

EVOLUCIÓN GEODINAMICA DE LA MARGEN PACIFICA DURANTE EL MESOZOICO (CRETÁCEO) Y SU IMPORTANCIA EN LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS EN LA ZONA “COSTA AFUERA” DEL PERÚ

Hernando Núñez del Prado S.
Geólogo Consultor

RESUMEN

Una etapa muy importante para comprender la evolución geodinámica de la margen Pacífica durante el Mesozoico es la que se refiere al Cretáceo, en especial el periodo Albiano. El estudio del mapa geológico al 1:100000 como el de isopacos de la distribución de rocas Cretáceas y de las estructuras positivas mayores durante este período, permite postular un modelo de segmentación transversal controlado por lineamientos regionales E - O (fallas transcurrentes sinestrales). Estos accidentes, ligados a un sistema de fallas transformantes NO-SE (margen Pacífica transformante ante-Albiana), probablemente estén asociados con las grandes fallas transformantes OSO - ENE, originadas por el rifting del Atlántico sur en el Albiano. Estas estructuras pueden ser inferidas a partir de algunos rasgos que son pocos pero bien conspicuos en la geología de la zona costera del Perú (giro de pliegues cretácicos y de la morfología de los frentes de cabalgamiento de NO-SE a O-E, ocurrencia de espesas series cretáceas controladas por fallas E - O, truncamiento de estructuras cretáceas etc.). Estos lineamientos regionales (Huaypirá, Eten, Trujillo, Tortuga, Pativilca, Lima, Pisco, Marcona, Camana etc.) jugaron en el Cretáceo como fallas transcurrentes (strike-slip), controlando el desarrollo de cuencas tipo “pull apart”, con depocentros localizados muy subsidentes. Las cuencas de primer orden estuvieron separadas por arcos antiguos (Cutucu, Marañón, Pampeano) Fig. 1.

El desarrollo de los sistemas de petróleo, relacionados a este período, presentan un gran potencial con excelentes rocas fuente del albiano (Muerto, Pariatambo), relacionadas a depocentros anóxicos, con muchas perspectivas de generación de hidrocarburos hacia las cuencas subsidentes del talud en la zona “costa afuera” del Perú. El sistema se completa con buenas rocas reservorio del Cretáceo (deltáicas y carbonatos) y Cenozoico (abanicos submarinos-trampas estratigráficas), lutitas intraformacionales como rocas sello y la formación de trampas estructurales ligadas a las fases tectónicas del Cretáceo superior (Peruana) y Cenozoico (Incaica y Quechuas).

En el presente trabajo, también se presenta un modelo hipotético de la evolución geodinámica mesozoica, en un contexto donde es importante distinguir dos dominios: La margen pacífica, zona de convergencia de placas caracterizada por una inestabilidad tectónica y el dominio de antepaís, limitado al oeste por una margen cratónica extensional con una evolución más estable. Además se detalla los sucesivos períodos de la evolución tectono-sedimentaria andina, tanto de la margen, la zona transicional (Andes) como del dominio del antepaís (Oriente). Se destaca los intervalos de rocas fuente del Mesozoico generativas de los sistemas de hidrocarburos de cada región; asimismo se presenta reconstrucciones paleogeográficas del Triásico, Jurásico, Cretáceo y una correlación regional en el contexto de la tectónica global.

1.INTRODUCCIÓN

En las últimas décadas se ha postulado varias hipótesis (James, 1971, Mégard, 1978, 1989, Cobbing et.al.; 1981, Dalmayrac et. al. 1980; Jaillard, 1987, 1993, Jaillard et. al.1990, Aspden et. al. 1987) sobre la evolución de la margen pacifica y en especial en que momento se inicio el proceso de subducción.

