas para cada Formación.

La sección sísmica GMP-05, se superpone a los pozos PB-56 y Man-X-2 y los pozos proyectados son BA-X-1 y Man-01.

Línea Sísmica GMP -04 (Qda. Seca)

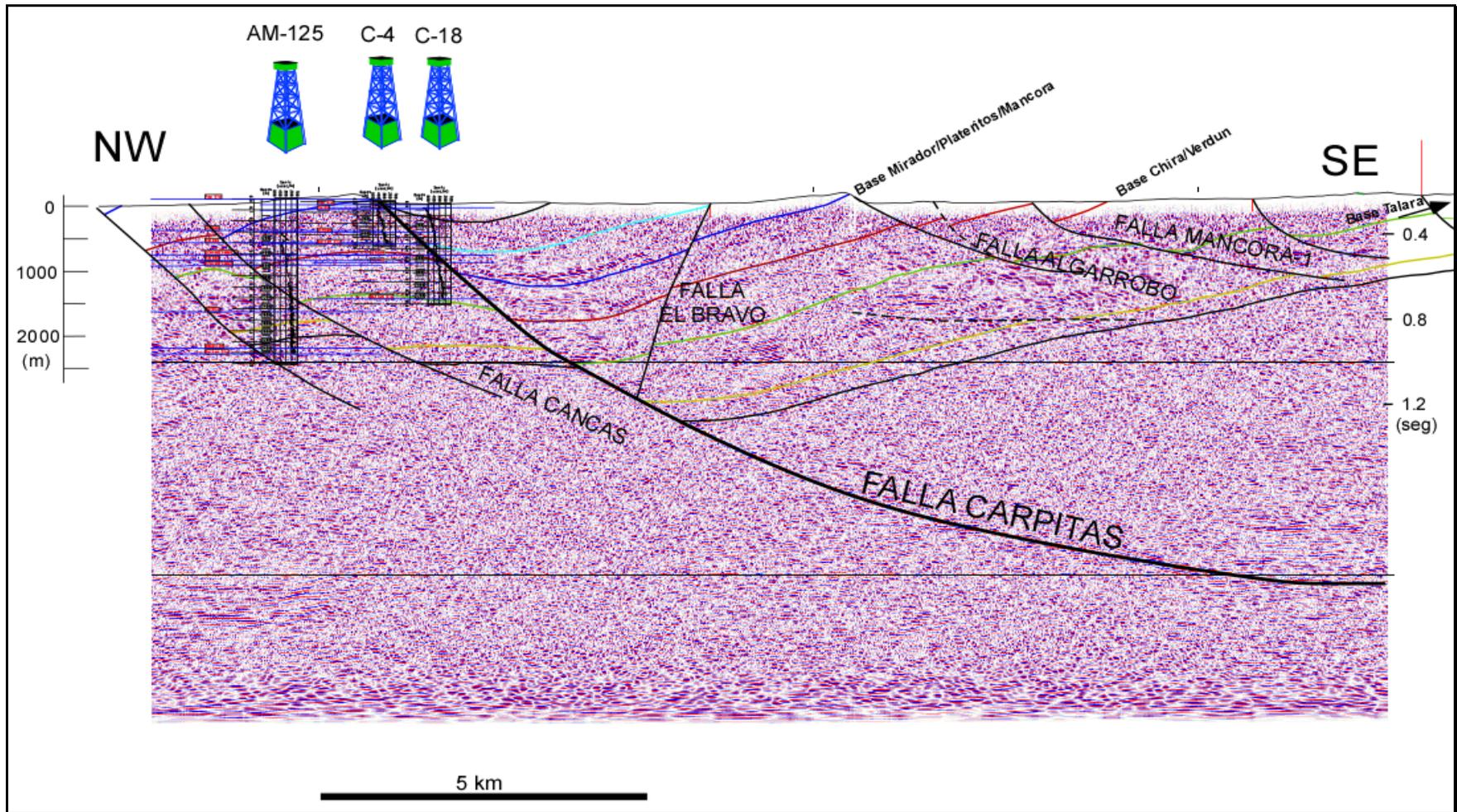


Fig. 3.10: Interpretación de la sección sísmica GMP-04 calibrada a partir de sismogramas sintéticos y de información de superficie. A la derecha se tienen valores de profundidad en segundos, y a la izquierda se tiene los valores de profundidad en metros. La línea amarilla es la base de Ostrea-Echino, la negra es la base de Mogollón y tope del paleozoico. Ubicación de la sección en el mapa en las Figs. 1.5 y 4.2.

Línea Sísmica GMP -05 (Qda. Máncora)

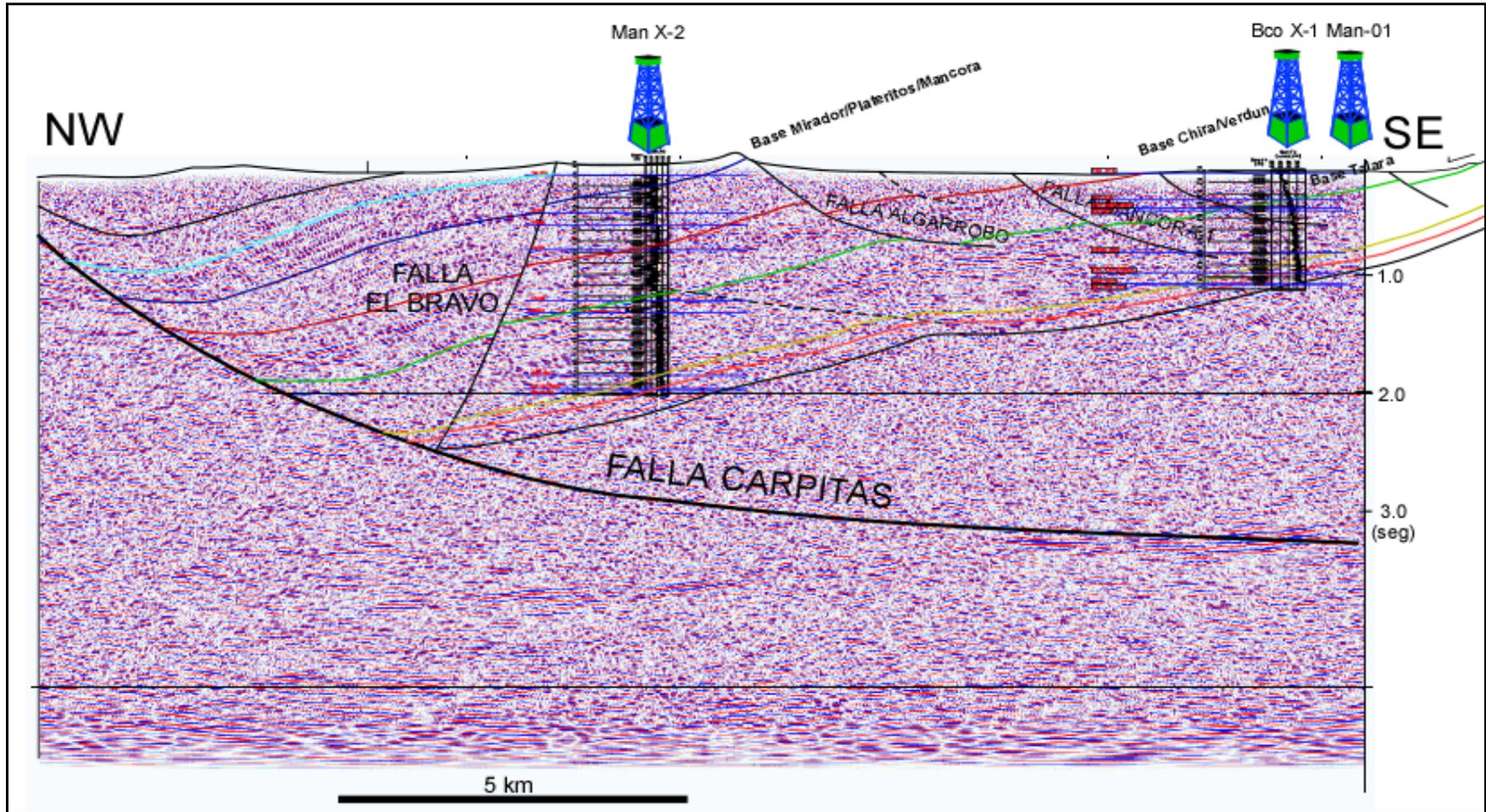


Fig 3.11: Interpretación de la sección sísmica GMP-05 (paralela a GMP-04) calibrada a partir de sismogramas sintéticos y de información de superficie. A la derecha se tienen valores de profundidad en segundos. Línea amarilla es base Ostrea-Echino, la línea rosada es base de Mogollón y la línea negra es la base de San Cristóbal y tope del paleozoico. Ubicación de la sección en el mapa de las Figuras. 1.5 y 4.2.

Teniendo a las fallas visualizadas en la sísmica, los topes y bases de los reflectores claves tomados de los sismogramas sintéticos, y de la información de campo, se pasó a delimitar y seguir los reflectores en las secciones sísmicas, denominándolos contactos de Formaciones. Estos contactos a la larga son el reflejo de los topes y bases que sirvieron para delimitar su geometría (forma, longitud, espesor) además se observó variables en distintas etapas al generar los contactos debido al fallamiento (creando saltos) y a la estratigrafía (variando espesores).

En dirección hacia la montaña de los Amotapes, el comportamiento de los reflectores fue seguido hasta el límite oriental de las secciones sísmicas GMP-04 y GMP-05. Al este del área de investigación, se prosiguió la parte interpretativa guiándose de las probables extensiones de los reflectores, apoyados con la información de superficie, hasta llegar al alto de los Amotapes. En dirección hacia los Amotapes, la sección GMP-05, se alinea con los pozos T-1-1, CX-2, CE-X-1, CX-1, que sirvieron para controlar la sección. Estos pozos cumplen con la geometría en el subsuelo, debido al acortamiento y menor espesor de las Formaciones, tocando a menor profundidad a la Formación Amotapes, lo cual evidencia el comportamiento geométrico de este tipo de fallamiento.

Algunas fallas al este de la falla Carpitas como Algarrobo y Máncora-1 muestran un componente de arrastre, observadas en la sísmica, que tienden a la horizontalidad.

En la interpretación sísmica se pudo visualizar la estructura tipo rollover, bloques basculados con dirección de deslizamiento hacia el E - SE, y en dirección hacia los Amotapes, asimismo se interpreta un pliegue acomodado fuera de la sección sísmica, que se hace evidente por los cambios de buzamientos tomados en el campo, llegando hasta el flanco de los Amotapes (ver sección estructural de las quebradas Seca y Máncora).

3.3. EL ALTO DE AMOTAPES

Conforma el límite oriental y occidental de las Cuencas Talara y Lancones respectivamente (Fig. 2.10) y es substrato de ambas; se halla constituido por esquistos, filitas y cuarcitas incluyendo las intrusiones de granito (ver Capítulo II para estratigrafía). El Alto de Amotapes se halla en el subsuelo dentro del valle de Pazul (en medio de Amotapes, Fig 3.12) limitado por fallamientos en los flancos de las Montañas de Amotape. Esta cadena alcanza aproximadamente los 1000 m de altura (Fig. 3.12).

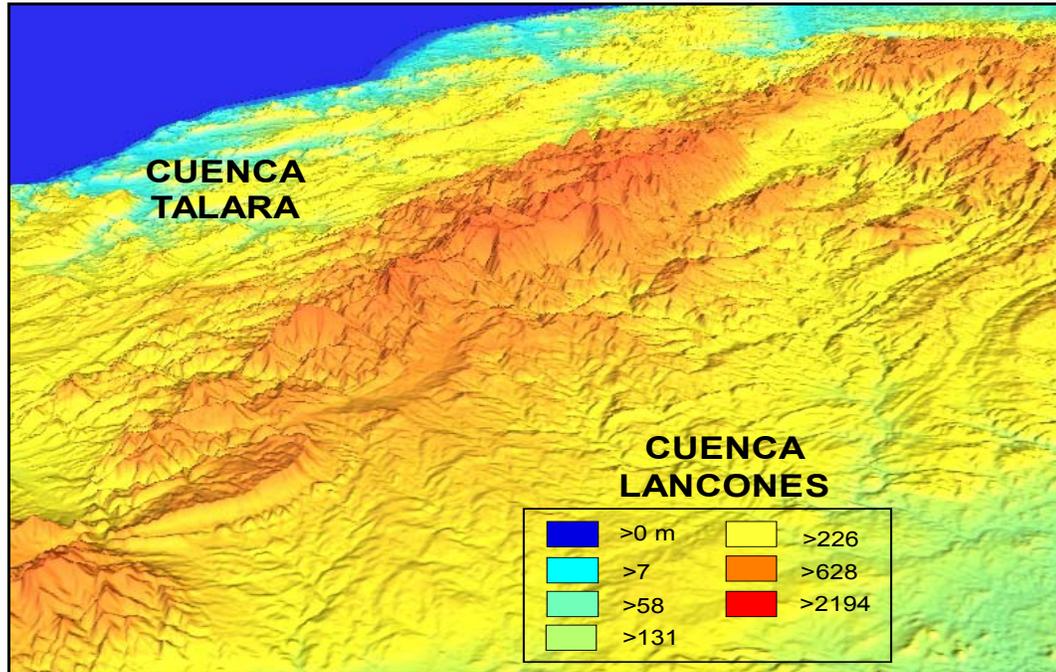


Fig. 3.12: DEM de la zona de estudio, los colores indican la altitud. Se observa a la montaña de Amotapes entre las Cuencas Talara y Lancones con una altitud mayor a los 1000 metros.

Varios periodos de actividad tectónica afectaron a las rocas paleozoicas antes de la depositación del cretáceo, experimentando un intenso fallamiento y fracturamiento derivando en los altos buzamientos de los estratos. Los afloramientos del paleozoico en la cadena de los cerros de Amotape tienen un rumbo general NE-SO variando a NO-SE hacia el sur (Altos Paita y Illescas). Este cambio de dirección de la cadena se ha atribuido al efecto de la deflexión

de Huancabamba (Fig. 3.16).

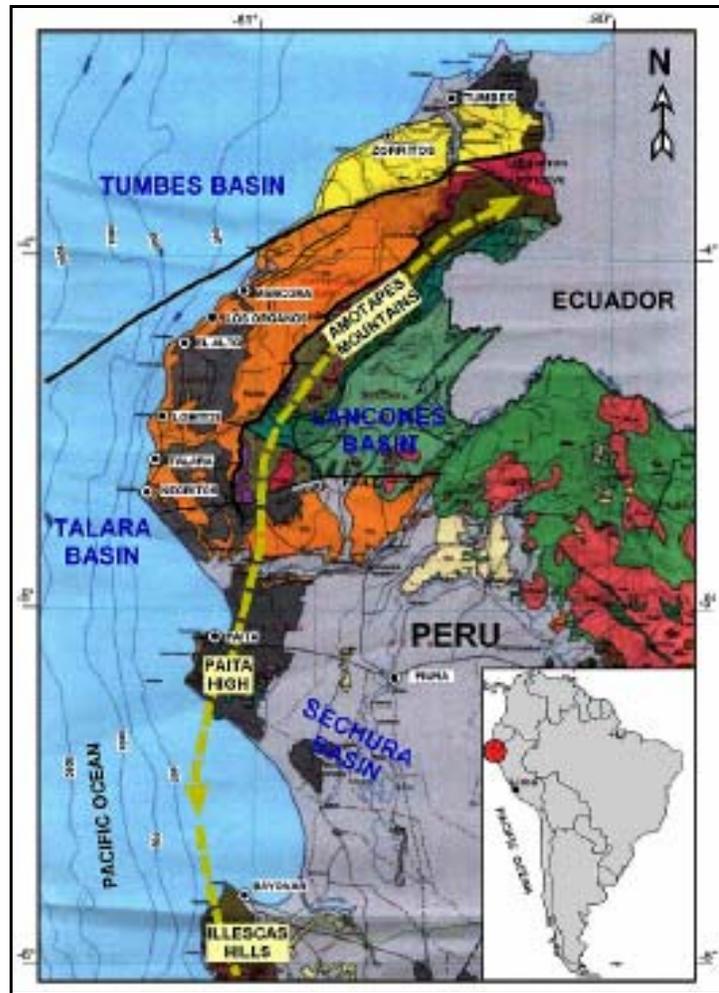


Fig. 3.13: Mapa geológico que muestra los Altos de Amotapes, Paita e Illescas en conjunto y dentro del contexto estructural regional del NW del Perú. Se observa las 4 principales Cuencas comprometidas, Tumbes, Talara (el límite entre ambas esta marcada por la línea negra), Lancones y Sechura. Mapa tomado del Reporte de Parsep (2004).

Tectónicamente, las Cuencas del NW (Tumbes, Talara, Lancones, Sechura) están separadas por altos estructurales como son: El Alto de Zorritos (Tumbes - Talara); montaña de Amotapes (Talara - Lancones) (Fig. 2.10); en subsuelo está el Alto de Tamarindo (Talara - Lancones) (Fig. 3.14); Alto de Paita - Sullana (Talara-Sechura) (Fig. 3.13).

Las Cuencas Talara y Lancones en superficie guardan una relación

tectónica gracias al Alto de Amotapes (Fig. 3.13) que vinculó la separación de ambas Cuencas; hacia la parte sur de la Cuenca Talara en subsuelo, el vínculo es estructural y sedimentario visualizado por el Alto de Tamarindo (prolongación del Alto de Amotapes) (Fig. 3.14).

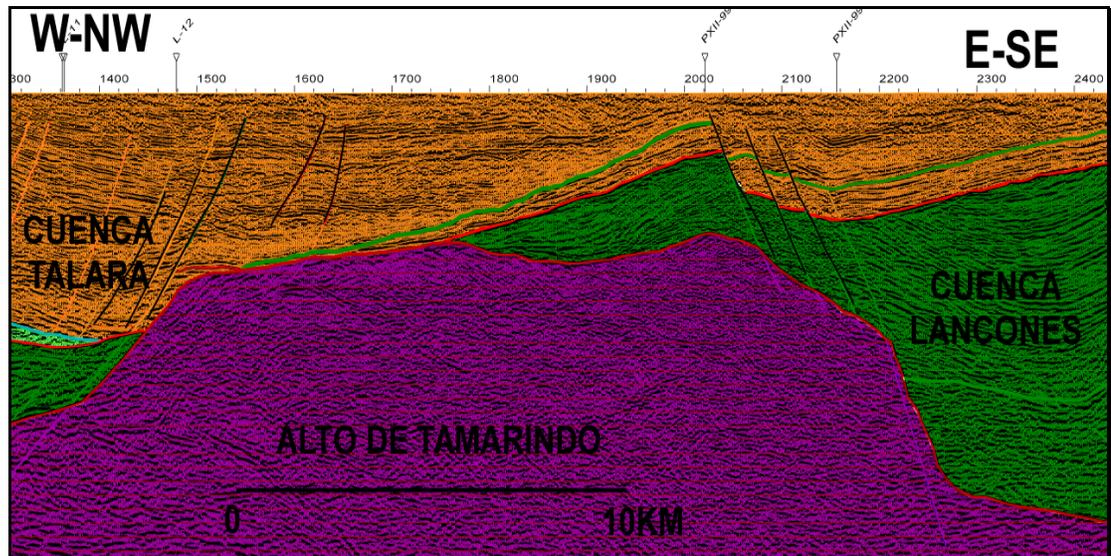


Fig. 3.14: Sección PXII-99-10 interpretada justo en punto de separación de las Cuencas Talara (al WNW) y Lancones (al ESE). Se observa muy claramente como el Alto de Tamarindo sirve de puente sedimentario y al mismo tiempo de separación estructural. En anaranjado se observa la sedimentación de las Formaciones del eoceno medio-superior; en verde las del albiánico-eoceno maniano son compartidos en ambas Cuencas; se ve también de morado al paleozoico del devoniano-carbonífero. Ubicación de la sección en el mapa de la Fig. 1.5 y 4.2.

3.4. LA CUENCA LANCONES

3.4.1. ESTILO ESTRUCTURAL Y PRINCIPALES FALLAS

Las principales fallas de la zona de investigación conforman los rasgos estructurales de mayor significado en la Cuenca Lancones debido a la variedad de sus direcciones que afectaron la configuración geológica observable actualmente. La Cuenca Lancones denotada por el rumbo principal de las fallas es muy similar al de Talara con rumbo NE -SW, también presenta 3 orientaciones secundarias, siendo la mas importante la de tendencia E - W. Así, demostramos el contexto extensional por la orientación principal, y también la

orientación secundaria por un componente de rumbo E-W. Con las imágenes satelitales, apoyados por los DEM's y comprobaciones de la salida se observaron los 2 sistemas preferenciales: las fallas longitudinales (NE - SW) y las transversales (W - E) (Fig. 3.15) que a continuación se describen.