En lo que se refiere al esquema paleogeográfico correspondiente al Albiano, se ha aceptado el de Mégard (1978) con un dispositivo clásico de subducción, es decir el arco magmático al oeste, una cuenca occidental Peruana con su plataforma al este, el geanticlinal del Marañón y una cuenca oriental Peruana limitada al este por el escudo Brasileño. En dicho esquema las cuencas tienen un fondo casi uniforme sin mayores variaciones. En el trabajo de Cobbing et. al.(1981) sobre la cuenca occidental del norte del Perú, se diferencia varias subcuencas (Huarmey, Rio Santa, Chavin, Rio Cañete etc.) que corresponden a grabens y zonas altas controladas por accidentes N - S (Eje de Tapacocha, Falla de la cordillera Blanca etc.). Estas subcuencas muestran períodos de máxima subsidencia tectónica, bastante variados desde el Titoniano hasta el Cretáceo superior, con una migración de sus depocentros hacia el oeste. Esto significa una gran movilidad de las cuencas. Además, los datos que se tiene de la sismica en la zona mar afuera, muestra también una disposición en grabens y horst para las cuencas situadas en el talud superior (ej.Trujillo). En síntesis las cuencas y subcuencas de la zona costa afuera y de la gran cuenca occidental peruana, fueron muy activas en el periodo Cretáceo y según se infiere de datos

en el continente existieron lineamientos E-O que habrían jugado como fallas transcurrentes sinestrasales controlando el desarrollo de cuencas "Pull apart".

En lo que se refiere a las reconstrucciones paleogeográficas en varias se tiende a incluir el Albiano (80 m.a.) dentro del Cretáceo superior lo que da lugar a errores de generalización, sobretodo teniendo en cuenta que este piso es clave en la evolución geodinámica de la margen andina.

Lo que se conoce de la unidades litológicas Albianas (Fms. Muerto, Pariatambo etc.) es que tienen facies calcareas y lutáceas bituminosas de mares profundos (lodos con globigerinas), al menos de 2000 a 4000 metros de profundidad (Lucas, 1973), por lo que habría que preguntarse en que contexto tectónico se puede dar esta sedimentación.

Los accidentes E - O descritos mas adelante, son deducidos tomando como base la distribución de facies Cretácicas como los espesores que presentan en los cinturones (cuencas) mesozoicas, que afloran aparentemente limitadas por estas fallas. Algunas de estas estructuras han sido puestas en evidencia por estudios de Neotectónica realizados en la zona costera del Perú (Sebrier et.al. 1982).

Los objetivos de esta publicación es remarcar la importancia de la tectónica de placas en la prospección de hidrocarburos, como la ocurrencia de rocas fuente potenciales en depocentros muy activos, en un contexto de cuencas tipo "Pull apart" en la zona costa afuera del Perú. Ya es conocido el gran potencial petrolero que tienen este tipo de cuencas a nivel mundial.

2. CONTEXTO GEOLOGICO

En el contexto regional de la evolución geodinámica andina del segmento de los Andes Centrales es importante distinguir dos dominios: La margen Pacífica, zona de convergencia de placas caracterizada por una inestabilidad tectónica y el dominio cratónico, limitado al oeste por una margen extensional con una evolución mas estable. La margen Pacífica en la actualidad se caracteriza porque la placa de Nazca converge con la placa sudamericana y se desliza debajo de ella a una velocidad de aproximadamente 9 cm/año. En esta margen ocurren varias cuencas Cenozoicas de antearco mostrando una posición interna o externa con respecto a la cordillera de la costa ó OSH (outer shelf high)(Machare et. al. 1986). Algunas de las cuencas internas estan parcialmente emergidas, (Talara , Sechura, Pisco) las cuales infrayacen la plataforma continental y la planicie de la costa. También ocurren cuencas de posición más externa situadas en el talud superior con profundidades de agua importante como Trujillo, Lima y Mollendo (Fig. 2). Todas estas cuencas probablemente tuvieron sus antecesoras en cuencas tipo "pull apart" que se desarrollaron en el Cretáceo.