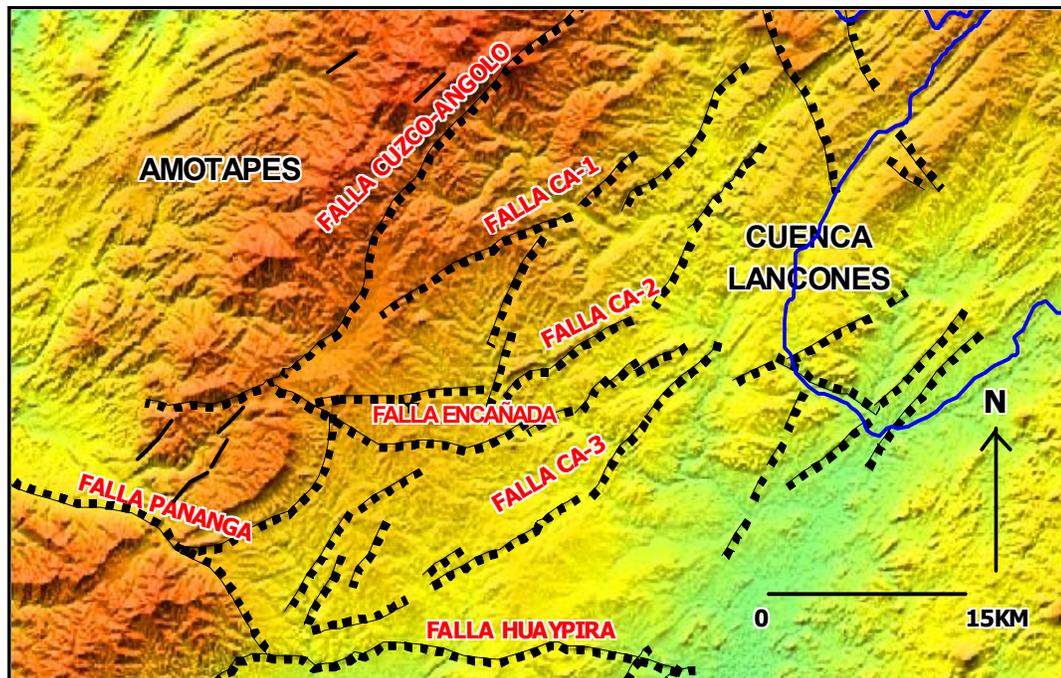


Fig 3.15: Imagen DEM visualizando las principales fallas en la Cuenca Lancones (básicamente en la parte norte de la Cuenca). En ella se observa los lineamientos, NE - SW principalmente y también se observa un 2do lineamiento E -W (componente de rumbo). La línea azul es el límite entre Perú y Ecuador.

3.4.1.1. Falla Cuzco - Angolo:

Es una de las principales fallas longitudinales sub-paralela a la cadena de los Amotapes. Esta falla compuesta es una falla lítrica. Tiene una orientación NE - SW (Foto 3.5) y un buzamiento aproximado entre 50° y 60° al SE. La falla lítrica pone en contacto cerca del paraje La Encañada a la Formación Muerto y a la parte basal de la Formación Encuentros (Mbo. Culebras). Mas al NE, esta falla lítrica pone en contacto a la Formación Muerto con la Formación Tablones, ambas en el flanco occidental de la Cuenca Lancones; el salto vertical por la falla es aproximadamente entre 1500 y 2000 metros. En la parte NE, podría ser un

poco menos dependiendo de la discordancia existente pre-Formación Tablonas.

Las observaciones de campo de la falla lístrica Cuzco-Angolo interpreta de alguna manera la evidencia de su geometría (Fotos 3.5 y 3.6). Mas adelante, se describirá de las posibles variables que puedan haber sufrido por el contexto que la rodea.

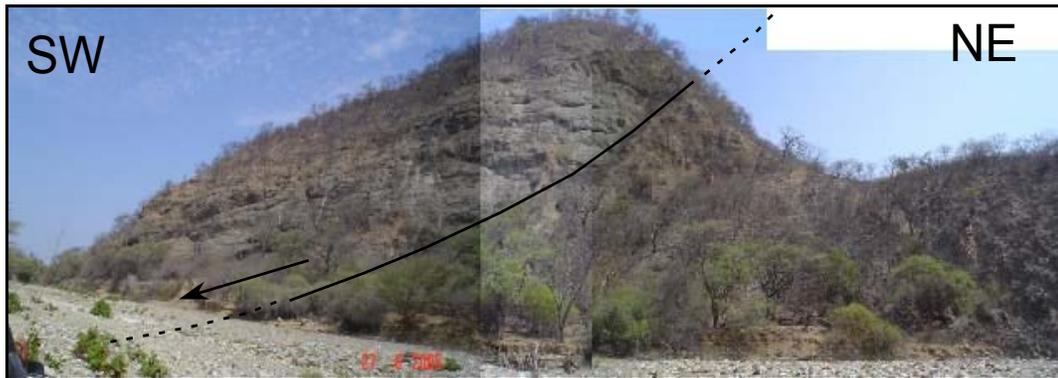


Foto 3.5. Parte de la falla lístrica principal Cuzco-Angolo, cerca al flanco occidental de la Cuenca Lancones, poniendo en contacto al paleozoico (lado derecho de la falla) con la Formación Muerto – Pananga. (Lado izquierdo de la foto) Quebrada del Potrerillo.

Otras fallas longitudinales de valor secundario son; las fallas El Chilco, Tотора, etc, cerca de la frontera con Ecuador, presentan longitudes aproximados de 8 Kilómetros y saltos verticales de un centenar de metros (Reyes, 1987).

3.4.1.2. Falla Huaypirá:

Es una de las principales y más importantes fallas transversales dentro de la Cuenca, ha funcionado como limite estructural y sedimentario dentro de la Cuenca. Tiene una longitud observada de 60 kilómetros aproximadamente (Fig. 2.9). El desplazamiento vertical en la parte oriental es de aproximadamente 800 metros y hacia el oeste aumenta aproximadamente 1500 metros. Esta falla principalmente en la parte norte de la Cuenca separa los sedimentos cretáceos del Grupo Copa Sombrero (parte basal de la Formación Encuentros) de los sedimentos eocenos (Chira – Verdun) ubicados al lado sur de la falla. Hacia el

Este, la falla, se pone en contacto la Formación Huasimal al norte con la Formación Chira-Verdun al sur, en el oeste, el contacto es entre el paleozoico y la Formación Chira-Verdun (Reyes, 1987).

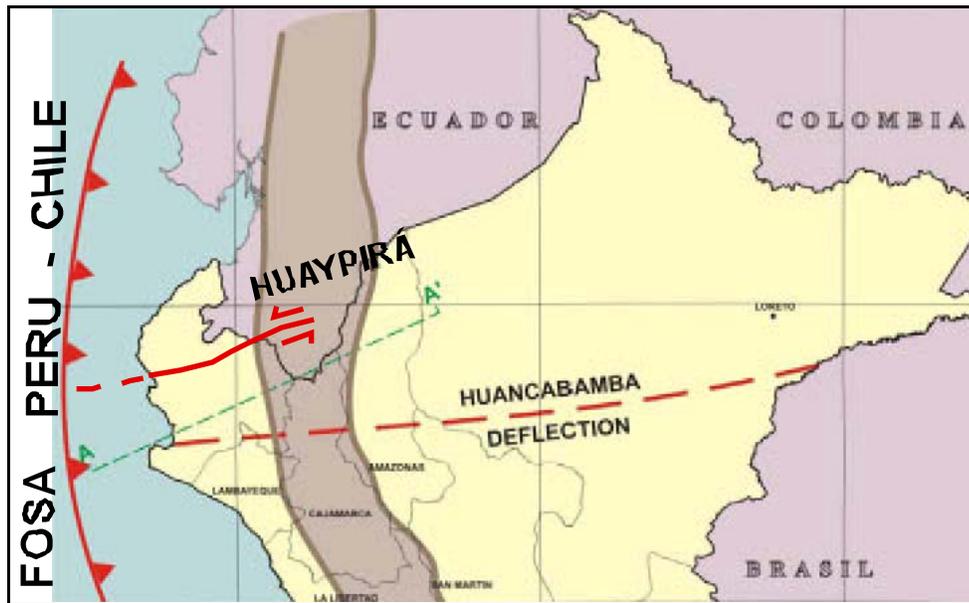


Fig. 3.16: Mapa que muestra el sub-paralelismo de la falla Huaypirá con la deflexión de Huancabamba. En ella, está bosquejada el movimiento de rumbo sinistral.

Recientemente, se han encontrado filtraciones de hidrocarburos a lo largo de Huaypirá, se halló una colada de agua con petróleo y otra de crudo pesado o brea (Reporte BPZ, 2005).

Esta falla tiene un componente normal pero también tiene un movimiento de rumbo (componente transcurrente sinistral) debido a que se encuentra en sentido paralelo o sub-paralelo a la deflexión de Huancabamba (Fig. 3.16).

3.4.1.3. Falla Encañada:

Tiene aproximadamente 20 Kilómetros de longitud y se ubica en la parte central de la Cuenca, funciona como una falla normal poniendo en contacto a los miembros superior (jnc) e inferior (jna) de la Formación Jahuay Negro, y parte

de la Formación Muerto con Jahuay Negro. Al oeste, igualmente pone en contacto a los miembros superior e inferior de la Formación Encuentros (Fig. 2.9) (Fig. 3.15).

3.4.1.4. Falla Pananga:

Tiene aproximadamente 25 Kilómetros de longitud, y pone en contacto al paleozoico con el cretáceo superior (Formación Tablones) y parte del eoceno (Formaciones. Chira-Talara) en el valle de Pazul. Esta falla converge con la falla Huaypirá. Tiene un rechazo vertical de aproximadamente 1000 metros (Reyes, 1986) (Fig. 3.15).

3.4.1.5. Fallas CA-1, CA-2, CA-3:

Estas Fallas mantienen el rumbo de la falla lítrica Cuzco - Angolo, y son consideradas fallas sintéticas a la falla lítrica, son cortadas por las secciones estructurales de las quebradas Seca y Máncora en la Cuenca Lancones (Fig. 3.15).

De los sistemas descritos el principal tiene azimut promedio N 60° (Rumbo NE - SW, similar al del área de Carpitas) representado por el 40% de las medidas (Ej. falla Cuzco-Angolo), un segundo sistema con azimut N 90° (22%) evidenciados por grandes fallas como Huaypirá, La Encañada etc. y un tercer sistema con azimut de N 0°- 30° (15%) coincidente con la orientación de los principales pliegues. Existe otro sistema secundario de orientación N 140°-160° (11%) Ej. falla Pananga, el restante 12% fueron orientaciones dispersas (Reporte de Pluspetrol, 2002) (Fig. 3.17).

3.4.2. OBSERVACIONES ESTRUCTURALES IMPORTANTES DE CAMPO:

En la salida de campo para el área de Lancones, se tomaron datos en varios afloramientos claves (Fig. 3.18). Trabajándose en varias quebradas, en la parte norte de la Cuenca.

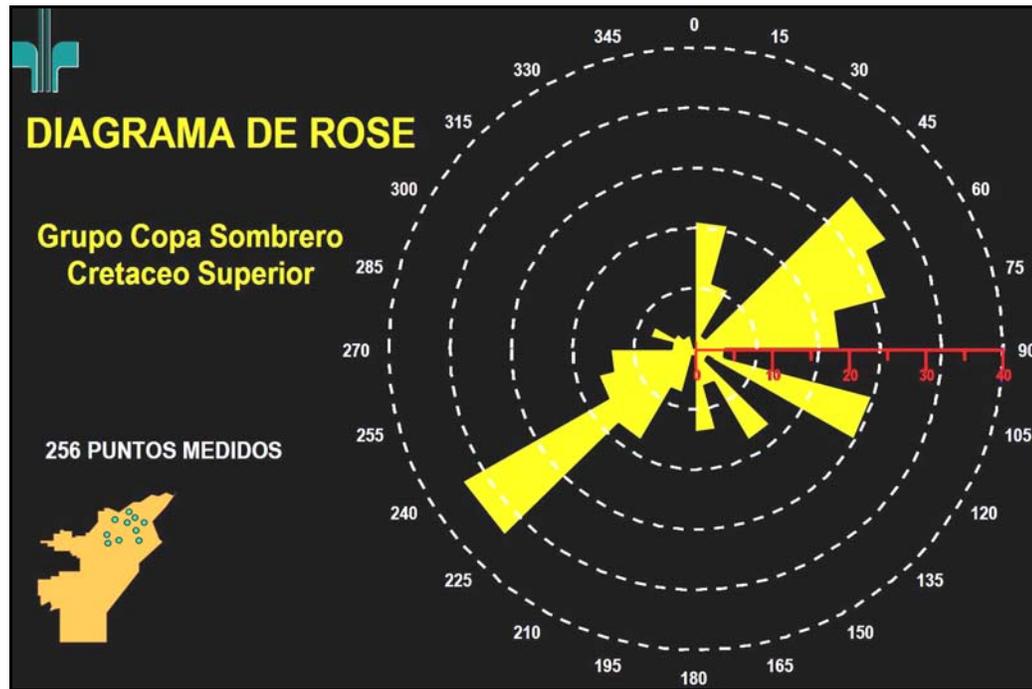


Fig 3.17: Diagrama de Rose mostrando los principales lineamientos en la Cuenca Lancones (tomado del Reporte de Pluspetrol, 2002).

De lo observado la Cuenca Lancones, se verificó la complejidad estructural por los diferentes sistemas de fallas (4). Estos lineamientos se verificaron en el campo, en 2 de los casos principalmente (falla Cuzco - Angolo, NE - SW y falla Huaypirá, E-W).

La falla Cuzco - Angolo en la quebrada Potrerillo en la margen occidental de la Cuenca Lancones se observa una parte de un rollover en la Formación Muerto muy típico (Foto 3.6). En esa misma quebrada y antes del rollover, se observa una falla normal de rumbo NE - SW (componente principal del fallamiento lístrico) que pone en contacto a las Formaciones Pananga y Muerto (Foto 3.7).

También se observa en casi toda el área la presencia de plegamientos (anticlinales y sinclinales) (Foto 3.8) ubicados entre los macizos de los cerros Amotape hasta cerca del margen del Río Chira. Hacia el norte, estos plegamientos se observan hasta el Pueblo de Encuentros, extendiéndose hacia los pueblos de Alamor y Célica en el Ecuador, al sur estos plegamientos truncan la falla Huaypirá, prolongándose en subsuelo debajo de la cobertura cenozoico (Fig. 3.13).

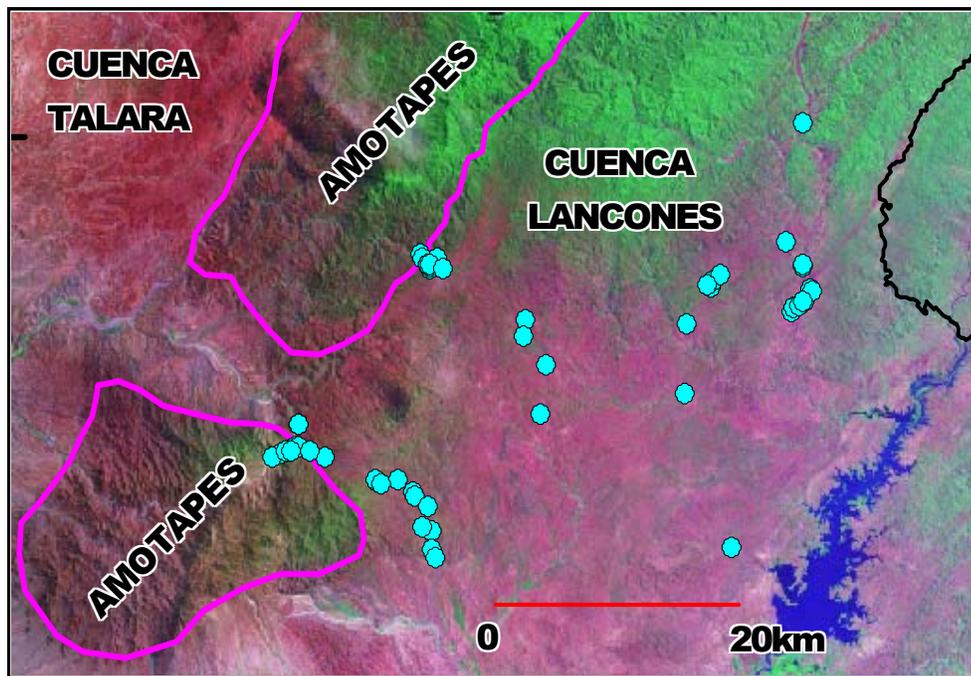


Fig. 3.18. Imagen Satelital (Landsat) que muestra los afloramientos visitados en la Cuenca Lancones.

Se visualiza también muy claramente que la falla Huaypirá sirve de límite sedimentario y estructural a la Cuenca Lancones, separándola en 2 partes, al norte con la secuencia cretácea plegada y al sur con la cubierta cenozoica con pliegues de amplitudes más anchos.

3.4.3. INTERPRETACION DE SECCIONES SÍSMICAS

En la Cuenca Lancones, se analizaron las secciones sísmicas PXII-99-05 y PXII-

99-10. La primera tiene aproximadamente 73 Kilómetros de largo, se inicia en la



Foto. 3.6: Evidencia de un pequeño rollover en la Formación Muerto cerca de la quebrada Potrerillos (prolongación al SW de la Foto 3.5).



Foto 3.7: Falla normal haciendo caer el Muerto. $S_o = N245\ 35SE$. A la izquierda, facies más distales de la Formación Pananga y a la derecha, la Formación Muerto (quebrada Potrerillos).

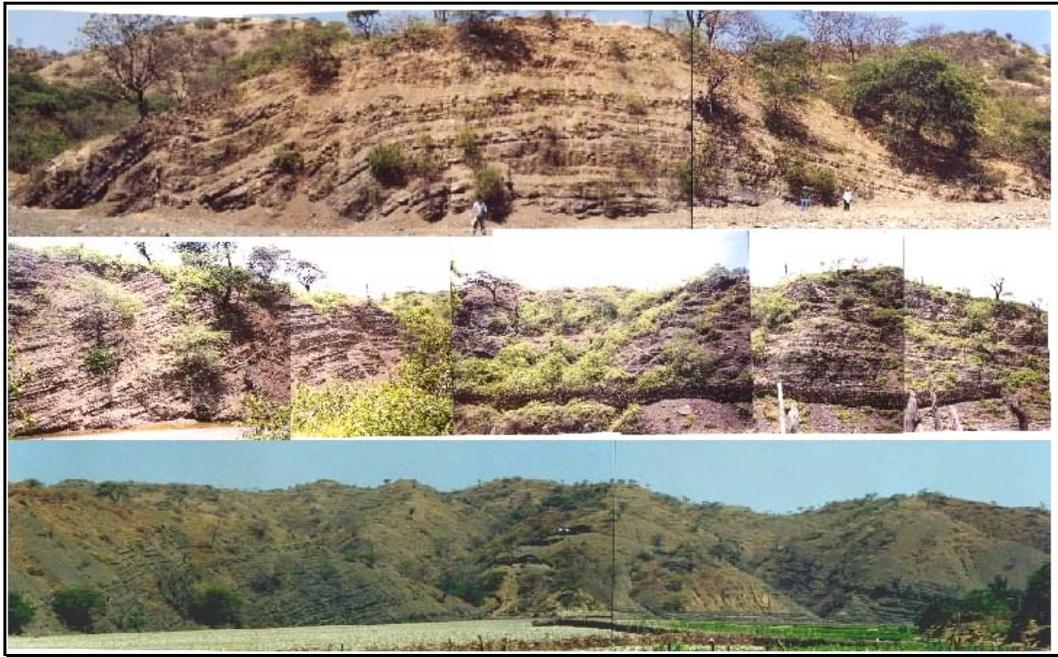


Foto 3.8: Principales plegamientos en la Cuenca Lancones (Pocitos, Canovitas y Jabonillos,) generadas anteriores a la sedimentación eocena. Tomada del Reporte de Pluspetrol, 2002.

parte sur de la Cuenca, pasa por la falla Huaypirá y cruza gran parte de las unidades cretáceas al norte de Huaypirá y a las secciones estructurales de las quebradas Seca y Máncora (Fig. 1.5 y 4.2) Entre tanto, la sección PXII-99-10 tiene aproximadamente 50 kilómetros de longitud con dirección W - E, y se cruzan en la parte sur de la Cuenca Lancones específicamente muy cerca al pozo Abejas 1-X.

En la sección PXII-99-10, se observa como estructura principal el alto del Tamarindo separando a las Cuencas Talara y Lancones (Fig. 3.19) este alto sirvió de unión a la sedimentación del eoceno (Formaciones. Chira - Verdun) y en parte a las formaciones de campaniano-maastrichtiano. En el sector oriental de este alto ocurre la flaja plegada cretácea del Grupo Copa Sombrero y de la Formación Muerto del albiano. Las formaciones del eoceno se hallan en discordancia erosiva sobre el plegamiento del Grupo Copa Sombrero.

El Grupo Copa Sombrero y la Formación Muerto se hayan plegados. Y, los

sedimentos suprayacentes del eoceno forman pliegues de amplitudes mas anchas extendiéndose hacia Talara. Este último evento compresivo fue posterior al evento que afectó a las rocas cretáceas (paleoceno).

De la sección PXII-99-05 (Fig. 3.19-abajo), se observa al NE del Alto de Tamarindo; el tope del paleozoico, la faja plegada del Grupo Copa Sombrero y en discordancia a las formaciones eocenas suprayacentes. Hacia el norte de la sección sísmica, aflora la falla Huaypirá, seguido de la secuencia cretácea plegada, con fallas principales que pasan próximas a las prolongaciones de las secciones estructurales de las quebradas Seca y Máncora (Capitulo IV) (no se hizo mayor detalle de esta parte de la Cuenca, debido a la poca información).