La historia tectono-sedimentaria de la margen pacífica (sector costero) desde el Jurásico hasta el Neocomiano, estuvo controlada por un movimiento transformante relativo de las placas pacificas (farallón y Nazca) con respecto a la placa sudamericana, la convergencia fue oblicua en la mayor parte de la margen, desarrollandose una tectónica extensional, (Aspden et. al. 1987). No obstante, parece que hubo también subducción por segmentos, como lo argumentan la ocurrencia de arcos magmáticos Jurásicos, en el norte el arco volcanico Colan del Jurásico superior, (Mourier et.al. 1988) y en el sur del Perú el arco volcánico Liásico Chocolate (Boily et.al. 1984) (Fig. 4). En el Perú norte y Ecuador sedimentos continentales de la Fm. Sarayaquillo (Fm. Chapiza) rellenan un rift intracratónico que probablemente conectaba el dominio Pacífico con el dominio del Caribe (Dalmayrac, 1986). En la zona central del Perú se depósito la Fm. Carbonosa Oyón (deltaíca-palustre). En la zona costera norte y sur se instalaron sistemas de abanicos submarinos (Gp. Chicama en el norte, y Gp. Yura al sur (Figs. 3, 4)

En el Cretáceo inferior (Neocomiano) la margen Pacífica y los protoandes evolucionaron en un contexto de fase extensional N - S controlada por lineamientos relacionados a una transformante fosa-normal limitante. Este contexto geodinámico y probablemente cambios climaticos dieron lugar a una extensiva sedimentación silicoclástica controlada por deltas que rellenan las cuencas (Figs.3,4).

En el Aptiano - Albiano se da el cambio de facies silicoclásticas a facies carbonatadas lo que indicaria una importante variación geodinamica y probablemente cambios climaticos. En el Aptiano superior una gran transgresión invade toda la margen depositandose las series carbonatadas de Pariahuanca, Chulec. La transgresión alcanza su maximo en el Albiano medio (Jaillard, et. al. 1987. En el Albiano medio-superior, actuan lineamientos E - O, estructuras mayores que limitaron y controlaron corredores (NE - SO) muy activos y subsidentes (cuencas tipo "pull apart"), funcionaron como fallas transcurrentes (strike slip). Las cuencas tipo "pull apart" con depocentros muy profundos, dieron lugar a la sedimentación de series con facies anóxicas en el fondo (roca fuente). Estas cuencas fueron las precursoras de las cuencas Cenozoicas situadas en la margen pacifica y en la zona andina. En el periodo crítico del Albiano, en la margen Peruana se instaló la subducción por segmentos. En el Perú central norte y central sur (entre 8° y 14° Lat. sur) un arco (Célica) volcánico muy activo, directamente

relacionado al proceso de subducción dio lugar a una extensa sedimentación volcánico sedimentaria (andesitas) en la zona costera (Grupos Casma al norte y Quilmana al sur) Figs. 3,4. En posiciones alejadas del arco tanto al oeste como hacia el este, se desarrollaron grabens rómicos (pull apart) muy activos. En el Cenomaniano hay una regresión que se traduce en la instalación de una vasta plataforma carbonatada y probablemente el cierre de la cuenca marginal de Huarmey (Jaillard, et. al 1987). La organización paleogeográfica Mesozoica del norte difiere en varios aspectos con respecto a la del sur (Dalmayrac, 1986). Esta variación es notoria a partir de la deflexión de Pisco - Abancay.

Entre 80 m.a y 42 m.a la margen adquiere su disposición actual con una subducción activa. Se individualiza el antearco, sobre el cual se emplazan las cuencas Cenozoicas, en dos franjas mas o menos paralelas a la fosa y separadas por un alto estructural. El antearco no ha sufrido modificaciones desde el principio del Cenozoico (Macharé et. al. 1986).

3.CARACTERÍSTICAS GEOLOGICAS Y ESTRUCTURALES DE LAS CUENCAS CRETÁCEAS

INTRODUCCIÓN

En el mapa geológico del Perú a escala 1: 1'000,000 a lo largo de la zona costera y zona andina del Perú se observa varias franjas de rocas Cretácicas que en muchos casos están intruídas por la masa del Batolito de la Costa o están parcialmente cubiertos por rocas volcánicas del Cenozoico. Además, a lo largo de estos afloramientos se observa numerosos frentes de sobrescurrimientos que afectan las rocas cretáceas, los cuales presentan cambios de dirección (deflexiones) muy conspicuos. También se nota que muchos pliegues que afectan a la serie cretácea muestran un giro característico de NO-SE a O-E. Además algunas estructuras cretácicas son cortadas abruptamente pasando a series de otra edad con litologías diferentes y cambios de rumbo y buzamiento (Fernandez 1993). Se infiere que estos cambios de dirección estuvieron en relación con accidentes (O - E) mayores, fracturas profundas que afectaron el basamento y tuvieron movimientos transcurrentes.

Las cuencas se pueden individualizar (Fig. 1) limitadas por estos accidentes en base al mayor espesor que presentan las series del Cretáceo inferior - medio -superior y la variación de facies que presentan algunas unidades formacionales. Estos argumentos nos llevan a pensar que las franjas aisladas corresponden a cuencas independientes tipo "pull apart" y que el depósito de los sedimentos cretáceos estaba controlado por los accidentes E-O (fallas transcurrentes sinestras) (Figs. 1,2). Estos accidentes en el norte son parte de la llamada orientación Chicama (E - O a ESE - ONO) que fue puesta en evidencia en dicho sector (rio Chicama) por geólogos en los años 20, por Steimann (1929), Stapenbeck (1929) y Olsson (1942). En la zona sur las estructuras (O-E) están relacionados a la deflexión de Pisco - Abancay. Algunos de estos accidentes son discernibles en las imágenes satelitales Landsat y fotos aéreas y en otros casos están enmascarados por los afloramientos del batolito y de los volcánicos Cenozoicos o han sido obliterados por la intensa tectónica del Cenozoico. La mayor parte de estos rasgos estructurales no están registrados en la literatura previa. Varios de estos lineamientos antiguos, en la zona costera corresponden a fallas con movimientos neotectónicos (Sébrier et. al. 1982; DeVries, 1984)

LOS LINEAMIENTOS PRINCIPALES (E - O)

Estos accidentes son fracturas muy profundas que afectan hasta el nivel de la corteza. Estudios de neotectónica muestran que aparentemente son estructuras que han sido reactivadas en varios períodos de la historia geológica. En la zona costera existen evidencias de fallas antiguas (Cretáceas - Paleocenas) que han sido reactivadas en el Cuaternario. Algunas características de estos lineamientos son el cambio de rumbo de la línea costera, escarpas que se pueden seguir por decenas de kilómetros, zig zag de las colinas de playa, desviaciones de los cursos de las quebradas o quebradas rectilíneas, zonas de cizallamiento etc. Una evidencia de la ocurrencia de estos accidentes es la interrupción abrupta de estructuras y de rocas de una determinada litología, de edad Jurásico- cretácico en varios sectores de la costa. Estas estructuras que no siguen el rumbo andino también se observan en la zona plegada, donde están relacionadas al fallamiento pre-batolito y camufladas por el emplazamiento de este (Fernandez, 1993). Además en la zona andina son puestos en evidencia por las deflexiones de los frentes de sobrescurrimiento y el giro de los pliegues cretácicos.

Los principales lineamientos O - E que se pueden inferir de la geología del área costera -andina son (de norte a sur) :

SICHES

Se localiza a la altura de punta Restín en el NO del Perú. Es una falla arqueada con rumbo N70° O a N70° E con buzamiento de 60° a 70° al sur. En el continente (levantamiento estructural de El Alto) forma un complejo sistema de fallas denominado Somatito- Siches- Zapotal (Peralta & Salcedo, 1978). Esta falla separa la cuenca Talara en dos bloques y probablemente constituye el límite septentrional de la cuenca Albiana Muerto (Figs. 1,2). Estudios de neotectónica (DeVries, 1984) muestra que esta falla es activa en el Cuaternario.