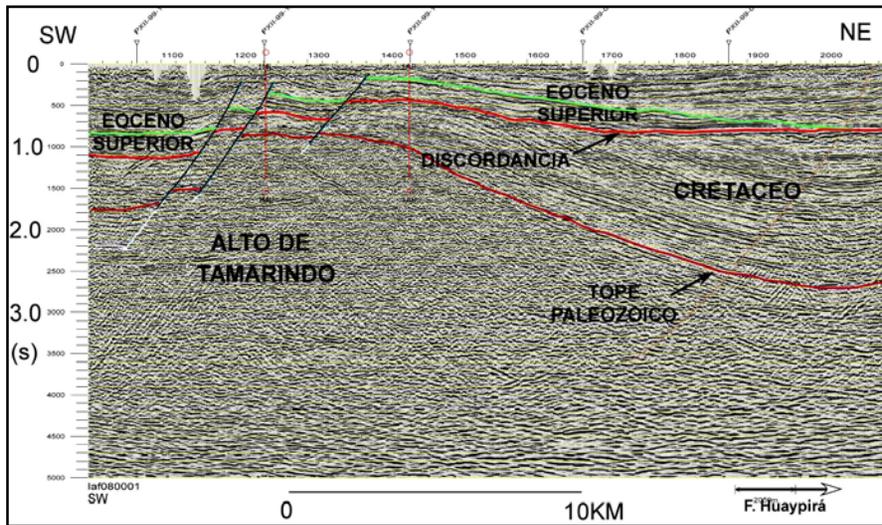
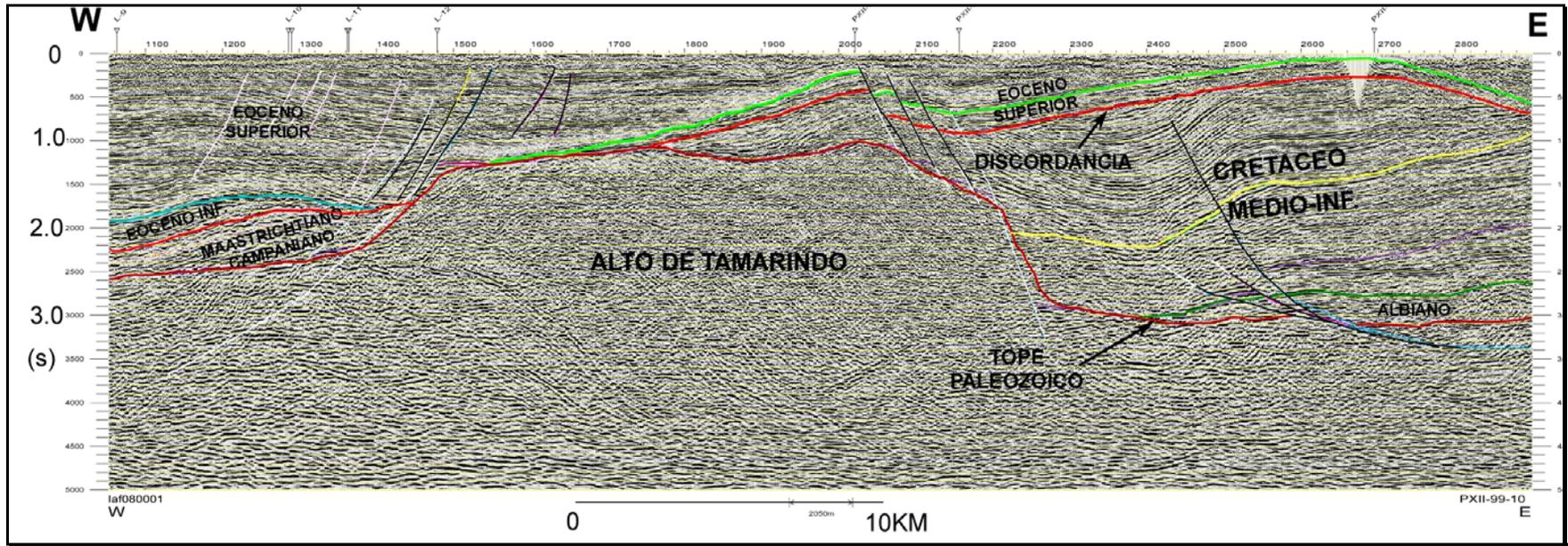


Fig 3.19: Arriba, sección sísmica PXII-10 re-interpretada, donde se nota la clarísima discordancia del eoceno sobre el cretáceo. La faja plegada del Grupo Copa Sombrero subyacente es sellada por los sedimentos del eoceno medio-superior. El alto de Tamarindo sirve de conexión y de límite entre las Cuencas Talara y Lancones. Abajo, se observa parte de la sección PXII-05, cortando perpendicularmente a la sección PXII-10, y solo bosquejada hasta antes de la falla Huaypirá. Se visualiza fallas normales en los flancos de Tamarindo. Ambas secciones se encuentran al lado sur de la falla Huaypirá (ubicación en el mapa de la 1.5)

CAPITULO IV

SECCIONES REGIONALES Y ETAPAS DE DEFORMACIÓN

4.1. CONSTRUCCION DE LAS SECCIONES ESTRUCTURALES A TRAVES DE LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES:

Configurado y encajado las informaciones del subsuelo y de campo, se construyó las secciones estructurales A-A' de la quebrada Seca y B-B' y de la quebrada Máncora (Fig. 4.1). Estas secciones muestran las relaciones geométricas entre las diferentes Cuencas y permiten evidenciar varias etapas de deformación. Para construir estas secciones, se trabajó con la base de datos de un GIS para una mejor exactitud y calibración.

Las secciones se inician en el margen occidente en las costas del Océano Pacifico entre los Balnearios de Punta Sal y Máncora, pasan por las secciones sísmicas GMP-04 y 05 respectivamente (Fig. 1.5 y 4.2). Continúan hacia la montaña de los Amotapes, y a la Cuenca Lancones, finalizando en el límite del actual área VI. No se estableció la relación con la línea OXY-98-211 por carecer de mayor información con la línea de costa.

4.2. ANÁLISIS GEOMETRICO DEL FALLAMIENTO LÍSTRICO:

En el análisis regional de la geometría del sistema de fallas lístricas en las dos secciones regionales construidas se intenta describir el sistema extensional en su conjunto, ubicar el nivel de despegue principal y caracterizar los diferentes semi-grabenes (Fig. 4.1).

Las zonas de despegue en la Cuenca Talara se encuentran a mucha profundidad aproximadamente entre 3.4 y 4 segundos de la sección sísmica (Fig.3.10 y 3.11), estas generan el vuelco completo del fallamiento lístrico, que no se pueden evidenciar en el campo, pero se observan en las secciones

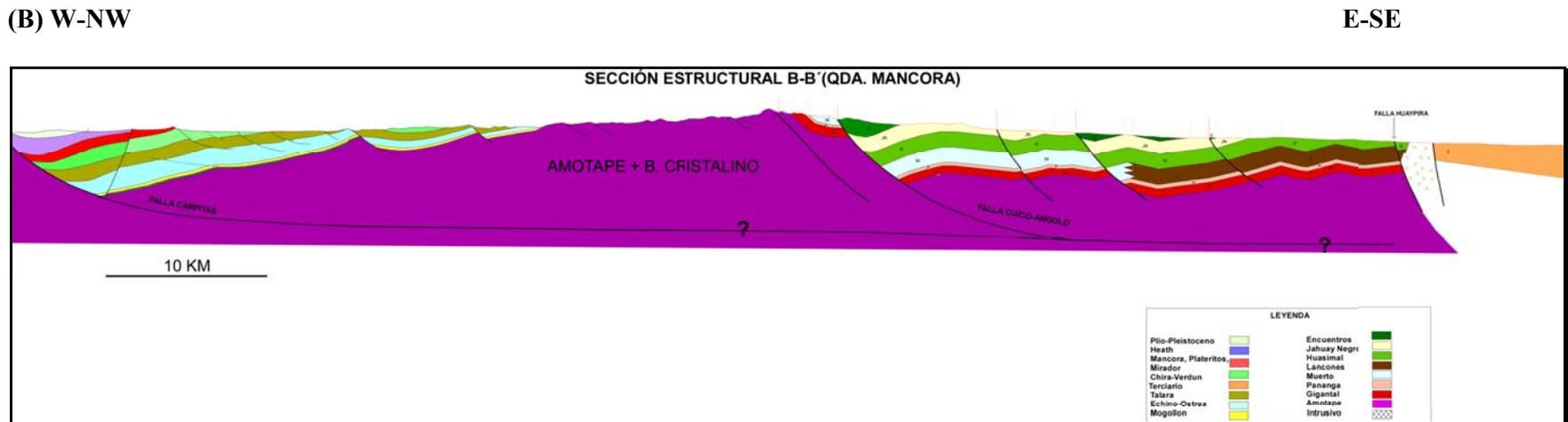
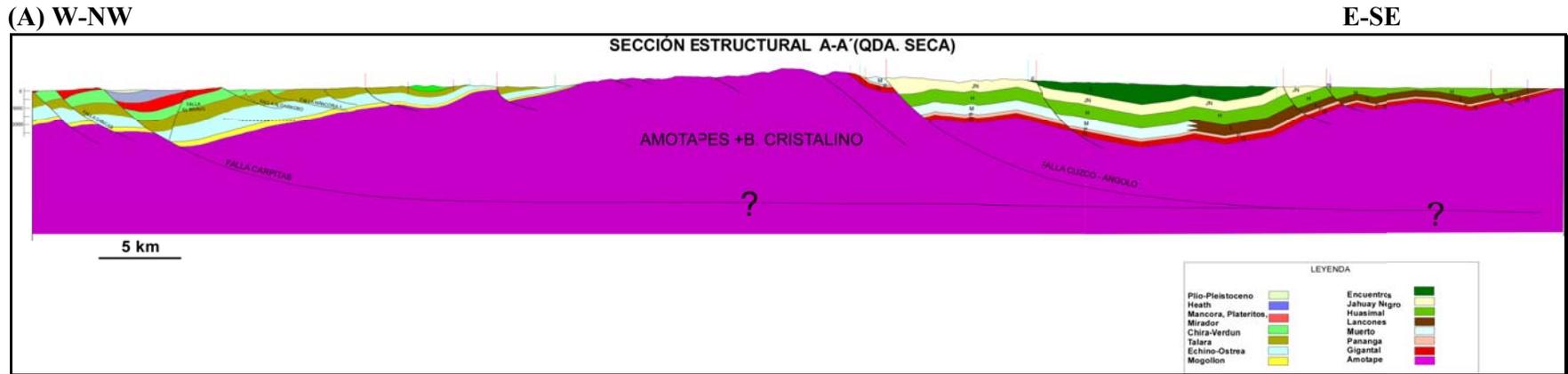


Fig. 4.1: Secciones estructurales: (A) realizada a la altura de quebrada Seca (Región Máncora) hacia los Amotapes, llegando a la Cuenca Lancones; (B) realizada a la altura de quebrada Máncora (Región Máncora) hacia los Amotapes, llegando a Lancones (cerca de la localidad El Angolo). Ver ubicación de líneas en Fig. 1.5 y 4.2.

sísmicas GMP 04 y 05 y OXY-98-211 la horizontalidad del despegue principal (Fig. 3.10, 3.11 y 4.5).

En el proceso del acomodo geométrico de la estructura tipo rollover se crean semi-grábenes, que constituyen los primeros pasos en la construcción del rollover; estos semi-grabenes controlan las zonas de sedimentación de la Cuenca (Fig. 3.3 A).

Las secciones estructurales muestran en el lado oriental de la Cuenca Lancones el componente lístrico muy claro en la quebrada Gramadal - Potrerillos, formando una estructura tipo rollover. El espacio generado fue rellenado probablemente por sedimentos posteriores del Eoceno inferior, en el campo se observa solo a la Formación Muerto que forma el substratum de esa estructura en dirección E - SE.

La falla lístrica Carpitás de la Cuenca Talara se observa en el campo y también muy clara en las secciones sísmicas GMP 04 y 05 (Fig. 3.10 y 3.11) cuya zona de despegue está a profundidad (3.8 segundos en promedio- ver sección GMP-04 y 05).

4.3. ANÁLISIS TECTONO-SEDIMENTARIO: ETAPAS DE DEFORMACION DE LAS CUENCAS TALARA Y LANCONES:

Los eventos tectónicos generados para el noroeste del Perú están registrados en los sedimentos de las Cuencas Talara y Lancones. Se analiza las relaciones entre las estructuras tectónicas y la sedimentación.

Los principales eventos tectónicos que relacionan ambas Cuencas, se pueden identificar a partir de los rellenos que colmataron los diferentes semi-grábenes (Fig. 4.4 y 4.5).

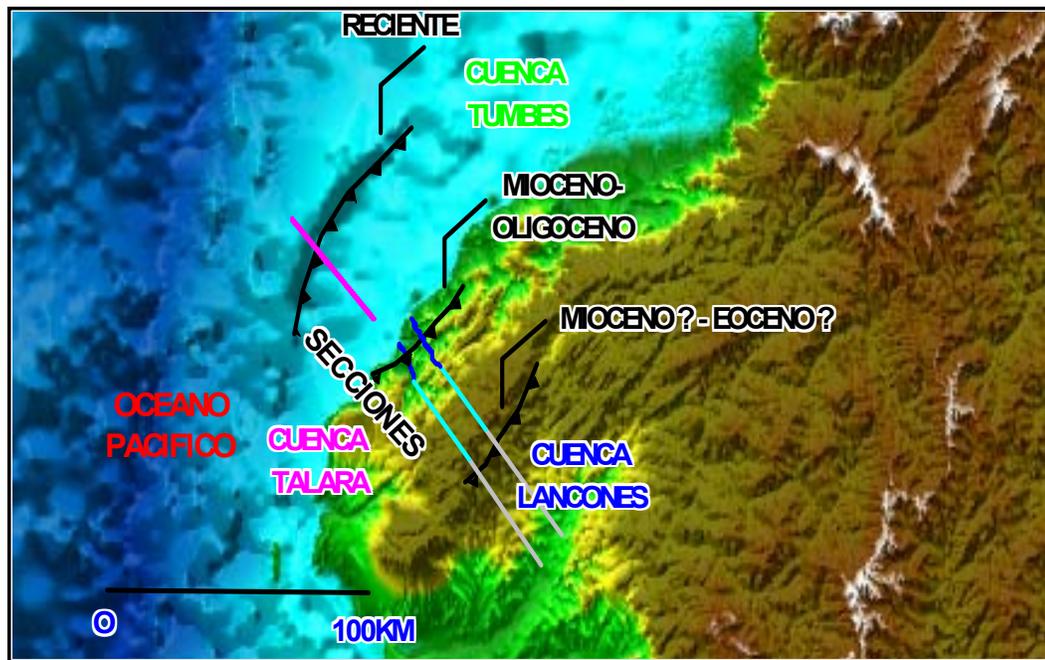


Fig. 4.2: Imagen Batimétrica y del relieve del NW del Perú (NASA). Se observa muy claramente las mega-fallas de W-NW a E-SE desde la falla del Banco Perú (reciente-pleistoceno-Pleistoceno), pasando la falla Carpititas (Mioceno-Oligoceno) y hasta la falla Cuzco-Angolo (mioceno ? - eoceno?). En rosado se ve la sección sísmica OXY 98-211, seguido de las líneas azules (secciones sísmicas GMP-04 y 05), luego las prolongaciones por encima de Amotapes en celeste y las grises llegando hasta la Cuenca Lancones en sentido E-SE.

Se tiene la idea que las primeras secuencias estratigráficas cretáceas se inició con la gran transgresión marina en el centro del Perú, alcanzando su máxima subsidencia en el albio medio, involucrando a gran parte del NW peruano, en donde se instala una plataforma carbonatada que pasa de ser somera, abierta a profunda y restringida, depositándose las Formaciones Pananga y Muerto, se cree que estas son las formaciones básicas de la gran Cuenca cretácea del noroeste, suprayaciendo a las rocas del paleozoico.

Entre las Cuencas Lancones y Talara, se interpone la montaña de Amotapes, como un centro de separación principal entre los sedimentos paleógeno - neógenos y los cretáceos. Al sur de la Cuenca Lancones, se observa muy claramente en la sección sísmica PXII-99-10 como el Alto de Tamarindo sirvió de separación y conexión sedimentaria-estructural a ambas Cuencas (Fig. 3.19-arriba). Esta misma vinculación se habría dado más al norte por la Región

Máncora por donde pasan las secciones estructurales de las quebradas Seca y Máncora, mostrando erosión de estos sedimentos.

Las estructuras dentro de este contexto fueron formadas en tres etapas diferentes; la primera compresiva pre-eocénica y los dos eventos posteriores extensionales, después de la fase Peruana del cretáceo tardío y de la fase Incaica del eoceno medio.

Esta descripción se hace dentro del marco de la evaluación y análisis de las secciones estructurales de las quebradas Seca y Máncora (Fig. 4.1) que muestran los principales aspectos topográficos y eventos estructurales evidenciados en el campo.

El sustento mas evidente del proceso estructural-sedimentario en la Cuenca Talara se halla aledaña a la falla Carpitás, esta crea un espacio que posteriormente fue rellenado por la sedimentación oligocena - miocena inferior (Formación Heath) y después por la secuencia pliocena-pleistocena (Fig. 4.1 y 4.4-en detalle); se observa también como las fallas Máncora-1, Algarrobo y las fallas al W (ver Fig. 3.10 y 3.11), guardan similares relaciones estructurales como continuación de los esfuerzos, del Eoceno, viéndose como las formaciones involucradas han variado, basculándose y engrosándose. Las formaciones Ostrea-Echino, Talara y Chira-Verdun también se hallan afectados por los pulsos extensionales de las fases tectónicas (especialmente de la fase Inca).

4.3.1. COMPRESION PRE-EOCENO:

Sedimentada toda la secuencia cretácea y paleógena en la Cuenca Lancones, se produjo la compresión post-cretácea (paleoceno?) en dirección normal a las tendencias estructurales SW - NE cuyos pliegues se evidencian al norte de la falla Huaypirá, donde estos plegamientos transformaron toda la secuencia cretácea de la Cuenca Lancones. Esta etapa compresiva se dio contra la

montaña de Amotapes y en su prolongación en el subsuelo donde los pliegues de mayor amplitud no encontraron esa contención creando pliegues de mayor radio de curvatura; dando la idea que fue otro proceso posterior sin embargo el pliegue está separado por la discordancia existente entre el Grupo Copa Sombrero y la Formación Chira - Verdun, muy bien bosquejada en la línea sísmica PXII-99-10 (Fig. 4.3 y 3.19).

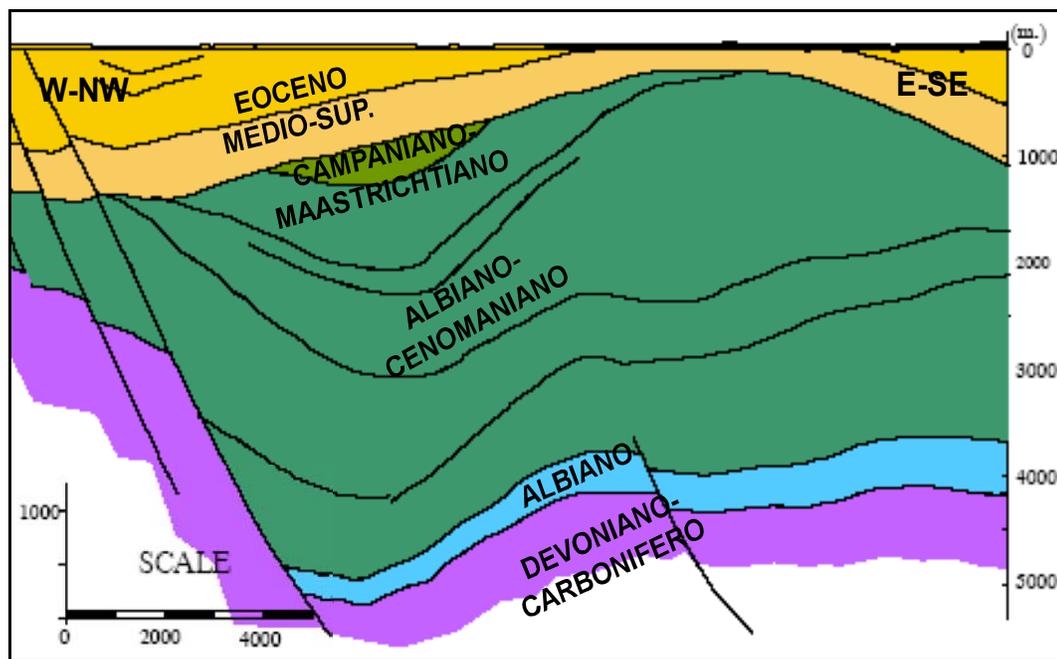


Fig. 4.3: De la sección PIIX-99-10, se observa el plegamiento del Grupo Copa Sombrero a la izquierda del Alto de Tamarindo en subsuelo, sellado por la discordancia del eoceno medio-superior. Este mismo plegamiento se observa en el campo en la parte norte de Huaypirá. Este plegamiento se dio aparentemente en el paleoceno.

Después los plegamientos, dentro de la Cuenca Lancones, se crearon diferentes direcciones estructurales con diversos lineamientos, evidenciados por las principales fallas dentro del complejo estructural. No es difícil determinar lo anterior, dado a que la Cuenca Lancones por su ubicación actual y edad tuvo que experimentar varios eventos tectónicos.

El sistema de fallas que se observan en la Cuenca Talara muestra cambios sistemáticos en la geometría, uno casi preferencial en ella y otro muy variado en Lancones, estos cambios variados en Lancones se dieron en diferentes etapas, vinculadas con la Cuenca Talara siendo la principal los fallamientos lístrico y /o en echelón.

4.3.2. EXTENSIÓN DEL MIO -OLIGOCENO:

En el contexto regional de la Cuenca Lancones, la falla lístrica Cuzco - Angolo guarda la relación con el inicio de la falla lístrica Carpititas en el área del mismo nombre en la Región Máncora de la Cuenca Talara (Fig. 4.4). El evento extensional en la Cuenca Talara se dio aproximadamente en el mioceno - oligoceno, y acondiciona la sedimentación de la secuencia pliocena -pleistocena (P. Baby, 2005-comunicación personal) (Fig. 4.4), determinando el contacto de las formaciones Heath dentro del hoyo con la formaciones Máncora - Plateritos - Mirador, bosquejadas como una sola, y en conjunto con la falla Carpititas generando la famosa estructura tipo rollover, geométricamente muy bien definida y deslizándose hacia el E-SE, se ve muy bonita en las líneas sísmicas de GMP 04 y 05 (Fig. 3.10, 3.11).

Hacia el W-NW se observa en la sísmica como las fallas (Falla Cancas) migran hacia el E - SE, mostrando las evidencias que el sistema mega-regional lístrico funciona.

Los lineamientos estructurales principales en el área de Carpititas tienen una dirección NE - SW, como las; Fallas Carpititas, Algarrobo, Máncora -1, etc y el eje de deslizamiento perpendicular a este esfuerzo tiene un sentido NW -SE. (Fig. 3.7).

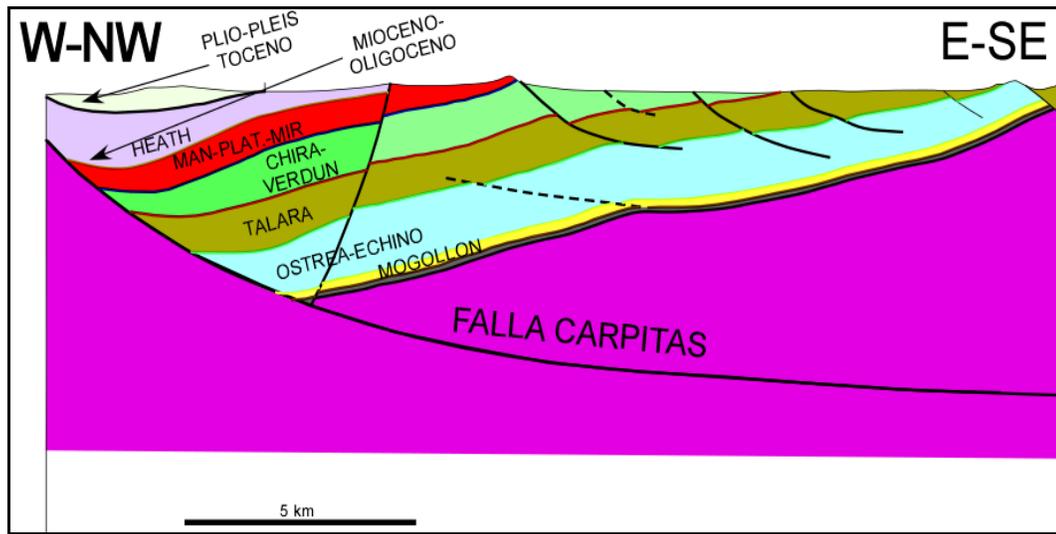


Fig. 4.4: Engrosamiento de Heath en el mioceno-oligoceno y la presencia de la secuencia plioceno-pleistoceno, indicativos del funcionamiento de la falla Carpititas, se observa muy bien el rollover, que hace al campo Carpititas una zona de hidrocarburos muy productiva.

4.3.3. EXTENSIÓN DEL PLEISTOCENO - RECIENTE:

La falla Banco Perú en sentido E - SE probablemente se junta y completa la relación del fallamiento lístrico, esta falla cierra el entorno mega-regional, corroborando el comportamiento lístrico teórico y desarrollado por las evidencias que tenemos ahora.

Se cree que esta última distensión es naturalmente necesaria, cuya base geométrica crea la idea del cierre de los múltiples fallamientos lístricos y que están unidos entre si.

La Fig. 4.5 nos refleja, basándonos en la interpretación de la línea sísmica OXY-98-211, como se forma la estructura tipo rollover, y como la falla Banco Perú se extiende hacia el E-SE en dirección de la falla lístrica Carpititas.

Se hace un acápite especial del probable último relleno del espacio creado por la reactivación de la Falla Cuzco - Angolo, este sería eoceno o incluso mioceno,

pensando que la reactivación habría ocurrido en ese tiempo, pero no se tiene mayor evidencia, debido a la erosión de esta parte de la Cuenca.

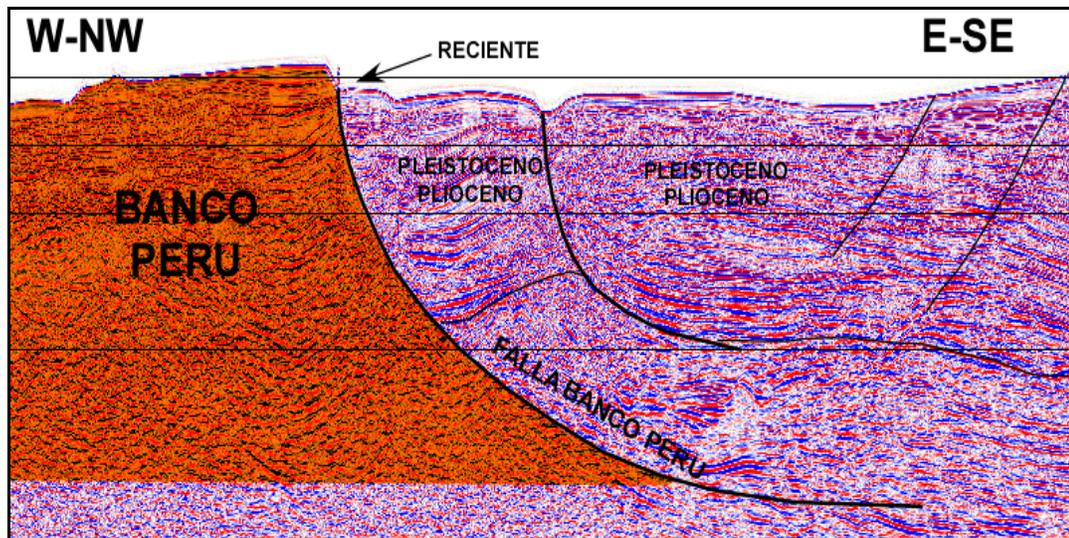


Fig 4.5: Falla lítica mega-regional del flanco oriental del Banco Perú. Se puede observar en la línea sísmica (flanco derecho) el relleno pleistoceno- plioceno (reciente). Línea sísmica mar adentro OXY-98-211.

Al sur de la Cuenca Lancones se observa (Fig. 3.14), que existe y / o existió sedimentación totalmente paleógeno, que junto a la sedimentación del eoceno y /o mioceno, podría ser una base ligera del probable relleno en el flanco occidental de la Cuenca Lancones junto a la montaña de Amotapes notándose la presencia de estructuras tipo roll over en este flanco. En el campo existe en la Formaciones Muerto y Encuentros estructuras roll over (Foto 3.6).

4.3.4. MODELO EVOLUTIVO

Todo modelo se crea en base a las evidencias sedimentarias, estructurales, etc observadas en campo, nace de una interpretación primaria que luego podría variar según la evolución de la investigación.

Este modelo como antes se mencionó resultó de un análisis exhaustivo de 2

secciones estructurales regionales, de ellas se desprende toda la información, es por eso que al describir las fallas regionales, se las enfocan dentro un patrón extensional y de un tipo de fallamiento lístrico.

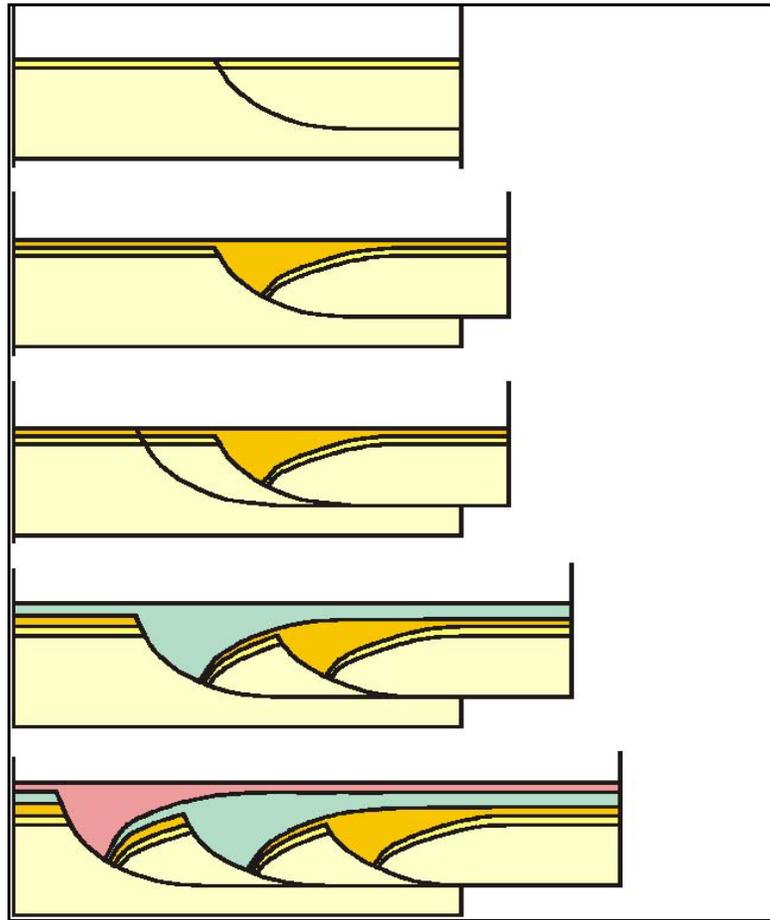


Fig. 4.6: Esquema simple que explica la relación geométrica existente entre las fallas lístricas del área de la investigación.

Se presume que las fallas lístricas tienen una relación en conjunto y una geometría equivalente, en plano horizontal como la figura 4.2 y vista lateral como la gráfica 4.6.

Las fases evolutivas de cada momento clave para crear este modelo básicamente se fundamentó en evidencias del engrosamientos de las secuencias pegadas al fallamiento, y a la continuación de las mega - fallas lístricas

observadas en las líneas sísmicas mencionadas, insinuando que tienen una relación entre si, como la imagen 4.6 y que fueron descritas en cada etapa de formación.

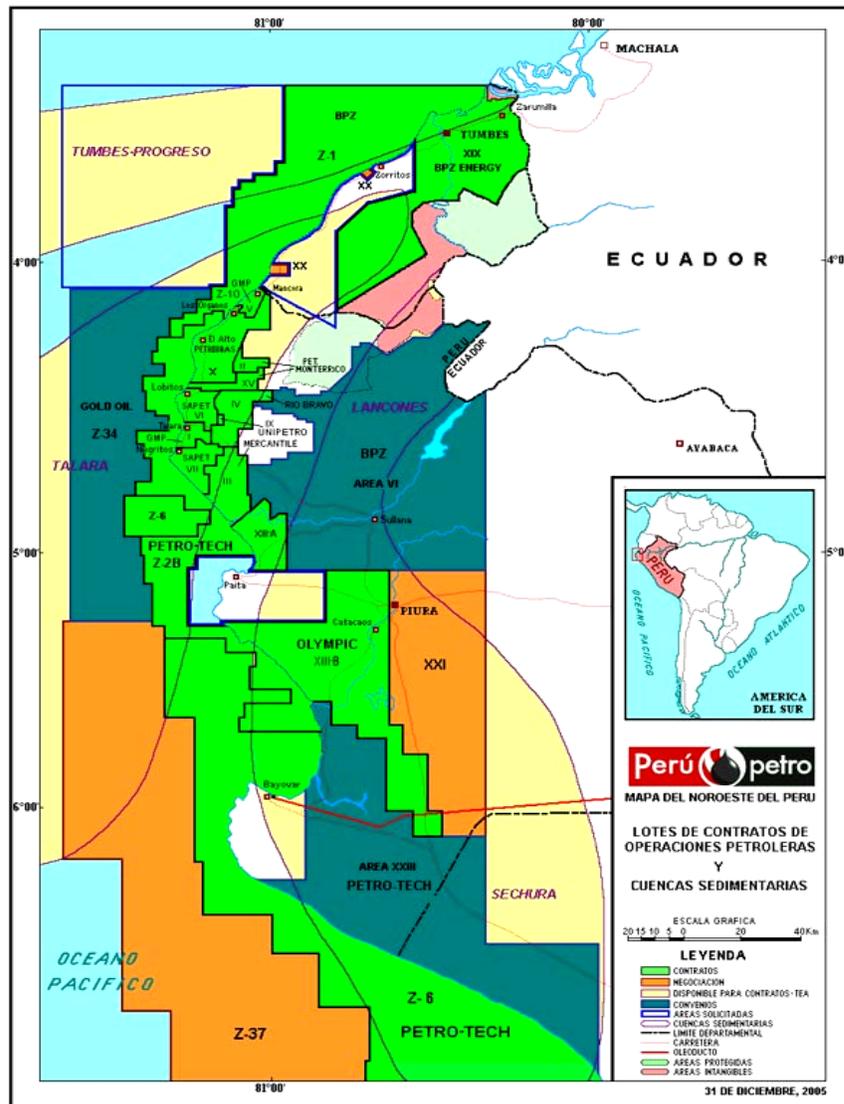
CAPITULO V

SISTEMAS Y POTENCIALES PETROLIFEROS

De los más de 14500 pozos perforados en el Perú, 14000 de ellos están en la Cuenca Talara, siendo esta una de las cuencas de mayor producción hidrocarburífera y actualmente aun continúa su producción.

En la parte norte de la Cuenca Talara y parte sur de la Cuenca Tumbes, se tienen aproximadamente menos de un centenar de pozos colocados en las principales estructuras. En la parte norte de la Cuenca Talara, cerca al Balneario de Máncora, y en la parte sur de la Cuenca Tumbes, cerca al Balneario de Punta Sal, se han explotado yacimientos petrolíferos en buena proporción, donde la mayoría de los pozos se han localizado en el área de Carpitás, y otros en lugares estructuralmente estratégicos, todos dentro de los actuales lotes V, X y Área XIV (Ver mapa de lotes, Fig. 5.1). La mayoría de estos pozos fueron perforados entre los años 1926 y 1970 (aproximadamente 55 pozos). Hace menos de una década, Graña y Montero Petrolera S.A perforo 3 pozos exploratorios en diferentes partes de su Lote V y área XIV, siendo estos pozos los más recientes en el área.

La Cuenca Lancones (actual área VI) tiene una historia completamente diferente, no se tiene más de un par de decenas de pozos perforados, señalando a la Cuenca Lancones como una Cuenca casi inexplorada. De otro lado, existen estructuras muy importantes de posible acumulación de hidrocarburos. En Lancones, los pozos perforados están en la "parte sur de la Cuenca", mas ningún pozo en la parte norte siendo el límite de estas la falla Huaypirá (Fig. 3.15). La existencia de estos pozos es de muchas décadas atrás y solo existe un pozo reciente que lo realizó la Compañía Pluspetrol Peru Corporation S.A, (Pozo Abejas 1-X) (Fig.1.5) también en la parte sur de la falla Huaypirá.



5.1. GENERALIDADES:

5.1.1. SISTEMA PETROLERO:

Un sistema petrolero es definido por Magoon (1987) como un sistema natural que compromete a la roca generadora y todo lo relacionado con el gas y el petróleo incluyendo los elementos y procesos geológicos que son esenciales para la acumulación de hidrocarburos si es que estos existen. Estos elementos y procesos forman una unidad funcional que crea las acumulaciones de

hidrocarburos. Los elementos esenciales incluyen la roca madre, la roca reservorio, roca sello, y la sobrecarga. Los procesos son la formación de trampas (Fig. 5.3) y la generación, migración y acumulación de hidrocarburos. El sistema petrolero existe donde los elementos y procesos esenciales ocurran.

La clasificación genética de los sistemas petroleros según Demaison y Huizinga (1991), consiste de la combinación de 3 categorías: (1) factor de carga (supercarga, normalmente cargado, no-cargado), (2) estilo del drenaje de migración (verticalmente drenado o lateralmente drenado), y (3) estilo de entrampamiento (impedancia alta y baja).

El factor de carga se estima usando la riqueza inicial de la roca madre y del volumen de la roca madre madura. El estilo del drenaje de migración es determinado de la trama estratigráfica y estructural del relleno de Cuenca, la migración vertical se da en sistemas de cuencas tipo Rift, secuencias deltaicas, provincias de domos salinos, cuencas pull-apart, y cinturones plegados. En cambio para la migración lateral, el drenaje es dominante en provincias tectónicamente estables como en cuencas de Antepais o cuencas de Plataforma Intracratónicas (Fig. 5.2).

El estilo del entrampamiento, dependiendo de la trama estructural y de la presencia de sellos efectivos, describirá el grado de resistencia (impedancia) que trabaja contra la dispersión de la carga de petróleo.

Cuando la materia orgánica se altera, hay variaciones que clasifican el tipo de materia orgánica creando parámetros. Estos parámetros se dilucidan en 3 específicamente: una roca inmadura (Proceso Diagenético), es cuando la roca no ha sido alterada por la T° (inferior a 60°C), no genera hidrocarburos; una roca madura (Proceso Catagénico) se encuentra en la ventana de petróleo, acompañado por formación de gas en el intervalo de 60° - 150°C; una roca

sobremadura (Proceso Metagenético) se encuentra a la zona de gas seco (98% metano), donde la materia orgánica ha llegado a valores entre 150 ° y 200°C generando solo pequeña cantidades de gases.

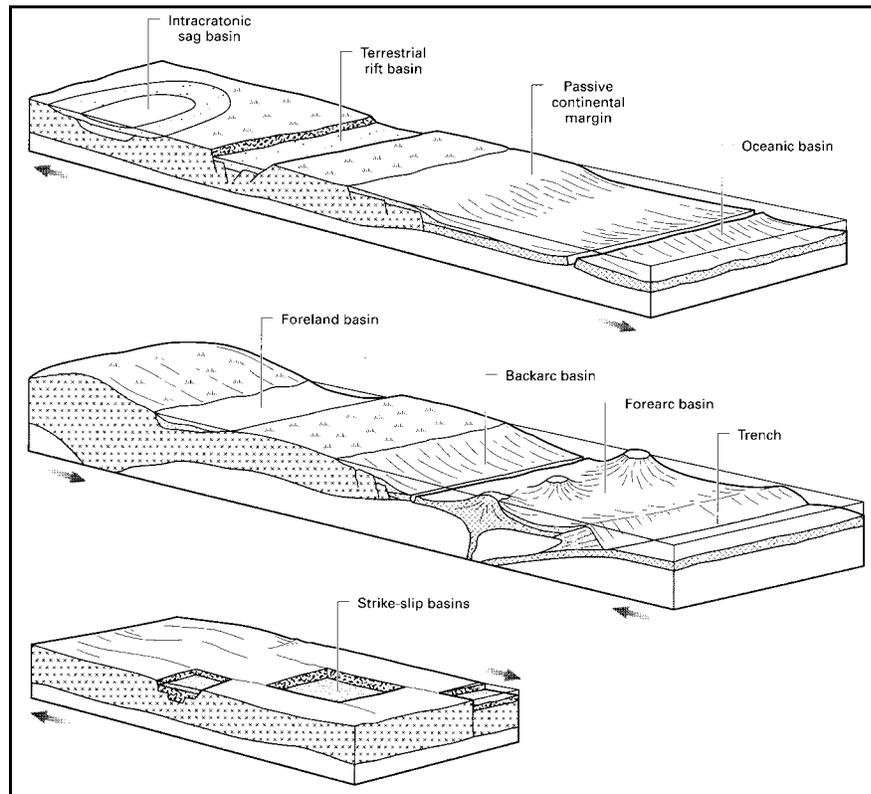


Fig. 5.2: Principales tipos de cuencas sedimentarias: Cuencas Forearc, Backarc, Foreland, Intracratónicas y tipo Rift (Fossen et al., 1994).

Todo el sistema petrolero en si funciona en relación a los elementos y procesos que hacen funcionar al mismo es por ello que se hará una descripción muy breve de los principales elementos y procesos de un Sistema Petrolero y además de los principales análisis geoquímicos realizados para la roca madre.

5.1.1.1. Elementos de un Sistema Petrolero:

Roca Generadora: roca rica en materia orgánica, la cual si es suficientemente madura, generara petróleo o gas. Las rocas generadoras típicas son usualmente lutitas y calizas. **Roca Reservorio:** roca en subsuelo que posee una

permeabilidad y porosidad suficiente para almacenar y transmitir fluidos. Las rocas sedimentarias como las areniscas son las más comunes. **Roca Sello:** roca relativamente impermeable (lutita, anhidrita o sal) formando una barrera o capa por encima y alrededor de la roca reservorio tal que los fluidos no puedan migrar mas allá del reservorio. **Overburden (sobrecarga):** columna litológica que suprayace el sistema roca madre-reservorio y que implementa la presión y la temperatura necesarias a la generación de hidrocarburos.