HUAYPIRÁ

Está localizada al norte de la ciudad de Sullana (Piura). Presenta un rumbo E - O y fuerte buzamiento al sur. Este accidente fue muy activo en el Cretáceo y representó el límite sur de la Cuenca Lancones con potente serie turbidítica de edad Cretáceo (Figs. 1,2). Esta estructura corresponde en la zona andina a la deflexión de Huancabamba, Hacia el oeste controla el desarrollo del graben Lagunitos al sur de la cuenca Talara. En el Cuaternario se ha reactivado presentando un componente normal con el bloque norte levantado

ÉTEN

Se le localiza al norte del pueblo de Éten (latitud 7°S) y se prolonga hacia el este hasta Cajamarca. Esta caracterizada por presentar un rumbo N100°E con buzamiento al sur. Este accidente fue muy activo en el Cenomaniano - Santoniano y constituye el límite entre las cuencas de Pongos al norte y Cajamarca al sur (con potente serie Cretácea) Figs. 1,2. Esta falla está evidenciada por el cambio de dirección de los frentes de sobrescurrimiento de NO - SE que pasan a ser E - O al NE de Cajamarca. En la zona costa afuera este lineamiento representa el límite norte de la cuenca Trujillo situada en el talud superior y desplaza el (OSH) con un movimiento sinistral. Además, esta zona fallada E-O afecta el basamento, coincidiendo con la llamada "Deflexión de Cajamarca (Mégard 1989), y constituye el límite sur de la zona transicional "Andes de Huancabamba", donde representa el límite entre la plataforma Chiclayo - Jaen con facies de areniscas continentales (Fm. Goylarisquiza) y la cuenca occidental Peruana con facies de areniscas deltaicas y lutitas marinas del Grupo Goylarisquiza (Mourier et. al. 1988, Wilson, 1963)

TRUJILLO

Este importante lineamiento se localiza inmediatamente al norte de la ciudad de Trujillo y corre con una orientación de N95° E a la latitud de 8° S. En la zona costera este accidente corresponde al cambio de dirección de la línea costera de NO a oeste. Hacia el este está evidenciada por el cambio de dirección de los frentes de sobrescurrimiento y giro de pliegues Cretáceos de NO - SE a NNE - SSO. Además este accidente constituye el límite entre la cuenca Cajamarca al norte y las cuencas de Huarmey, Río Santa y Chavin al sur (Figs. 1,2). En la zona costa afuera, esta falla fue muy activa controlando el desarrollo de depocentros cretáceos muy activos (Graben Morsa).

TORTUGA

En la línea de costa se le localiza, al sur de la isla Tortuga cerca a Casma. Tiene un rumbo aproximado E - O y a la altura del Batolito parece controlar la ocurrencia de un tabique volcánico transbatolítico (OSO - ENE) que separa el complejo plutónico fortaleza del complejo plutónico Casma (los dos pertenecientes al segmento Lima). Según Pitcher et. al. (1981) este tabique tiene un origen en estructuras profundas que afectan la corteza y que aparentemente segmentaron estructuralmente al Batolito costanero. Este accidente en la zona costa afuera, representa el límite entre la cuenca Trujillo al norte y la cuenca Lima al sur (Figs. 1,2). En la zona andina constituye el límite sur de la cuenca del río Santa (Figs.1,2) En la cuenca Chavin los sobrescurrimientos que afectan la serie Cretácea varían de dirección de SE - NO a NE - SO originados por este accidente.

PATIVILCA

Se localiza a la altura del pueblo de Pativilca con una dirección E - O a ESE - ONO. En la zona pre-andina representa el límite sur de la cuenca Jurásica Chicama. En la cuenca Chavin origina un quiebre y cambio de dirección de los frentes de sobrescurrimientos de NO - SE a O - E (zona de Oyon). Este lineamiento constituye el límite sur de la cuenca de Cerro de Pasco (Figs. 1,2).

RIO SECO

En el sector costero se le localiza inmediatamente al sur del pueblo Rio Seco, al norte de Chancay donde es notorio un cambio de dirección de la línea de costa de NNO a ONO. El rumbo aproximado de este accidente es N95°E (E - O). Hacia el este, constituye el límite sur de la cuenca Chavín y limita los sobrescurrimientos que afectan a la serie cretácea (Figs. 1,2). Esta falla representa el límite norte de la cuenca cretácea de la Oroya (Fig. 1) y probablemente este en relación con el accidente al norte de Cochabamba (Moulin, 1989).

LIMA

Se le localiza al norte de la ciudad de Lima a la altura del puerto del Callao. El rumbo de este lineamiento es aproximadamente N 100 E. Hacia el norte limita los afloramientos cretáceos de la serie de Lima. En la zona andina, representa el límite norte de la cuenca Chongos -Acobambilla, separándola de la cuenca de la Oroya situada al norte (Figs. 1,2). Este accidente, en el sector de Pozo-cancho da lugar al cambio de dirección de los frentes de sobrescurrimiento que afectan a la serie cretácea.

ASIA

Se le localiza al sur del poblado de Asia en el lugar conocido como Pasamayito. La Falla tiene una orientación este - oeste con un fuerte buzamiento al norte y sur. Este accidente que muestra signos de una reactivación cuaternaria (Sébrier et. al. 1982), esta representada en la zona costera por pequeños saltos verticales que no pasan de 1 metro a lo largo de su traza. Hacia el este, en la zona andina constituye el límite sur de la cuenca Cretácea Chongos - Acobambilla y claramente limita los sobrescurrimientos que afectan a la serie Triásica - Jurásica de la cuenca Huancayo (Mégard, 1978) (Figs. 1,2).

MONTEJATO

Se le localiza al SE de San Vicente de Cañete. Su rumbo es N 100° E a N 120° E con un buzamiento de 65° a 85° hacia el norte. En la zona costera muestra signos de reactivación neotectónica con un componente normal y la traza corre por algunos kilómetros con saltos verticales de hasta 7 metros (Sébrier et. al. 1982). Hacia el este el accidente está cubierto por terrenos volcanicos del Cenozoico y en la zona andina constituye el límite septentrional de la gran cuenca Cretácea de Huancapi - Tambobamba (Figs. 1,2). Hacia el oriente este accidente es el límite entre la cuenca cretácea del Cuzco al norte y la cuenca cretácea de Paruro al sur (Cordoba,1986) (Figs. 1,2).

PISCO

Este lineamiento se localiza en la zona costera a la altura de la ciudad de Pisco, donde está cubierto por depósitos eólicos cuaternarios. Su rumbo es de N 95° E. En los contrafuertes andinos limita al sur la cuenca cretácea media - superior de Chinchipe alta - Tarma. Hacia el este corta la cuenca de Huancapi - Tambobamba limitando los afloramientos de capas rojas Cretáceas. Hacia el oriente limita al sur la cuenca Paruro con rocas del Cretáceo medio -superior, separandola de la cuenca Sicuani al sur en la región del Altiplano (Noblet, et. al. 1987, Cordoba, 1986) (Figs. 1,2).

PALPA

En la costa se le localiza al norte de punta Asma, donde la línea de costa cambia de dirección de N - S a NO. La traza del accidente tiene un rumbo aproximado N 100° E. Hacia el este atraviesa el Tablazo de Ica y esta cubierto por depósitos eólicos cuaternarios hasta Palpa. Al norte de este poblado la estructura limita el anticlinal de Nazca con potentes series cretáceas mesozoicas que se desarrollan hacia el sur. Hacia el oriente el accidente esta cubierto por extensos depósitos volcánicos del Cenozoico. En este sector del Altiplano limita al sur la cuenca cretácea de Huancapi - Tambobamba. En dirección este el lineamiento constituye el límite sur de la cuenca cretácea de Sicuani separándola de la cuenca Azángaro al sur (Figs. 1,2). En esta zona la traza del accidente limita varios sobrescurrimientos que afectan a la serie cretácea.

MARCONA

En la costa se le localiza al NE de San Juan de Marcona, constituyendo el Límite sur de la Bahía de San Juan donde presenta evidencias de reactivación cuaternaria (Sebrier et. al. 1982). Su rumbo es N 125° E con buzamiento de 70° N. EN el offshore este lineamiento representa el límite sur de la cuenca Pisco. Hacia el este el accidente limita al sur la cuenca Cretácea de Parinacochas. Luego la traza más al este separa los afloramientos cretáceos de las cuencas de Cotahuasi al norte y Río Colca al sur. En el Altiplano el accidente esta cubierto por extensos depósitos volcánicos cenozoicos y en el sector oriental del lago Titicaca constituye el límite sur de la cuenca Cretácea de Putina (Figs. 1,2).