5.1.1.2. Procesos del Sistema Petrolero:

Formación de Trampas: Las trampas son el lugar donde los hidrocarburos se acumulan. Están selladas por una formación relativamente impermeable a través de la cual los hidrocarburos no puedan migrar. Básicamente, las trampas son estructurales, estratigráficas y mixtas. **Generación de Hidrocarburos:** La formación de hidrocarburos de una roca generadora resulta del kerógeno y se acumula como petróleo o gas. La generación depende de 3 factores principales; la presencia de materia orgánica suficientemente rica, una temperatura adecuada, y el tiempo suficiente para llevar a la roca madre a la madurez. **Migración de Hidrocarburos:** Es el movimiento de hidrocarburos desde la roca madre hacia la roca reservorio. El movimiento de los hidrocarburos recién generados fuera de la roca generadora se le conoce como migración primaria, y al posterior movimiento de los hidrocarburos dentro de la roca reservorio en una trampa de hidrocarburos u otra área de acumulación es la migración secundaria. **Acumulación de Hidrocarburos:** Es la etapa dentro del desarrollo de un sistema petrolero durante el cual los hidrocarburos se acopian y permanecen en un reservorio.

5.1.1.3. Análisis Geoquímico realizado en Rocas Generadoras:

La cantidad y composición maceral de Kerogeno determina el potencial de

petróleo y puede diferir verticalmente o lateralmente dentro de la roca madre, utilizando los Kerogenos tipo I, II, III (Tissot et al., 1974) y IV (Demaison et al., 1983).

El índice de hidrogeno (HI) y el índice de Oxigeno (OI) miden la cantidad de HC y CO₂ respectivamente en relación con el TOC, (Ver Tabla 5.1) quienes en conjunto definen el tipo de kerogeno obtenido del ensayo de la Pirolisis Rock-Eval y del análisis del TOC.

El carbono Orgánico Total (TOC, wt%) describe la cantidad de carbón orgánico en una muestra de roca e incluye al Kerogeno y al Bitumen. Los análisis Rock-Eval (ver Tabla 5.2) que derivan de una pirolisis dan información sobre la madurez y el potencial de la roca madre. La reflectancia de Vitrinita (Ro) es un parámetro que describe el nivel de madurez termal que alcanza las rocas madres que contienen vegetales.

Tabla 5.1. Parámetros geoquímicos de hidrocarburos expelidos: (Peters y Casa, 1994)

Tipo de Kerogeno	HI (mgHC/g TOC)	OI (mg CO ₂ /g TOC)	Hidrocarburo
I	> 600	< 40	Petróleo
II	300 - 600	40 - 70	Petróleo
II/III	200 - 300	70 - 100	Petróleo y Gas
III	50 - 200	100 - 200	Gas
IV	< 50	> 200	Nada

El Ro aumenta durante la maduración termal debido a las reacciones de aromatización irreversible y es directamente proporcional al grado de alteración termal de la roca por lo cual según el Ro se podría determinar la temperatura máxima a la cual se encontraba la roca.

Tabla 5.2. Potencial petrolero de la materia orgánica: (Peters, et al, 1994)

Potencial Petrolero	TOC (wt %)
Pobre	0 - 0.5
Medio	0.5 - 1
Bueno	1 - 2
Muy Bueno	2 - 4
Excelente	> 4

Los valores aproximados de R_o y T_{max} han sido asignados para el inicio y fin de la generación de petróleo. (Ver Tabla 5.3.)

Tabla 5.3. Descripción de la madurez termal de la materia orgánica (Peters et al; 1994)

Etapas de Madurez Termal		R_o (%)	T_{max}
Inmadura		0.2 - 0.6	< 435
Madura	Temprana	0.6 - 0.65	435 - 445
	Media	0.65 - 0.9	445 - 450
	Tardía	0.9 - 1.35	450 - 470
Sobremadura		> 1.35	> 470

5.2. SISTEMA PETROLERO EN CARPITAS:

En el área de Carpitas existen estructuras importantes que favorecen al entrapamiento y acumulación de hidrocarburos, existen pozos como el PL-X-2, PL-X-3, pozos recientes como GMP-X-1, GMP-X-2 y GMP-X-3, que han probado en Formaciones la presencia de fluidos. Los elementos para que un sistema petrolero exista se tienen reconocidos y en esta investigación fue evidenciado en las salidas a campo.

Una de las estructuras principales es el semi-graben del bloque basculado de la

falla lítrica Carpitas (Fig. 4.1), donde se observa un sistema petrolero activo, detallado mas adelante en su acápite respectivo.

El Campo Carpitas evidencio acumulación de hidrocarburos, los cuales fueron extraídos en su momento por las diferentes operadoras de ese entonces y aun se le podría considerar como un campo productor, motivo principal de esta investigación de demostrar ello.

5.2.1. ROCAS GENERADORAS:

Aun no se ha realizado un estudio geoquímico que determine las principales rocas generadoras dentro de la Cuenca Talara, pero si se tiene idea de que probablemente la Formación Muerto, de calizas lutáceas, del albiano, la Formación Redondo de lutitas marinas del campaniano son básicamente las posibles rocas generadoras que serian parte de 1 u 2 sistemas petroleros dentro de la Cuenca Talara (AIPC, Perupetro, Zúñiga y Rivero entre otros, 1998-1999). La Formación Heath seria la principalmente roca generadora para la Cuenca Tumbes. También se cree que en intervalos del eoceno y del mio-oligoceno se tengan arcillas potenciales que generen hidrocarburos para la Cuenca Talara, considerando un posible sistema petrolero Talara - Verdun.

El Origen del gas y petróleo producido de la probable lutita generadora de la Formación Talara (Foto 5.1), para el probable sistema petrolero Talara - Verdun en el área de Carpitas y Punta Bravo, están muy relacionadas a los reservorios adyacentes (Sanz, 1998). AIPC sin fecha evaluó el carbono orgánico total (TOC) de 151 muestras del paleógeno - neógeno tomadas de afloramientos y de cortes de pozos entre las locaciones de Zorritos y Talara. De todas esas muestras, 81 fueron del eoceno dando valores de 0.11 a 1.92 porcentaje de TOC, 15 muestras fueron de las lutitas de Máncora fluctuando entre 0.08 y 4.95 porcentaje de TOC, 35 de la Formación Heath con valores entre 0.24 a 3.86 en TOC, 13 de las

lutitas Zorritos con 0.22 a 13-12 en TOC, y 7 en las lutitas Cardalitos desde 0.15 a 1.62. Además Gonzáles y Alarcón (2002) indicaron del análisis geoquímico de 13 muestras de lutitas y calizas del cretáceo temprano (albiano) al oligoceno, con valores de TOC de 1.1 a 1.3.

5.2.2. ROCAS RESERVORIOS:

La principal roca reservorio para el área de Carpitás es la Formación Mogollón, debido a sus características petrográficas ideales. En los yacimientos vecinos ubicados al sur (Órganos, Zapotal) se tiene un buen comportamiento productivo probado.



Foto 5.1 : Lutitas de la Formación Talara (Roca Generadora ?) del probable sistema petrolero Talara - Verdun (Tomada del Informe BPZ, 2005).

Pero de los pozos que toco a la Formación Mogollón como el pozo AM-125, al oeste de Carpitás Este, cortándola en mas de 150 metros, al evaluar dicho pozo se obtuvo agua con salinidad de 12500 ppm de ClNa. El pozo Ba-X-2 ubicado al sureste de Carpitás corto 279 metros de la Formación Mogollón, primero

probando al substrato paleozoico produciendo agua, luego a la Formación Mogollón produciendo igualmente agua. Otros pozos como T-1-1, Ce-X-1 y Ba-X-1 se perforaron obteniendo los mismos resultados, agua. En conclusión se podría decir que todos estos pozos no se hallaban en una posición estructural correcta.

Al igual, la Formación Verdun también es un objetivo principal, esta tiene un buen comportamiento en los yacimientos Punta Bravo, Carpitás Oeste y Este. De los 40 pozos perforados, 19 son productores de petróleo y 1 de gas. De estos yacimientos se han producido hidrocarburos en conjunto en más de 300 mil barriles de petróleo. Esta Formación guarda buenas características petrofísicas como areniscas de grano grueso a conglomerádicas.

Así mismo, las rocas del substrato paleozoico son reservorios potenciales de porosidad secundaria por fracturas pudiendo constituir buenos yacimientos.

Otras formaciones como Echino-Ostrea (areniscas), Talara Basal (areniscas), Mirador y Máncora por sus características petrográficas también son consideradas objetivos secundarios. Muchos pozos han probado el Echino-Ostrea (AM-125, etc.) pero no han dado valores muy buenos, pero no se descarta como objetivo secundario. En Talara basal, un horizonte de areniscas conglomerádicas y conglomerados identificados por el pozo Ba-X-1 guarda buena relación como roca reservorio. La Formación Mirador esta conformada por arenas y areniscas conglomerádicas, poseyendo buenas cualidades para almacenar hidrocarburos. El pozo PB-56 perforo la estructura tipo roll-over atravesando este reservorio obteniendo 33 barriles de petróleo de 25.6 °API, también hubieron indicios en los pozos C-4 y C-7. Por tanto, la Formación Máncora debido a las buenas características petrofísicas es también considerada un objetivo secundario pero debido a su cercanía a superficie podría ser de riesgo.

5.2.3. ROCAS SELLO:

Las intercalaciones de lutitas y areniscas generadas de los procesos turbidíticos, fluviales y marinos son las principales influencias de los tipos y locaciones de sellos. Zúñiga y Rivero y otros (1998) indican que las lutitas marinas segregaron y sellaron las capas de areniscas en aguas profundas y someras. Las interestratificaciones y lutitas marinas suprayacentes son los principales sellos. Algunas unidades están compuestas de areniscas múltiples separadas por lutitas. Los sellos laterales son fallas normales principalmente, y la depositación lateral o erosional pinchan la mayoría de las areniscas marinas dentro de las lutitas (Zúñiga y Rivero y otros, 1998b).

Por tanto, las principales rocas sellos se visualizarían dentro de cada Formación específicamente para el área de Carpitás, nuestra área de investigación, donde las Formaciones Mogollón, Ostrea-Echino estarían selladas por lutitas de la Formación Talara y/o inclusive por las lutitas de Ostrea. La parte superior de esta Formación serviría como sello para las areniscas basales y megabrechas, asimismo el sistema mega turbidítico Chira-Verdun serviría de sello a Talara, también en ella misma estaría funcionando probablemente como reservorio y sello.

5.2.4. MIGRACIÓN, ENTRAMPAMIENTO Y ANÁLISIS DEL SISTEMA PETROLERO EN CARPITAS:

El potencial petrolero para la parte norte de la Cuenca Talara (Máncora) se logro dilucidar gracias al reconocimiento de un afloramiento natural de petróleo, conocido como La Breita, lo que indicaría que el petróleo habría migrado hasta las estribaciones de los Amotapes por los sistemas de fallas y fracturas de rumbo NE-SO, que corren paralelas a la cadena montañosa, también puede haber migrado de Oeste a Este por reservorios. Durante la

migración hacia el noreste, el hidrocarburo podría almacenarse en rocas reservorio contenidos en una trampa, ya sea controlada por fallas o cambios de facies sedimentarios, hasta el punto de desborde (Fig. 5.3); y el petróleo adicional, continuará su migración hacia las zonas de menor presión, que son aquellas mas levantadas hacia las estribaciones de los Amotapes (Fig 5.5) .

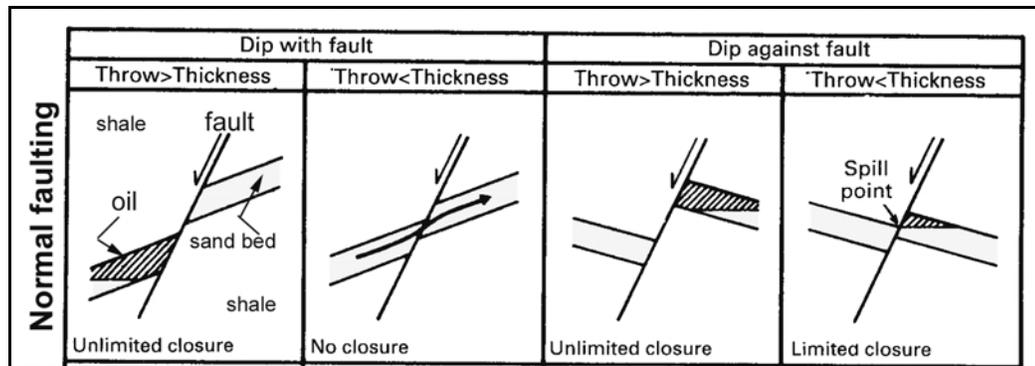


Fig.5.3. Tipos de entrapamientos en dirección del buzamiento de las capas relativo al plano de falla. También se observa el punto de desborde "spill point" el cual es el punto máximo de acumulación (Biddle & Wielshowsky, 2003).

5.2.5. PRINCIPALES ESTRUCTURAS EN LA PARTE NORTE DE LA CUENCA TALARA (CAMPO CARPITAS):

Los principales altos (Fig. 5.4) se hallan principalmente en alineamientos estructurales vistos en el campo y ayudados para su mejor localización por los DEMs, fotografías aéreas e imágenes satelitales. Estos altos son los principales rasgos ya probados y aun en parte por probar para la perforación y hallazgo de más hidrocarburos en la zona. A continuación se hace un detalle de cada uno de ellos.

5.2.5.1. Alto Punta Bravo:

Es de poca extensión, esta limitada al Este y Sur por la falla Carpitas, al norte por la falla Anteojos y al oeste por la falla Punta Bravo. Este alto se halla en el Alineamiento Santos Martínez denominado así según el Informe de GMP, 1994.

en el Alto de Punta Bravo. Esta también es un área interesante para la exploración por hidrocarburos pero no tan importante como Punta Bravo.

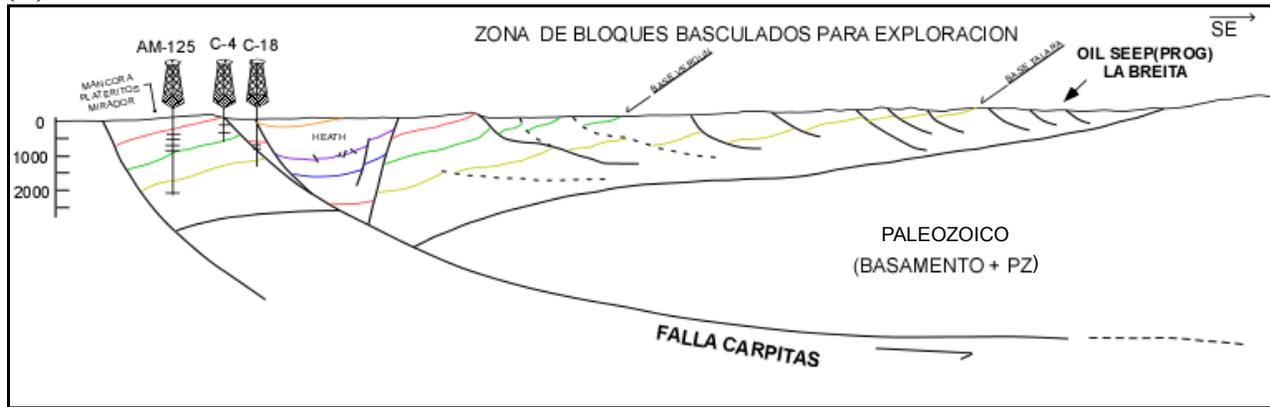
5.2.5.3. Estructura Tipo Roll-Over:

Esta estructura se halla ubicada en el bloque hundido de la falla “El Bravo” y en ella se concentran las formaciones mas recientes, como la productora Formación Verdun. Las estructuras tipo roll-over son conocidas como excelentes trampas para la acumulación de hidrocarburos, es por ello que esta estructura seria considerada de prioridad para la exploración por hidrocarburos en los reservorios, Verdun y Mirador.

5.2.5.4. Bloques intermedios Basculados:

Uno de los bloques principales se hallan en el alineamiento Corral de Ovejas - Churrusca, denominado así del Informe de GMP, 1994, ahí se menciona de un mega bloque levantado limitado por la Falla El Bravo y Algarrobo, antitética y sintética respectivamente a la falla lístrica Carpitás, estas podrían comportarse como sellos pudiendo explorar en los reservorios Mogollón, y Ostrea especialmente. Otros bloques basculados se hallan desde falla Algarrobo hacia el este prolongándose hasta los Amotapes (Fig. 5.4). Racionalmente para cada bloque debería hacerse un análisis para poder establecer los objetivos primarios, uno de ellos probablemente seria Mogollón debido a que se encuentra a mayor profundidad.

(A)



(C) OIL SEEP(LA BREITA)



(B)



Fig.5.5: Se observa el mecanismo en (A) del sistema de migración hacia los Amotapes, reflejada por el oil seep "La Breita"(migración del HCs hacia la parte mas alta),evidenciando el sistema petrolero activo. A, B, C, D, son fotos que muestran el lugar de expulsión del petróleo

5.3. SISTEMA PETROLERO EN LANCONES:

En la Cuenca Lancones, se tienen algunos pozos perforados al lado sur de la falla Huaypirá, el último pozo perforado fue el pozo Abejas 1-X (Fig. 5.6), el cual tuvo evidencia de hidrocarburos, con posible recuperación de petróleo y gas (Pluspetrol, 2002).

En el pozo Abejas 1-X, se encontró buenas lecturas cromatograficas de gas natural en reservorios de areniscas dentro de la formación cretácea Huasimal a una profundidad de 1102 - 1370 metros y de la formación Verdun a 435 - 575 metros.

De 2 intervalos de Verdun, 2 de Jahuay negro y 8 de otras del cretáceo se tienen características de muestra de petróleo con; (1) fluorescencia natural; (2) cortes buenos de petróleo, y (3) contraste residual. El prueba MDT de la Formación Huasimal recupero gas natural. Este pozo fue abandonado después de entrar en las rocas metamórficas fracturadas de la Formación Amotapes, el cual fue principiado a 1798 metros de profundidad. (Reporte Pozo Abejas 1-X, 2002).

La mayoría de la información sobre el sistema petrolero de la Cuenca Lancones se tomo de los Reportes de Perupetro y Pluspetrol en 1986 y 1999 respectivamente, en esta investigación solo se añadió en lo posible con la data de campo recopilada.

5.3.1. ROCA GENERADORA:

La roca generadora mas importante para esta parte es la Formación Muerto (Foto 2.5), cuyos sedimentos de granos muy finos fueron depositados dentro de un ambiente anóxico, creando en ella el tipo de kerógeno que la hace una roca madre potencial para la generación de gas natural y petróleo.

Se realizaron análisis geoquímicos de muestras de afloramientos en la Cuenca Lancones (realizadas por Petroperu, 1986 y Pluspetrol 1999), indicando que el nivel de maduración dentro del depocentro de la Cuenca Lancones aumentaba hacia el norte y asimismo también el espesor de la cubierta cretácea, indicando que los hidrocarburos generados por las rocas madres inferidas, lutitas del albiano de la Formación Muerto, en general pueden haber migrado y acumulado en las principales estructuras del sector norte de la Cuenca Lancones.

De las más de 90 muestras que se tomaron de las diferentes quebradas se obtuvo un promedio en TOC de 2%, el rango del tipo de Kerógeno variando del Tipo II al Tipo III, la madurez basada en la reflectancia de vitrinita(R_o) fue del 0.9 al 1% medidas de 28 muestras de 7 localidades.

Otro sistema petrolero mencionado sería para el lado sur de la falla Huaypirá, el análisis geoquímico que realizó Pluspetrol en su pozo Abejas 1-X nos ayuda a identificar otra potencial roca generadora, Formación Huasimal, en el intervalo 1103 a 1138m. De ella se obtuvo un kerogeno amorfo con 1.45 en TOC y un índice de madurez basado en reflectancia de vitrinita de 1.2 %, en ese intervalo se observó muestras de hidrocarburos de C1 a C5 del cromatógrafo de gas, por tanto esta roca madre podría surtir a los reservorios del eoceno tardío como la Formación Verdun.

5.3.2. ROCAS RESERVORIO:

Las formaciones más llamativas a perforar fueron las cuarcitas fracturadas del paleozoico y las areniscas del eoceno, estas formaciones son potenciales máximos dentro de la Cuenca Lancones.

La Formación Verdun del eoceno Tardío, consta con más de 300 metros

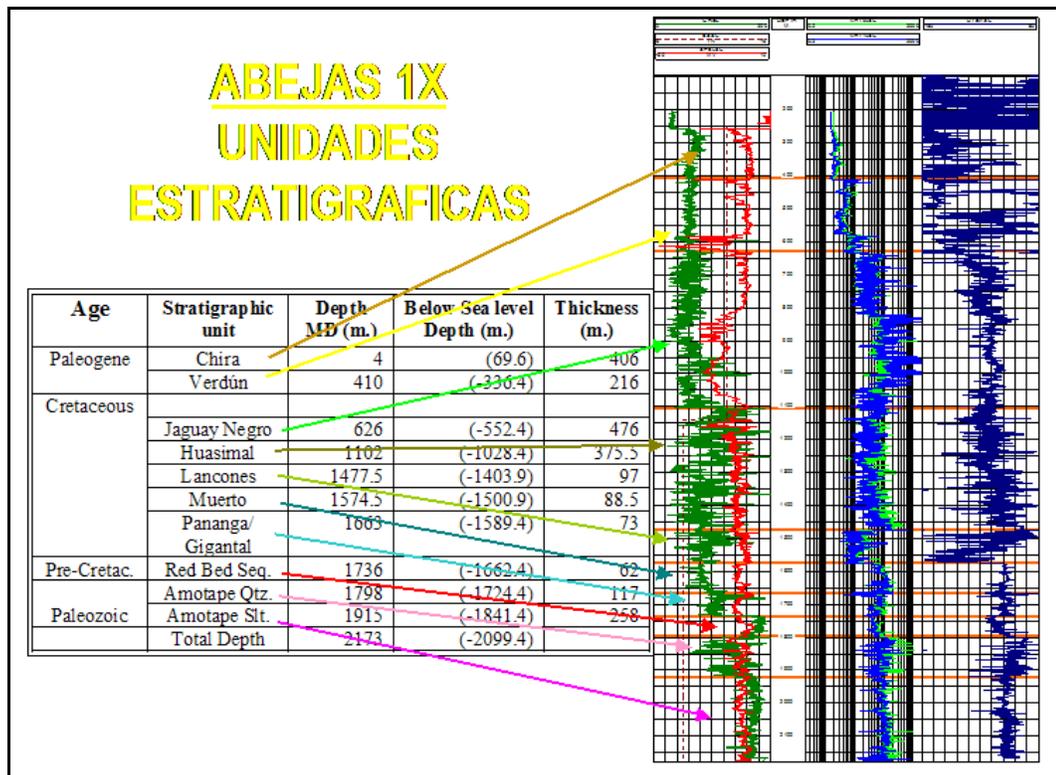


Fig.5.6: Tomada del Reporte de Pluspetrol del Pozo Abejas 1-X. Se observa las unidades estratigráficas, junto con la información de perforación y espesor de las formaciones atravesadas.

principalmente completado de areniscas, con conglomerados basales en algunos lugares, que producen en la Cuenca Sechura. Dentro de la Formación Jaguay Negro (cenomaniano - turoniano) altamente fracturada se tiene medida una porosidad de 12 %. Sus rocas son areniscas lítico arcósicas y masivas (Foto 5.3). En el cenomaniano también se tiene el miembro superior de la Formación Huasimal (miembro del mismo nombre), que se presentan con más de 500 metros en afloramientos, algunas de areniscas de grano fino. La Formación Gigantal (aptiano - albiano) es una Formación clave que consta de 50 a 100 metros de conglomerados, guijarros en una matriz arenosa, presumiblemente estaría relleno por la expulsión de la Formación Muerto. Y finalmente la Formación Amotapes (carbonífero), el cual presenta cuarcitas fracturadas (Foto 5.2), es mas donde se tienen 2 campos productivos de petróleo comercial en la Cuenca Talara (mar adentro).



Foto 5.2: Cuarcitas y areniscas cuarcíferas de la Formación Amotape, muy falladas y fracturadas, son uno de los principales objetivos para encontrar hidrocarburos por porosidad secundaria.



Foto 5.3: Areniscas fracturadas del Grupo Copa Sombrero, otro objetivo a encontrar hidrocarburos por porosidad secundaria

El pozo Abejas 1-X encontró buena porosidad primaria en pozos perforados y en afloramientos de la Formación Verdun. Los resultados del análisis

petrofísico y de la prueba de pozo han hecho posible la detección del sistema de fracturas en subsuelo, afectando reservorios potenciales del paleozoico y del cretáceo en el sector sur.

5.3.3. ROCAS SELLO:

Las unidades que sellan son secuencias gruesas múltiples de lutitas alojadas por encima a las rocas reservorio. La mayoría de las formaciones son secuencias reservorio y sello debido a que son capaces de almacenar y entrapar hidrocarburos. Por ejemplo se tiene a la Formación Chira sellando a la Formación Verdun, y Encuentros suprayacente a Jahuay Negro. Del pozo Abejas 1-X las pruebas de Formación (MDT) y de cromatografía de gases, se llevaron durante la perforación y ayudaron a identificar los estratos sellos del cretáceo tardío y del eoceno tardío, todo esto al sur de Huaypirá.

5.3.4. MIGRACIÓN Y TIMING:

De la información suministrada por los pozos perforados en la parte sur de la Cuenca dentro del bloque Tamarindo, se ha confirmado la generación y expulsión de hidrocarburos, en muestras de gas natural y petróleo, y también se ha confirmado que las vías de migración existen desde la roca madre hacia los potenciales reservorios del paleozoico, cretáceo y paleógeno.

Del reporte final de Pluspetrol del ex-lote XII se tiene una imagen (Fig. 5.7) donde se ve las potenciales cocinas y rutas de migración de los hidrocarburos.

La modelización de la Cuenca determina la profundidad de enterramiento, madurez, timing de expulsión, a partir de los valores de reflectancia de vitrinita, Heat Flow, TOC, entre otros, este acápite se ahondara en una parte

especial en párrafos posteriores para la descripción de esta trabajado con el software GENEX.

5.3.5. PRINCIPALES ESTRUCTURAS PARA LA EVALUACIÓN DE HIDROCARBUROS:

Las estructuras geológicas (Fig. 5.8) con interés petrolero en la parte norte de la Cuenca fueron formadas como resultado de eventos tectónicos principalmente relacionados a la fase Peruana del campaniano y a la fase Incaica de la orogenia Andina en el eoceno medio. Posteriormente, estas estructuras fueron modificadas por el levantamiento del basamento paleozoico y a su movimiento a lo largo del sistema de fallas relacionadas a la falla Huaypirá.

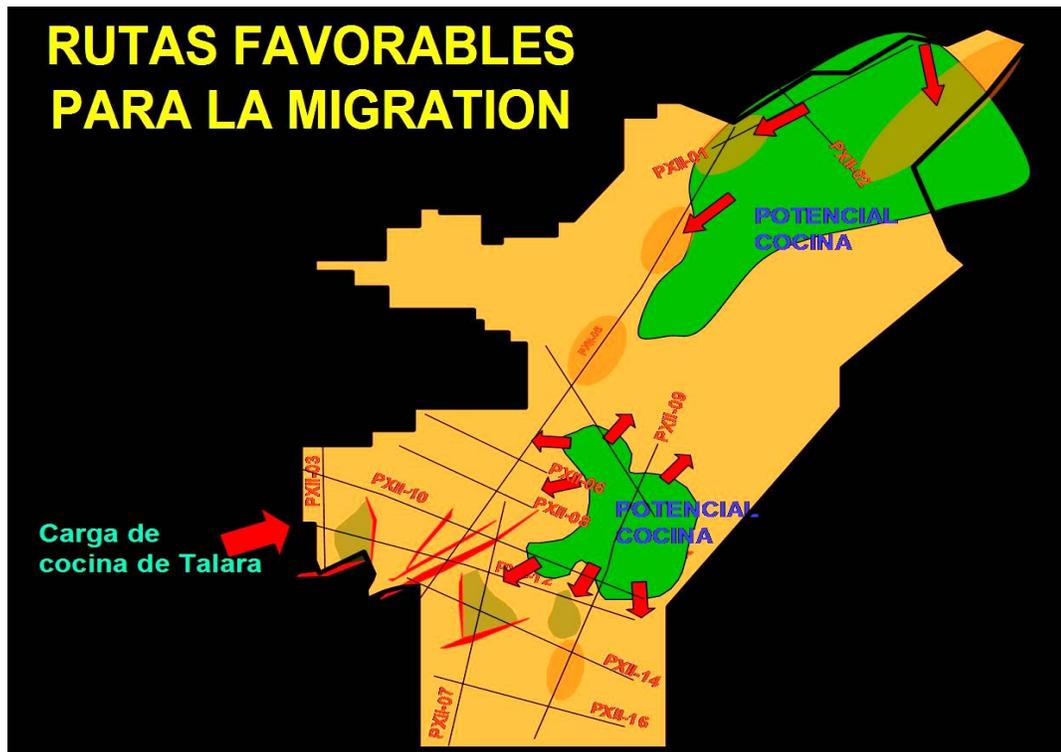


Fig. 5.7: Posibles cocinas y rutas de migración de la Cuenca Lancones, la de abajo para el lado sur de Huaypirá y la de arriba mas al norte ya en zona de frontera con Ecuador (Pluspetrol, 1999)

Se hace la descripción de solo las estructuras que se hallan en el lado norte de la

Falla Huaypirá debido a que es una zona inexplorada y de probable interés económico.

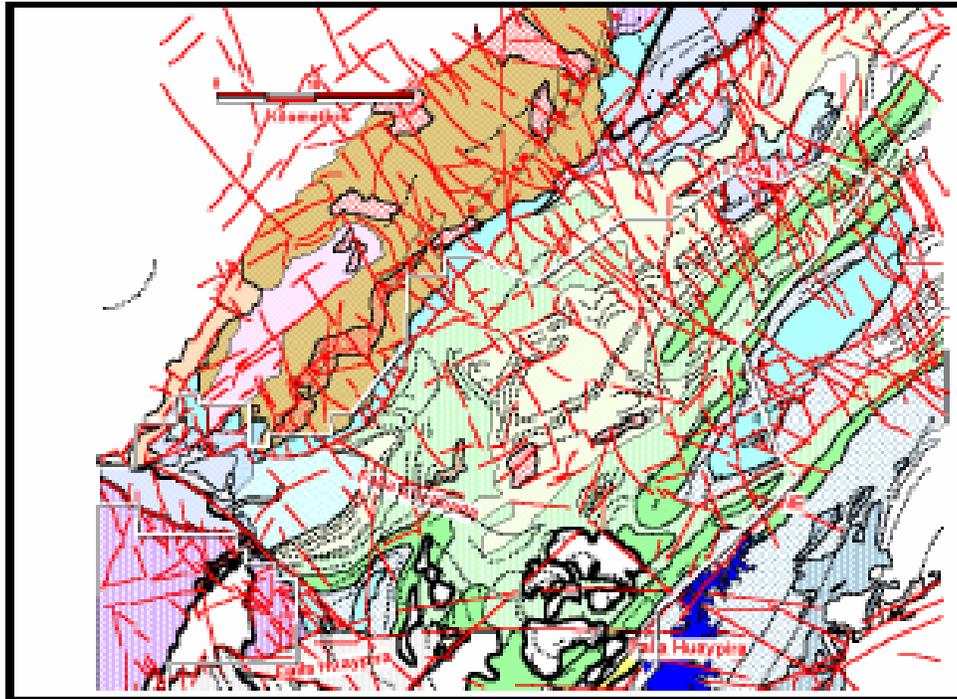


Fig. 5.8: Mapa estructural-geológico interpretado de Radar para la Cuenca Lancones, parte norte de la Cuenca. (Pluspetrol, 1999).

5.3.5.1. Anticlinal Jabonillos:

Es un plegamiento de rumbo NE -SW (Foto 3.8) que se extiende al menos en 30 kilómetros hacia el noroeste dentro del Perú prolongándose hacia el Ecuador. La Formación Huasimal, con las areniscas del miembro Horquetas, inclinándose con buzamientos altos hacia el NW es la que se expone a lo largo de los ejes del anticlinal. El objetivo sería la secuencia paleozoica al tope (287.5 km²).

5.3.5.2. Anticlinal Gallinazos:

Tiene una orientación NE - SW, con una longitud similar al Anticlinal Jabonillos, prolongándose hacia el Ecuador, teniendo un límite de eje con la

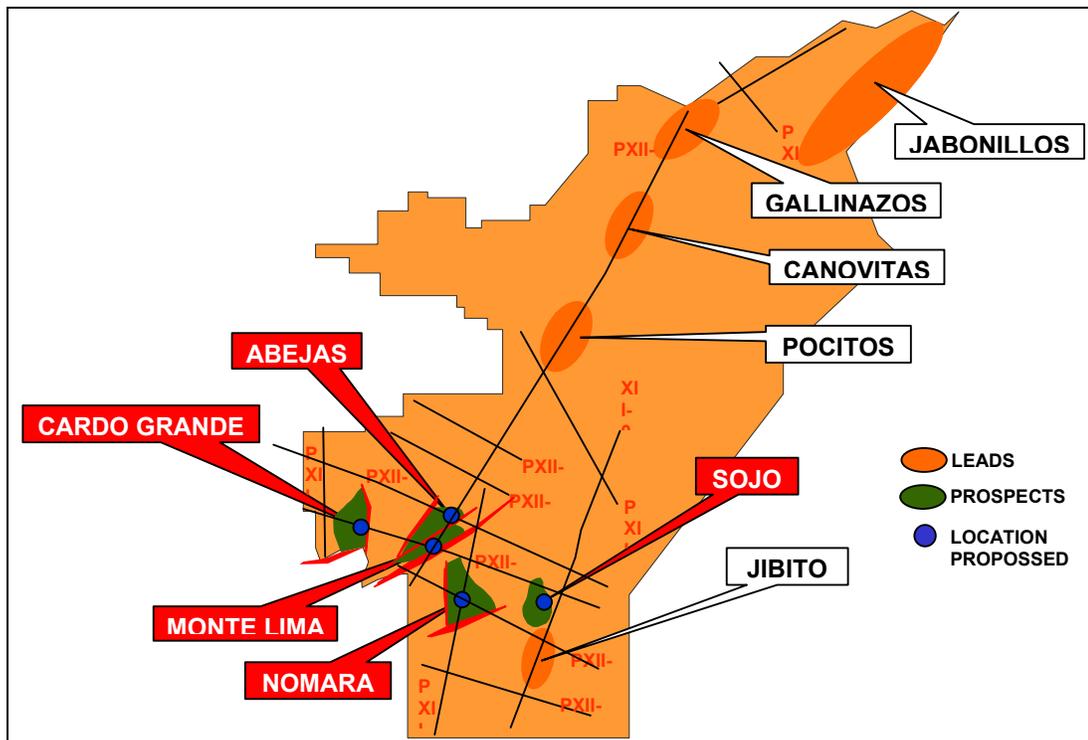


Fig. 5.9: Imagen tomada del Reporte de Pluspetrol, 2002, donde se ve las principales áreas de exploración en anaranjado al norte del ex lote 12 en la Cuenca Lancones.

curva que cierra el Anticlinal de Jabonillos. Este es un anticlinal más simétrico, y tiene 2 cierres en ejes separados que se diseñaron en Gallinazos Sur y Norte.

En Gallinazos Sur se expone en el ápice de la estructura la Formación Jahuay Negro, descansado directamente sobre la Formación Huasimal. Los objetivos a buscar serian las Formaciones Gigantal (22.6km²) y la secuencia paleozoica al tope (38.3km²). En Gallinazos Norte el objetivo seria la Formación Muerto Inferior. En una estructura de 11 kilometros.

5.3.5.3. Anticlinal Canovitas:

Es un plegamiento asimétrico (Foto 3.8) sellado hacia el norte, y limitado al sur por una falla normal (Falla Encañada), al lado de sus ejes se tiene aflorando a la Formación Muerto Inferior y rocas intrusivas (Gabro) del paleoceno. El objetivo

a perforar sería la secuencia paleozoica al tope (81.6km²) y la Formación Gigantal (71.6km²).

5.1.3.5.4. Anticlinal Pocitos:

Este plegamiento (Foto 3.8) se halla al sur de todas las demás estructuras mapeadas al norte de esta área, y se choca contra la falla Huaypirá. Tiene aproximadamente 18 kilómetros de longitud, exponiéndose en sus flancos la Formación Muerto. Su prolongación sobre el otro lado de la falla Huaypirá evidentemente descansa por debajo de los afloramientos del neógeno. Los objetivos primarios serían la Formación Gigantal (46.1 km²) y la secuencia paleozoica al tope (47.5km²).

5.3.6. MODELIZACION DE LA CUENCA LANCONES:

Básicamente, la modelización de la Cuenca Lancones se basó en la parametración más concisa de lo siguiente; valores de reflectancia de vitrinita (Ro), valores de Heat Flow para la Cuenca, distintas para el paleozoico, mesozoico y cenozoico (Fig. 5.8), además considerándolo dentro de un sistema abierto, de la exactitud en los espesores de las formaciones y de los espesores de las formaciones erosionadas, valores de TOC. Los valores de Ro y TOC, Temperatura fueron tomados de la información del pozo Abejas 1-X.

Para calibrar el pozo se utilizó los valores de Ro (Fig.5.11) y BHT (Fig. 5.12), los cuales fueron calculados por el software (GENEX - IFP Beicip-Franlab, 1995).

Los valores de Heat Flow (Fig. 5.10) para la Cuenca fueron diferentes en 3 etapas, hubo una principal para el cretáceo hasta el eoceno donde la Cuenca sufre un calentamiento generalizado por la intrusión de cuerpos calientes, generados por un arco volcánico que se notó principalmente en el flanco

oriental de la Cuenca, con la depositación de la Formación Lancones. Los

BOTTOM HEAT FLOW GEOHISTORY

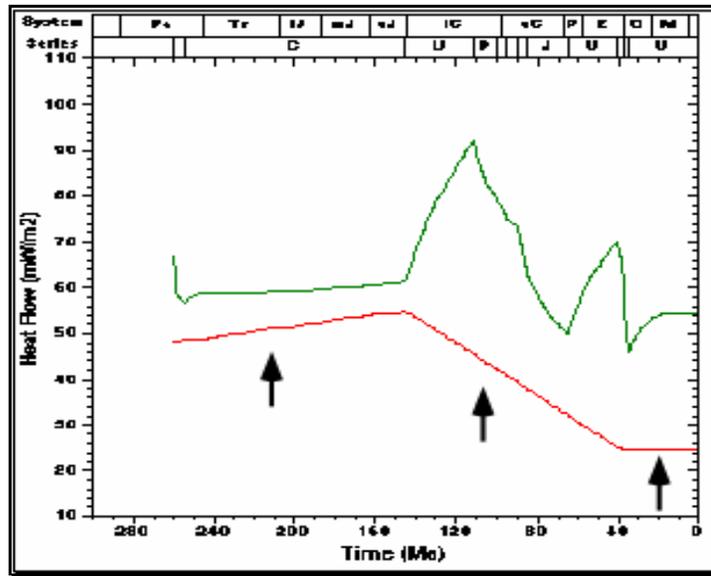


Fig. 5.10: Se observa la variabilidad del flujo de calor para Lancones, diferenciados en 3 etapas, hasta 40MA con 30mW/m2, hasta 145 MA con 55mW/m2 y hasta 260 MA con 48mW/m2.

WELL STATE VITRINITE REFLECTANCE

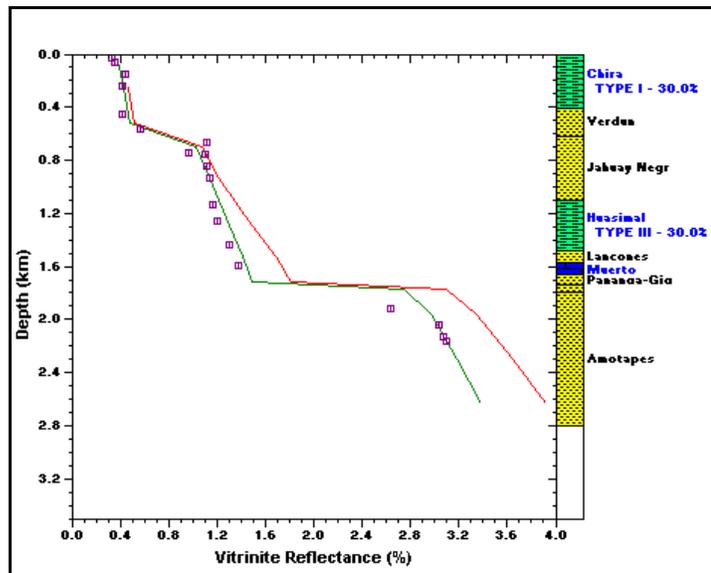


Fig.5.11: Se observa los valores de reflectancia de vitrinita (Ro) en morado como varían según el índice de madurez en relación a la profundidad para el pozo Abejas 1-X, valores de calibración.

cuerpos intrusivos se dieron hasta el eoceno, y los aglomerados volcánicos, flujos lávicos de la Formación Lancones básicamente se dieron en el albiano.

WELL STATE TEMPERATURE

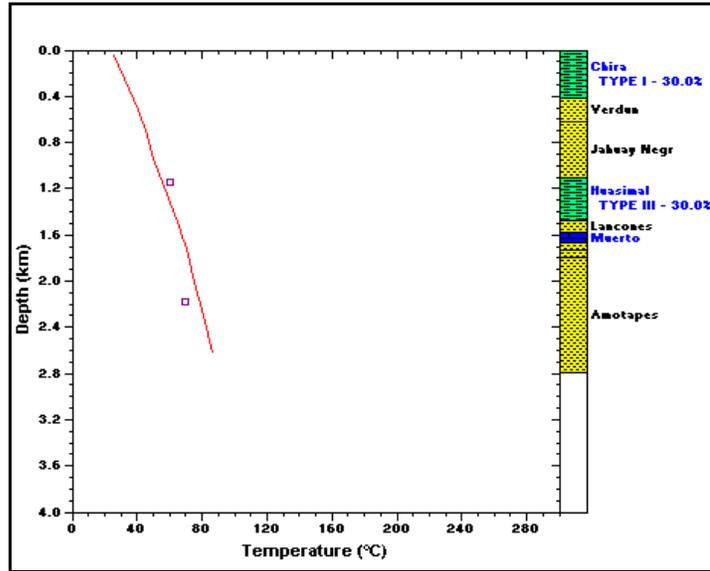


Fig.5.12: Valores de BHT del pozo Abejas 1-X, se muestra la calibración de los valores en morado, siendo la mas exacta posible para el pozo.

Con toda la información tomada del Pozo Abejas 1-X, se trabajo en el software GENEX, el cual ayudo a modelar mostrándonos en imágenes los valores resultados de la modelización.

De la modelización de la Cuenca se pudo evidenciar los procesos subsidentes más importantes que afectaron a la Cuenca Lancones, principalmente los del cretáceo superior al paleógeno y del cretáceo inferior con el paleozoico (Fig. 5.13).

La sedimentación del paleógeno en un régimen de corto tiempo a una tasa de 1700m/Ma no fue suficiente para que la Formación Chira genere hidrocarburos, si sirvió de sobrecarga para los sedimentos del cretáceo, el cual tuvo un régimen de aproximadamente 500m / Ma en aprox. 20 Ma que fue la que apoyo

mayormente a la generación, expulsión y migración de los hidrocarburos desde la Formación Muerto hasta probablemente Huasimal (Fig. 5.14)

TECTONIC SUBSIDENCE GEOHISTORY

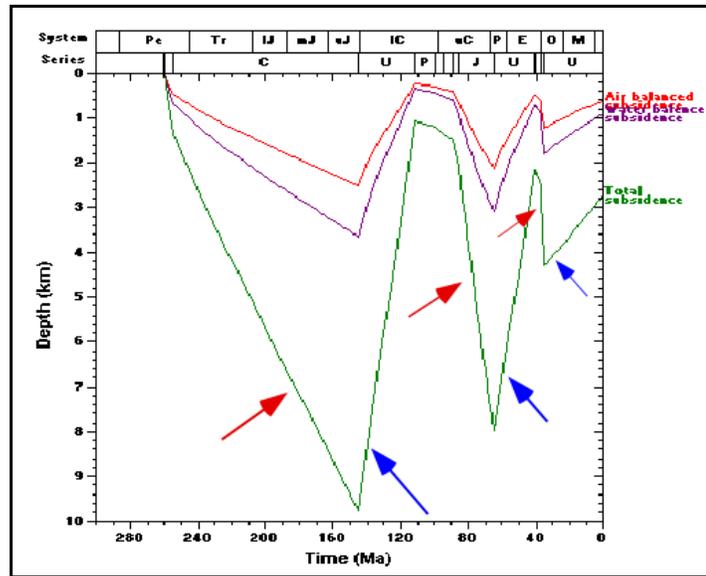


Fig. 5.13: Se observa en el gráfico la tasa de subsidencia y los procesos erosivos que la afectaron. En rojo sedimentación de las secuencias paleógenas, cretáceas y paleozoicas y en azul procesos erosivos del eoceno-reciente, paleoceno-cretáceo superior, y albiano-paleozoico respectivamente de derecha a izquierda.

A la Formación Muerto se le halló en el Pozo Abejas 1-X con un promedio de 0.6% TOC y con valores de reflectancia de vitrinita de 1.38. Por tanto, la Formación Muerto entro en ventana de generación de petróleo en el cretáceo superior, y expulso durante el paleógeno, actualmente se encuentra en ventana de gas (Fig. 5.15).

Cabe resaltar que la Formación Muerto tiene valores mucho mayores en TOC hacia la parte norte de la Cuenca Lancones, pudiendo haber generado más hidrocarburos al norte de Huaypirá

La Formación Huasimal para el pozo Abejas 1-X (entre 1103-1138), también se le halló buenas características de ser roca madre con 1.45 en TOC y Ro de 1.2 %, obteniendo muestras de hidrocarburos de C1 a C5 del cromatógrafo de gas. Actualmente se encuentra en ventana de gas (Fig. 5.15).

SEDIMENTATION AND SUBSIDENCE RATES GEOHISTORY

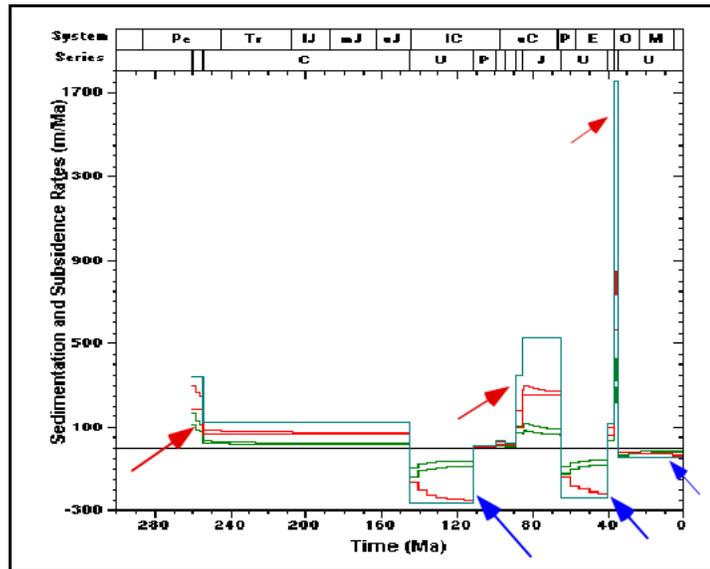


Fig. 5.14: Tazas de sedimentación, subsidencia y erosión; el recuadro celeste indica la sedimentación total, también señaladas por las flechas rojas y las líneas rojas dentro del recuadro celeste indica la subsidencia tectónica. Las flechas celestes indican la erosión del mioceno-oligoceno; eoceno-paleoceno y del cretáceo inferior de derecha a izquierda respectivamente.

La Formación Chira también tiene un valor promedio de 1% en TOC, pero un R_o menor a 0.6 lo cual indica que no ha alcanzado la madurez termal para generar HCs.

Del análisis de soterramiento se obtiene la cantidad probable de hidrocarburos expelidos del pozo Abejas 1-X (Fig. 5.16).

De la información de los parámetros geoquímicos tomados en la parte norte de la Cuenca Lancones, realizadas por Perupetro (1986) y Pluspetrol (1999), en sus respectivas campañas de campo, se obtuvieron mejores valores de TOC, también de buenos indicadores de generación, migración, entrapamiento de hidrocarburos, es por ello que la parte norte es un potencial área de exploración para hallar nuevas reservas de hidrocarburo. Es mas, los probables valores de expulsión de hidrocarburos serian mucho mayores a los de la parte sur de la Cuenca.

HYDROCARBONS WINDOWS GEOHISTORY

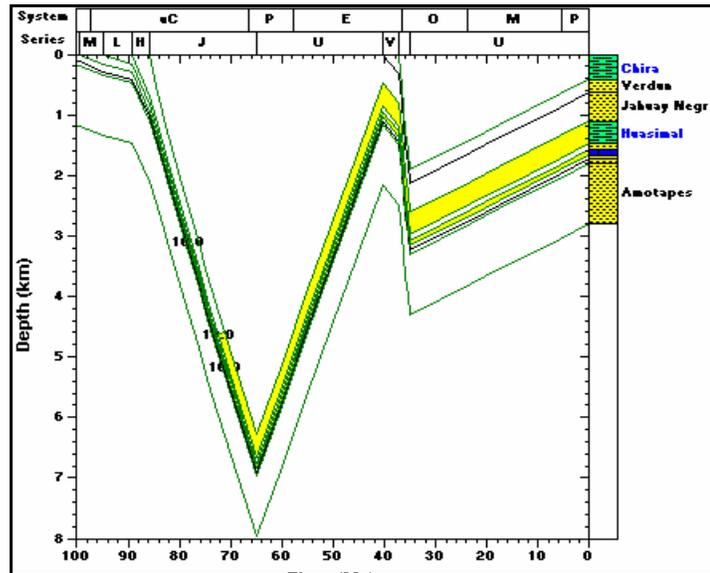


Fig. 5.15: Variación del tiempo con la profundidad, se observa que la Formación Muerto entro en ventana de petróleo en el cretáceo superior, actualmente se encuentra en ventana de gas, al igual que la otra probable roca madre, Formación Huasimal.

WELL STATE TOTAL EXPELLED HYDROCARBONS

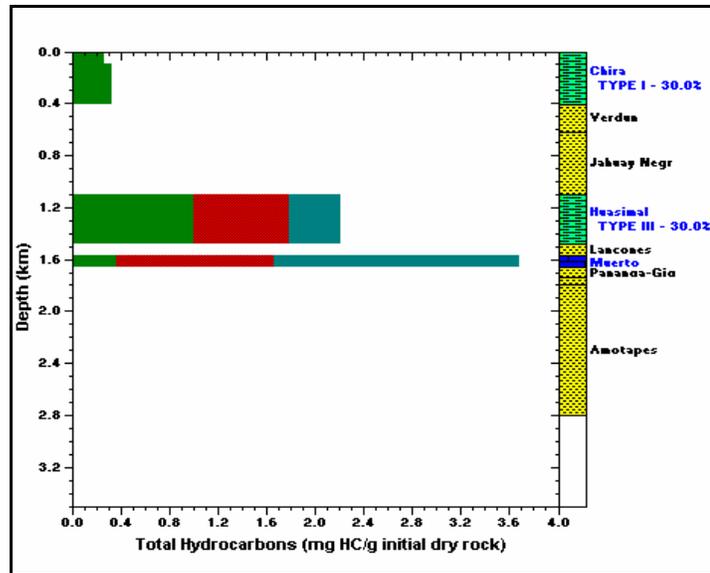


Fig. 5.16: Cantidades probables de expulsión de hidrocarburos para cada unidad litoestratigráfica con características de roca madre, de color verde es petróleo, de rojo es gas y de color turquesa el hidrocarburo diseminado

5.4. ASOCIACIÓN PETROLIFERA DE LA CUENCA TALARA A LA CUENCA LANCONES:

En la parte sur de la Cuenca Talara, se halla el Yacimiento de Portachuelos (Fig. 3.6), al sur de Lagunitos, que es un bloque levantado por dos fallas regionales normales, cortadas casi perpendicularmente por una tercera falla constituyendo una trampa. Tiene un área aproximada de 15 km² y allí se ha descubierto producción comercial de petróleo y gas en cuarcitas fracturadas del paleozoico superior (Grupo Amotape) y en las Formaciones Salina y Pariñas del eoceno inferior principalmente.

Lo mismo se podría esperar del paleozoico en Lancones; en Portachuelos se tiene una producción acumulada de más de 28.5 MM barriles de petróleo correspondiendo al paleozoico cerca de 6.5 MM barriles teniendo como energía de producción la expansión de gas disuelto. El promedio de producción del paleozoico por pozo es de aproximadamente 155 MM barriles. La producción inicial más alta fue de 1381 barriles/día (Pozo 5232) y la mayor producción acumulada es de más 650 MM barriles. La Gravedad API del crudo producido varía entre 19° y 30° API a 70° F.

Para el ex - lote XII, actual área VI (Fig. 5.19), se ha identificado un alto estructural de paleozoico llamado dorsal de Tamarindo, la cual controló la sedimentación cretácea de la Cuenca Lancones y posteriormente la depositación eocénica en la Cuenca Talara. Este alto estructural ha sido explorado solamente con la perforación de 2 pozos petrolíferos durante la década de 1920 los que no penetraron en rocas paleozoicas, encontrándose en uno de ellos (Tamarindo 3) shows de hidrocarburos.

Posteriormente en la década de los 60's se perforaron 2 pozos adicionales en el flanco oeste, de los cuales el pozo 5085 probó gas en pruebas de producción (1.85 MM pcgd) y el otro resultó seco. (Información obtenida del Reporte de Pluspetrol, 2001).

CONCLUSIONES

- Las Cuencas Talara (Región Máncora-Alto Carpitás) y Lancones corresponden actualmente a Cuencas extensivas estructuradas por fallas normales lístricas de escala regional que buzán en sentido de W-NW a E-SE. También se constató la relación lístrica desde el flanco oriental del Banco Perú, en relación con las fallas Carpitás y Cuzco - Angolo. Todo ello es sustentado por el relleno sedimentario que ocupa el espacio que este tipo de fallamiento crea. Para la falla Cuzco-Angolo (Cuenca Lancones), se concluye que el relleno habría sido erosionado, pero si existe el fallamiento. Todo este sistema regional funciona hasta la actualidad y se cree que la zona de despegue se halla a mucha profundidad y es la que determina el vínculo entre las fallas.
- Los principales lineamientos estructurales para el área Carpitás presentan un rumbo NE - SW, donde se tienen bloques basculados que verifican el sistema distensivo. En Lancones también, se tiene un rumbo principal NE - SW y 3 direcciones secundarias más, rescatando entre ellas el rumbo secundario E - W, identificada por la falla Huaypirá, que pudo alterar al sistema principal.
- Para el área de Carpitás se tiene el sistema petrolero Talara-Verdun, siendo las lutitas negras del Grupo Talara las probables generadoras, tomando en cuenta también a las lutitas de la Formación Ostrea-Echino. Las rocas reservorio principales serían los conglomerados de Mogollón, las turbiditas de Verdun y hasta las areniscas del Ostrea - Echino, como no se tiene secuencias cretáceas, indicaría que el sistema petrolero para esta área es paleógena - neógena. Las trampas estructurales con alto potencial de esta zona corresponden al tipo roll-over.

- Existe migración de hidrocarburos que van acumulándose en los bloques basculados en dirección hacia los Amotape como lo muestra la posición del oil seep “La Breita” en la parte alta del bloque basculado de Amotape (migración de HC hacia la parte alta). Es la prueba de la existencia de un sistema petrolífero activo
- En la Cuenca Lancones, la principal roca generadora es la Formación Muerto y en parte la Formación Huasimal; las rocas reservorios serían Gigantal, las areniscas turbidíticas del Grupo Copa Sombrero y las cuarcitas fracturadas del paleozoico. En la parte norte occidental se han delimitado 5 estructuras propicias para la exploración por hidrocarburos, con los mejores valores de TOC de roca generadora, con un promedio de 2% TOC, del cual se esperaría gas seco o gas y condensados. En la parte sur se tiene generación, expulsión y entrapamiento de hidrocarburos desde las Formaciones Muerto y Huasimal deducido por el análisis de soterramiento de la Cuenca y con shows de gas y trazas de petróleo evidenciado por la prueba MDT del Pozo Abejas 1-X.
- Se puede concluir que solo la configuración estructural entre las Cuencas Talara y Lancones empezó en el mioceno - oligoceno. De la línea sísmica PXII-99-10 en la parte sur de la Cuenca Lancones prolongándose hacia la Cuenca Talara, se puede determinar que ambas Cuencas estuvieron bajo una estrecha interrelación sedimentaria desde el albiano hasta el eoceno, y se hallan separadas actualmente por el Alto de Tamarindo.

RECOMENDACIONES

- Realizar trabajos de exploración geoquímica y simulación de soterramiento en la parte norte de la Cuenca Lancones y para toda la Cuenca Talara para caracterizar los sistemas petroleros existentes y determinar los tiempos de generación y expulsión de hidrocarburos.
- Realizar un análisis sedimentario - estratigráfico en las Cuencas Talara y Lancones para poder determinar la evolución secuencial en 3D de los ambientes sedimentarios y poder estimar la extensión de los reservorios.
- Realizar secciones estructurales al norte del Yacimiento Portachuelos en la Cuenca Talara en dirección W - E hacia Lancones pasando por el Alto de Tamarindo y / o pasando por la Cuenca para poder determinar mejor la relaciones tectónicas y sedimentarias entre ambas cuencas.
- Realizar exploración geofísica mas densa en la parte norte de la Cuenca Lancones para poder tener una mejor determinación de los prospectos exploratorios para esa zona.

BIBLIOGRAFIA

ALLEN P. y ALLEN J, 1990: BASIN ANALYSIS. Blackwell Science Ltd, Oxford, UK, 451p.

AIPC, ZUÑIGA Y RIVERO No date: A REVIEW OF THE PETROLEUM POTENCIAL OF THE TUMBES BASIN, PERU; Denver-Colorado AIPC 46 p.

ALEMAN R. A.M, MORRIS R.C. : SEDIMENTATION AND TECTONICS OF MIDDLE CRETACEOUS COPA SOMBRERO FORMATION IN NW PERÚ). Boletón Sociedad Geologica Peru – T48- pp.49-64

ARCHIVO TECNICO, 1926: "FILE DEL POZO MÁNCORA-1, Máncora. Base de datos de Perupetro.

ARCHIVO TECNICO, 1960:"FILE DEL POZO C-18, Punta. Bravo. Base de datos de Perupetro.

ARCHIVO TECNICO, 1961:"FILE DEL POZO C-04, Barrancos. Base de datos de Perupetro.

ARCHIVO TECNICO, 1969:"FILE DEL POZO BA-X-1, Barrancos, (Máncora). Base de datos de Perupetro.

ARCHIVO TECNICO, 1970:"FILE DEL POZO AM-125, Antejos, (Máncora). Base de datos de Perupetro.

ARCHIVO TECNICO, 1993:"FILE DEL POZO GMP-X-2, Algarrobo, (Máncora). Base de datos de Perupetro.

AZALGARA CARLOS, 1993: EVOLUCION ESTRUCTURAL DE LAS CUENCAS DE ANTEARCO EN OFFSHORE DEL PERÚ, INCLUYENDO LAS CUENCAS, SALAVERRY, TRUJILLO, LIMA Y PISCO ESTE Y OESTE; Tesis para optar el grado de Magíster, Universidad de Rice.140 págs.

BPZ, 2004: "INFORME ANUAL DE PROGRESO CONVENIO DE EVALUACION TECNICA AREA VI, LANCONES - TALARA".

BPZ, 2005. "INFORME DEL VIAJE DE RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE CAMPO A LA REGIÓN NOROESTE DEL PERÚ".

BPZ, 2005: "FINAL TEA REPORT OF VI ÁREA IN LANCONES BASIN".

DAVIDSON, 1986: LISTRIC NORMAL FAULTS PROFILES; calculation using bedlength and fault displacement, Journal of structural Geology v.8 p 209-210.

DEMAISON Y R. MURRIS, 1984; PETROLEUM GEOCHEMISTRY AND BASIN EVALUATION ; AAPG Memoir 35, p 1-14

GIBBS, 1984: STRUCTURAL EVOLUTION OF EXTENSIONAL BASIN MARGINS; Journal of the Geological Society 141, 8pags.

GRAÑA Y MONTERO PETROLERA S.A, 1993: "ESTUDIOS GEOLOGICOS COMPLEMENTARIOS DE LA REGIÓN CARPITAS - ZORRITOS" 86pags.

GONZALES Y ALARCON, 2002: POTENCIAL HIDROCARBURIFERO DE LA CUENCA TALARA: Lima Perú, Ingepet 2002 seminar, Nov 6-8. 15pags.

IDDINGS ARTHUR & OLSSON, 1928: "THE GEOLOGY OR NORTHWESTERN PERÚ" Bulletin AAPG, vol 12, pp 1-39.

IMBER, CHILDS, NELL, WALSH, HODGETS, FLINT, 2003: HANGING WALL FAULT KINEMATICS AND FOOTWALL COLLAPSE IN LISTRIC GROWTH FAULT SYSTEMS; Journal of Structural Geology 25, 11pags.

JAILLARD ETIENNE, GERARD LAUBACHER, PETER BENGTON, ANNIE DHONDT, LUC BULOT: " STRATIGRAPHY AND EVOLUTION OF THE CRETACEOUS FOREARC CELICA - LANCONES BASIN OF SW ECUADOR". Journal of South American Earth Sciences. 18pags.

LEON CHIRINOS ISABEL, 1993: "INTERPRETACIÓN DE LA EVOLUCION SEDIMENTARIA DE LA CUENCA TUMBES EN BASE AL ESTUDIO DE: LOG, DIAGRAFIAS Y PERFILES SISMICOS (NW del Perú)". Tesis para optar el grado de Ingeniero, UNSA; 91pags.

MAGOON LESLIE, DOW WALLACE, 1994 : "THE PETROLEUM SYSTEM - From Source to Trap". AAPG Memoria 60, 655 pags.

MANDL, 1988: MECHANICS OF TECTONIC FAULTING, Elsevier, 407pags.

MANRIQUE CACERES PERCY, 1993: "INTERPRETACION ESTRUCTURAL Y POSIBILIDADES PETROLIFERAS DEL ÁREA CARPITAS", Departamento de Exploración de GMP S.A, 100pags.

MARTINEZ MÁXIMO, 2001: "GEOLOGÍA DE CAMPO EN EL NOROESTE DEL PERÚ". Curso auspiciado por el CAREC, Talara 2001. 40pags.

MEGARD, 1984: STRUCTURE AND EVOLUTION OF THE PERUVIAN ANDES. Princeton University Press (in press).

OCHOA ALENCASTRE A, 1983: "EVALUACIÓN GEOLÓGICA DEL PALEOZOICO DEL NW DEL PERÚ", TOMO I- GEOLOGÍA REGIONAL, Área de Exploración de Petroperu. 65pags.

PECORA, JAILARD, LAPIERRE, 1999: "WHITNESSES OF AN ACCREATED OCEANIC TERRANE EARLY EOCENE DEPOSITS OF NORTHERN PERÚ. TECTONIC IMPLICATIONS". In : Fourth ISAG Goettingen (Germany), p 571-575.

PLUSPETROL PERÚ CORPORATION S.A. 2002: "REPORTE FINAL DE LA FASE 2 DE EXPLORACIÓN PARA LA CUENCA LANCONES Y ANEXOS".

PLUSPETROL PERU CORPORATION S.A. 2002: "ABEJAS 1-X FINAL WELL REPORT".

REYES LUIS R. VERGARA JORGE, 1987: EVALUACIÓN GEOLÓGICA Y POTENCIAL PETROLIFERO "CUENCA LANCONES" (Dpto. de Piura). 103pags.

REYES LUIS, 1986: "EVALUACION GEOLOGICA DE LA CUENCA LANCONES (DPTO. PIURA). RESUMEN. 85pags.

ROBERTS, YIELDINGS, 1994: CONTINENTAL EXTENSION TECTONICS, In: Hancock P:L (Ed).Continental Deformation. Pergamon Press, Oxford pp 223-250.

SANZ PARRA VICTOR RAUL, 1988: "GEOLOGIA Y POTENCIAL HIDROCARBURIFERO DE LA REGION MANCORA - TUMBES"(Dpto. de Tumbes); Tesis para optar el grado de Doctor en Geología. 110pags.

SERRANE MICHEL, 1987: "INFORME GEOLÓGICO SOBRE LA EVOLUCION TECTONICA Y SEDIMENTARIA DE LA CUENCA TALARA", parte I y II, del Instituto Francés de Estudios Andinos y Petróleos del Perú (Dpto. de Geología). 73pags.

SHELTON, 1984: LISTRIC NORMAL FAULTS: an illustrated summary. AAPG bulletin 68, 17pags.

SOLER Y BONHOMME, 1990: RELATIONS OF MAGMATIC ACTIVITY TO PLATE DYNAMICS IN CENTRAL PERU FROM LATE CRETACEOUS TO PRESENT; Geological Society of America, Memoir 241 pp 173-191.

TANKARD ANTHONY, 2002: "TECTONICS OF BASIN EVOLUTION AND LINKAGE", Curso del XI Congreso Peruano de Geología, Lima, Setiembre 2002. 121 pags.

TISSOT, PELET, UNGERER, 1987: THERMAL HISTORY OF SEDIMENTARY BASINS, MATURATION INDICES, AND KINEMATICS OF OIL AND GAS GENERATION; AAPG Bulletin, volumen 71 pp 1445-1466.

WHITE, otros, 1986: THE RELATIONSHIP BETWEEN THE GEOMETRY OF NORMAL FAULTS AND THAT OF THE SEDIMENTARY LAYERS IN THEIR HANGING WALLS, Journal of Structural Geology Volumen. 8, pp 897-909.

WILLIAMS Y VAN, 1987: THE GEOMETRY OF LISTRIC NORMAL FAULTS AND DEFORMATION IN THEIR HANGING WALLS, Journal of Structural Geology, Volumen. 9 pp 789-795.

XIAO y SUPPE, 1992: ORIGIN OF ROLLOVER; AAPG Bulletin , Volumen 76, pp 509-529.

PAGINAS DE INTERNET

<http://www.es.wikipedia.org>.

<http://www.astromia.com/tierraluna/tectonica.htm>

<http://www.astromia.com/tierraluna/expansion.htm>

ANEXO I
INFORMACIÓN DE POZOS

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion Metros(pies)	Profundidad Final Metros(pies)	Formaciones Atravezadas Metros(pies)	OBSERVACIONES
CARPITAS						
	PB-40 20/01/1951 12/10/1951	N 71,352 E 38,507	37(121)	884(2899)	CHIRA 0(0) VERDUN 649(2130) TALARA 851(2793)	Pozo Productivo: Intervalos abiertos; 565m-660m y 722-750m. Produccion inicial 4.48 bls/d de 36.5° API
	PB-46 25/06/1951 19/12/1951	N 76,105 E 41,591	19(62)	2161(7090)	TALARA 0(0) OSTREA 1111(3645) MOGOLLON 2036(6680)	Pozo Abandonado: por fallas mecanicas, nucleos de areniscas finas con fluorescencia (1628'-1635' ; 1759' - 1779' ; 2432' - 2452')
	PB-54 11/01/1952 20/05/1952	N 72,117.74 E 40,377.30	34(115)	1728(5668)	HEATH 0(0) MANCORA 58(190) CHIRA 170(560) VERDUN 424(1390) TALARA 518(1700) OSTREA 1109(3640)	Pozo Abandonado: por fallas mecanicas DST, intervalo 1650' - 1600' Fm. Verdun recupero 80' de barro cortado con aceite.
	PB-58 04/08/1952 10/10/1952	N 72,027 E 40,192	26(87)	695.5(2282)	MANCORA 0(0) CHIRA 176(580) VERDUN 433(1420) TALARA 497(1630)	Pozo Abandonado. Se lograron muestras de oil durante la perforacion a los niveles de 271m (890') y 460m (1510') de 42.0 ° API y señas de gas a 576 (1890')
	AM-65 02/11/1969 27/01/1970	Superficie N 1'645,256 E 165,407 Fondo dirigido N 1'645,938 E 162,948	8(25)	2827(9275)Dir. 2228(7310)Ver.	CHIRA 0(0) VERDUN 262(862) TALARA 375(1230) ECHINO 701(2300) OSTREA 1609(5280)	Pozo productor de gas: Formacion Talara (Echino) A 2855-2626 : 501 MPC/d A 2574 - 2276 : 400 MPC/d
	AM-105 27/04/1970 16/05/1970	N 70,410 E 39,200	61(200)	1528(5013)	MB. MIRADOR 0(0) MB. L. CHIRA 402(13209) VERDUN 552(1810) TALARA 625(2050) ECHINO 927(3040) OSTREA 1100(3610)	Pozo productor de gas: Echino 3124-3040 : 999 MPC/d

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Eelvacion Metros(pies)	Profundidad Final Metros(pies)	Formaciones Atravezadas Metros(pies)	OBSERVACIONES
	AM-115 17/05/1970 04/06/1970	N 70,410 E 40,380	73(239)	1541(5057)	HEATH 0(0) MANCORA 274(900) CHIRA 324 (1060) VERDUN 411(1350) TALARA 463(1520) ECHINO 936(3070)	Pozo Abandonado: Probo Echino en 3 niveles sin resultados. Los intervalos 3850´- 3730´y 3124´- 2850´no fueron probados y tienen potencial de gas.
	AM-125 19/09/1970 22/11/1970	N 74,442 E 40,386	67(219)	2560(8400)	CHIRA 0(0) VERDUN 116(380) TALARA 271(890) ECHINO 431(1415) OSTREA 1518(4980) MOGOLLON 2399(7870)	Pozo Abandonado Seco. Se probaron horizontes Fm Mogollon (8310´-7891´) dio agua de 12,500 NaCl. Fm Ostrea (6924´-6547´) agua de 12,500 NaCl. Fm Echino (4389´-4003´) agua. Fm Echino (3692´-2381´) agua de 7,600 NaCl. Fm Verdun (766´-556´) agua.
	PB-56 01/04/1952 04/01/1953	N 65,543 E 36,934	39(128)	887(2912)	HEATH 0(0) MANCORA 229(750)	Abandonado. Durante la perforacion se encontro a 463 (1521´) arena impregnada con aceite de 25°API.
	PB-1 10/09/1938 10/02/1940	N 72,094.1 E 36,548.9	4(14.63)	938.5(3079)	TALARA 0(0) OSTREA 876(2874)	Pozo gasifero: A 543m. 230,000 p3/dia de gas 543m - petroleo en poca cantidad de 28.6°API A 375m - 50,000 p3/dia de gas
	PB-4 02/09/1940 01/06/1942	N 73,704.6 E 37,618.8	4(15)	936,10(3071)	CHIRA 0(0) VERDUN 210(689) TALARA 428(1404) OSTREA 886(2907)	Pozo seco
PLATERITOS						
	PL-X-1 24/04/1963 24/05/1963	N 84,182 E 85,116	22(72)	1941(6371)	TALARA 0(0) OSTREA 457(1500) MOGOLLON 1323(4340) SAN CRISTOBAL 1633(5357) TRIGAL 1881(6170)	Abandonado. Sin muestras de petroleo

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion Metros(pies)	Profundidad Final Metros(pies)	Formaciones Atravezadas Metros(pies)	OBSERVACIONES
	PL-X-2 08/10/1965 20/11/1965	N 81,152 E 56,673	70(230)	1870(6134)	TALARA 0(0) OSTREA 61(200) MOGOLLON 1220(4002) SAN CRISTOBAL 1519(4982) TRIGAL 1719(5640) BAS. CRISTALINO 1786(5860)	Abandonado. Sin completar
	PL-X-3 29/11/1965 22/01/1966	N 79,196 E 57,946	111(365)	1611(5283)	MANCORA 0(0) CHIRA-VERDUN 225(740) TALARA 274(900) OSTREA 399(1310) MOGOLLON 843(2765) SAN CRISTOBAL 1129(3705) CONGLO TRIGAL 1317(4320) BAS. CRISTALINO 1601(5250)	Abandonado. Sin completar. Sin muestras de hidrocarburo
QDA.MANCORA						
	Ba-X-1 02/09/1969 24/10/1969	N 58,525 E 39,770	36(115)	2160(7086)	TALARA 0(0) OSTREA 624(2047) MOGOLLON 1518(4980) SAN CRISTOBAL 1859(6100) TRIGAL 2038(6686) AMOTAPE 2115(6940)	Abandonado. Sin completar Sin muestras de hidrocarburo
	Ba-X-2 10/11/1969 18/11/1969	N 58,300 E 45,725	150(492)	696(2282)	TALARA 0(0) OSTREA 213(700) MOGOLLON 258(848) AMOTAPE 574(1883)	Completado-Abandonado Fluorescencia en Mogollon. Se probaron las Fms. Amotape, Mogollon y Ostrea, recuperandose solo agua formacional.
	T-1-1 05/03/1957 15/04/1957	N 56,315 E 43,142	273(897)	1179(3866)	OSTREA 0(0) MOGOLLON 607(1990) SAN CRISTOBAL 1010(3315) AMOTAPE 1145(3755)	Abandonado. Sin completar.

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion Metros(pies)	Profundidad Final Metros(pies)	Formaciones Atravezadas Metros(pies)	OBSERVACIONES
(CEREZAL)	Ce-X-1 05/03/1957 15/04/1957	N 54,338 E 44,053	125(410)	1462(4793)	TALARA 0(0) OSTREA 690(2265) MOGOLLON 756(2480) SAN CRISTOBAL 1112(3650) TRIGAL 1381(4530) AMOTAPE 1404(4605)	Completado. Abandonado
TUNAL						
	5380 14/04/1971 06/05/1971	N 47748 E 30381	281	9099	Tablazo (0-220) Chira (220-695) Verdun (695-2165) Lutita Talara (2165-4790) Mb. Helico (4235-4500) Mb. Lobitos (4500-4790) Echino (4790-5330) Ostrea (5330-6725) Mogollon (6725-8090) San Cristobal (8090-8850) Amotape (8850-9099)	Pozo exploratorio abandonado despues de encontrar agua en el paleozoico. Se probó Mogollón y estaba contenida de agua. Este pozo se encontraba en la estructura mayor de tunal.
PTA. BRAVO						
	C-1 20/07/1956 02/09/1956	N 72130.70 E 40340.30	115	1700	Heath (0) Mancora (220) Chira (520) verdun (1400)	Productor de petroleo; Fm verdun, intervalo abierto : 1412-1646. IPR: 51 bls/ dia de 36° API. Mbo Mirador: nucleo (485`-505`), saturado de petroleo pesado.
	C-2 05/09/1956 17/09/1956	N 72112.89 E 40511.91	122.9	1690	Heath (0) Verdun (800) Talara (1653)	Pozo productor de petroleo con alto GOR; Fm Verdun,intervalos abiertos: 1301'-1315', 1320'-1331', 1339'-1389', 1588'-1608'. IPR de 2bls/dia de 36° API.
	C-3 28/07/1958 03/08/1958	N 76060.00 E 41580.00	65.6	1848	Talara (0)	Pozo completado abandonado; buena fluorescencia con intervalos arenosos (pozo gemelo al PB-46)

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion Metros(pies)	Profundidad Final Metros(pies)	Formaciones Atravezadas Metros(pies)	OBSERVACIONES
	C-4 17/10/1961 28/10/1961	N 73014.00 E 41225.00	192.1	1965	Mbo Mirador (0) Mbo La Chira (250) Verdun (605) Talara (1800)	Pozo completado; sin informacion de produccion. Intervalos 1653'-1905'.
	C-5 19/06/1958 22/07/1958	N 73310.00 E 41580.00	177	3443	Heath (0) Chira (435) Verdun (1190) Talara(1640)	Pozo completado y abandonado; Baleo Fm Talara 3300-3308 y 3276'-3296'. Fracturado sin produ- ccion. Buena fluorescencia en areniscas basales. Fm Verdun y areniscas Fm Talara.
	C-6 07/07/1958 21/07/1958	N 71280.00 E 38530.00	125.2	2760	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (780) Lutitas C. (1333) Verdun (2090) Talara (2562)	Pozo productivo; Fm verdun. Intervalos abiertos (2300'-2326'). IPR =78 bls/ dia con 37.2° API. Buena fluorescencia 2110'-2140, 2280'-2340' 2490'-2530'.
	C-7 22/10/1958 21/07/1958	N 71480.00 E 38555.00	122	2593	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (600) Mbo La Chira (1380) Verdun (2010) Talara (2449)	Pozo abandonado, con alto GOR, buena fluores- cencia en areniscas de Chira y base de Verdun.
	C-8 19/11/1958 29/11/1958	N 71132.00 E 38388.00	137.7	2835	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (800) Mbo La Chira (1550) Verdun (2010) Talara (2569)	Pozo productivo de petroleo, fm verdun, intervalo abierto 2632'-2330' IPR : 85 bls/ dia de 37.2 API.
	C-9 02/07/1958 11/07/1958	N 71383.00 E 38310.00	105	2648	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (885) Mbo La Chira (1410) Verdun (2106) Talara (2433)	Pozo abandonado; no se completo, ni probó. Buena fluorecencia en areniscas de la Fm Verdun.

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion (pies)	Profundidad Final (pies)	Formaciones atravesadas (pies)	Observaciones
	C-10 08/12/1958 22/12/1958	N 71099.00 E 38575.00	109.2	2602	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (688) Mbo La Chira (1490) Verdun (2010) Talara(2530)	Pozo productivo por petroleo; Fm Verdun, intervalo abierto: 2292'-2374'. Produccion inicial 45 bls/dia de 37.7 API.
	C-11 15/06/1959 29/06/1959	N 71015.00 E 38232.00	133.1	4500	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (845) Mbo La Chira (1695) Verdun (2505) Talara (2747)	Pozo productivo de petroleo, Fm verdun, intervalo abierto. 2746'-2510' Fracturado, profundizado. Sin mayor informacion de produccion.
	C-12 15/07/1959 25/07/1959	N 71387.00 E 38744.00	116	2630	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (650) Mbo La Chira (1330) Verdun (1985) Talara (2575)	Pozo productivo; Fm Verdun. Intervalo abierto: 2420'-2315'. Produccion inicial 301 bls/dia de 37.2° API.
	C-13 11/09/1959 21/09/1959	N 71526.74 E 38926.00	168.8	2735	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (415) Mbo La Chira (1375) Verdun (2350) Talara (2520)	Pozo productivo, Fm Verdun. Intervalo abierto: 2509.5'-2449.5'. Produccion inicial 138 bls/dia de 37.3° API.
	C-14 07/08/1959 01/09/1959	N 71215.74 E 38723.05	168.6	2604	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (720) Mbo La Chira (1400) Verdun (2020) Talara (2565)	Pozo productivo, Fm Verdun. Intervalo abierto: 2332'-2369'. Produccion inicial 189 bls/dia de 37.3 API.
	C-15 05/10/1959 20/10/1959	N 71031.43 E 38758.50	139.8	2914	Mbo Carpititas (0) Mbo Mirador (765) Mbo La Chira (1560) Verdun (2095) Talara (2456)	Pozo productivo de petroleo; Fm verdun. Intervalo abierto: 2300'-2355' Fm Talara, intervalo abierto. 2583'-2703'. Produccion inicial 30 bls/dia.

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion (pies)	Profundidad Final (pies)	Formaciones atravesadas (pies)	Observaciones
	C-16 30/10/1959 08/11/1959	N 71618.00 E 38715.00	146	2790	Mbo Carpitass (0) Mbo Mirador (430) Mbo La Chira (1450) Verdun (2100) Talara (2460)	Pozo productivo; Fm Verdun. Intervalo abierto. 2280'-2347'. Produccion inicial 71 bls/dia de 37.3 API.
	C-17 01/12/1959 16/12/1959	N 71343.60 E 38935.18	229.5	2665	Mbo Carpitass (0) Mbo Mirador (755) Mbo La Chira (1435) Verdun (2080) Talara (2420)	Pozo productivo no comercial; Fm Verdun. Intervalo abierto: 2398'-2352'. Sin informacion de produccion.
	C-18 09/04/1960 27/04/1960	N 71905.00 E 40950.00	112.8	4163	Heath (0) Talara (1820)	Pozo Abandonado, fluorescencia de diferentes niveles. Fm talara desde 4140' a 1820'.
	C-19 09/05/1960 01/06/1960	N 71723.53 E 38522.17	126	4656	Carpitass (0) Mirador (500) La Chira (1435) Verdun (2065) Talara (2300)	Pozo gasifero abandonado; Buena fluorescencia: 2090'-2120' 2210'-2240'.
	C-20 11/08/1960 21/08/1960	N 71891.00 E 36683.00	33.2	2670	Chira (0) Verdun (950) Talara (1300)	Pozo productivo; Se baleo la Fm Verdun, 1193'-1286'. Produccion inicial 215 bls/dia de 37.4° API.
	C-21 07/09/1960 14/09/1960	N 71570.00 E 36530.00	74	2198	Chira (0) Verdun (948) Talara (1110)	Pozo abandonado seco.
	C-22 16/10/1960 21/10/1960	N 71728.00 E 36338.00	32.8	2394	Chira (0) Verdun (980) Talara (1210)	Pozo Productivo; se baleo la Fm verdun. 1087'-1164'. Produccion inicial de 111 bls/dia de 37.8° API.

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion (pies)	Profundidad Final (pies)	Formaciones atravesadas (pies)	Observaciones
PTA. BRAVO						
	C-23 10/11/1960 14/11/1960	N 71370.00 E 36088.00	30.4	1661	Chira (0) Verdun (760) Talara (1435)	Pozo completado abandonado, Baleo Fm Verdun: 1368'-1458'. Produccion de agua salada de 16,000 PPM de ClNa.
	C-24 27/11/1960 01/12/1960	N 70873.00 E 36040.00	29.5	3000	Carpitas (0) Mirador (1270) Talara (1700)	Pozo completado abandonado;. Balearon Fm Talara: 2934'-2745'. Pruebas sin resultado.
	C-25 19/06/1961 03/07/1961	N 71465.00 E 36340.00	43	2563	Chira (0) Verdun (1075) Talara (1350)	Pozo productivo; Fm Talara; 2519'-1947'. Produccion inicial 119bls/dia de 37.9° API. Se baleo la Fm Verdun 1334'-1276'. No produjo.
	C-26 09/08/1961 23/08/1961	N 71215.00 E 36305.00	49	2869	Chira (0) Verdun (1345) Talara (1430)	Pozo abandonado sin completar, Fm Verdun sin fluorescencia.
	C-27 02/09/1961 09/09/1961	N 71970.00 E 36402.00	29.5	1838	Chira (0) Verdun (1203) Talara (1286) Ostrea (1642)	Pozo completado abandonado; Se baleo las arenas de Verdun: 1269'-1203'. El pozo no produjo petroleo.
	C-28 25/04/1968 05/05/1968	N 72648.00 E 40717.00	163.9	1815	Heath (0) Chira (520) Verdun (1120) Talara (1780)	Pozo productivo; Fm Verdun: 1448'-1722'. Produccion inicial de 12 bls/dia de 37.6° API.
	C-29 22/06/1968 28/06/1968	N 73078.00 E 41482.00	157.4	1959	Heath (0) Chira (450) Verdun (1293) Talara (1850)	Pozo completado abandonado; Se baleo y fracturo Verdun. Tuvo produccion propia muy pobre, se utilizo bomba.
	PB-02 29/06/1940 24/07/1940	N 72071 E 36827	29	1937	Chira (0) Verdun (968) Talara (1247)	Pozo productivo; abandonado por falla mecanica. Produjo a 363m.Fm Verdun 20.6 bls de produccion inicial de 38° API.

Zona	Pozo Fecha Perforacion	Coordenadas	Elevacion (pies)	Profundidad Final (pies)	Formaciones atravesadas (pies)	Observaciones
PTA. BRAVO						
	PB-03 19/08/1940 20/11/1940	N 72139 E 36874	26	2031	Chira (0) Verdun (820) Talara (928)	Pozo abandonado seco; durante la perforacion tuvo manifestaciones de gas y petroleo .
	PB-05 26/09/1940 08/03/1941	N 72278 E 36874	180	2106		
	PB-06 29/05/1941 16/09/1942	N 74530 E 39100	124	3848	Chira (0) Verdun (623) Talara (1378)	Pozo abandonado, tuvo produccion de petroleo a 172m que dio 3.5 bls/dia y a 329.80m con 30.6 bls/dia con 30.2° API
	PB-90 02/01/1953 16/06/1953	N 72298 E 40437	147.3	2001	Mancora (0) Chira (492) Verdun (1394) Talara (1830)	Pozo productivo ; profundidad 1807'. Fm Verdun. IPR = 49 bls/dia a 36° API.