LA PLANCHADA

Se le localiza en la costa al oeste de La Planchada (Atico) en el lugar conocido como Calaveritas. Su rumbo es N 100° E y presenta un buzamiento de 65° al norte. En el sector costero muestra evidencias de reactivación cuaternaria, con una traza de varios kilómetros y las estrias observadas muestran movimientos transcurrentes (Sébrier et. al. 1982). En la zona costa afuera constituye el límite norte de la cuenca Mollendo (Fig. 1). Este accidente separa en dos bloques la zona cratogénica de la cordillera de la costa. Hacia el este atraviesa las pampas de Sigüas cubiertas con terrenos Cuaternarios. A la altura de Arequipa, representa el límite entre las cuencas cretáceas del río Colca al norte y la cuenca Omate al sur. En la zona del Altiplano limita al sur la cuenca Cretácea de Ilave - Juli (Figs. 1,2).

CAMANA

En la zona costera se le localiza a la latitud 16°45', a la altura del balneario de la Punta en Camaná y hacia el este al norte de Pueblo Nuevo (García, 1968). Su rumbo aproximado es N 120° E (E - O), con buzamientos altos hacia el sur. La traza sigue la línea de costa orientada E- O, mas o menos rectilínea afecta rocas del basamento y se puede seguir por más de 20 Km. desde la mina San José hasta el balneario de la Punta. La estructura se evidencia en este sector por una línea de playa recta (E-O), notorias escarpas, quebradas rectas, y zonas de cizallamiento y en los valles profundos (Quilca) por zonas de brecha. Hacia el este constituye el límite sur de la cuenca Cretácea de Omate y más al este representaría el límite norte de la cuenca de los volcánicos cretáceos de Matalaque (Figs. 1,2).

CHULIBAYA

En la costa se le localiza a 20 Km. aproximadamente al norte del puerto de Ilo, donde limita los afloramientos de un cuerpo intrusivo del batolito. Hacia el este su traza pasa entre Locumba e Ilabaya, al este de Mirave al sur de los cerros altos de Chulibaya. Estudios de neotectónica en este sector muestran que ha tenido una reactivación Cuaternaria (Sébrier et. al. 1982). Su rumbo es N 100° E con buzamiento de 70° al sur. La traza tiene una longitud de 5 Km y el salto vertical de la falla es de 2 metros mostrando una componente normal (Sébrier et. al. 1982). Este accidente representaría el límite sur de la cuenca de volcánicos cretáceos Matalaque (Figs. 1,2).

DISCUSIÓN: EVIDENCIAS DE CUENCAS CRETÁCEAS QUE PRESENTAN CARACTERÍSTICAS ESTRUCTURALES DE HABER SIDO TIPO “PULL APART”

A continuación se va a describir de una manera general algunas zonas que probablemente hayan sido cuencas de tipo “Pull Apart” en el Cretáceo, haciendo hincapié en los argumentos de tipo sedimentario y estructural. Muchos de estos grabens rómbicos tienen una orientación NE - SO que corresponde a un control por lineamientos E - O con movimientos transcurrentes sinestrales. En el Cenozoico varias de estas cuencas se ha desarrollado como cuencas “Pull Apart” como lo evidencian trabajos geológicos llevados a cabo recientemente. Muchas de las estructuras secundarias (fallas normales) que controlaron el desarrollo de los grabens rómbicos cretácicos, son fallas trasandinas (NE - SO), que fueron reactivadas en el Cenozoico, con movimientos transcurrentes que han sido aprovechadas como zonas de debilidad para el emplazamiento de centros volcánicos e hidrotermales. En la actualidad dichas estructuras tienen una importancia primordial en la exploración de depósitos minerales, ya que controlan las zonas de alteración con mineralizaciones de oro diseminado en los volcánicos cenozoicos. De igual manera, estos lineamientos NE - SO, constituyen objetivos principales en la exploración de hidrocarburos en la costa afuera, ya que controlan el desarrollo, ocurrencia y repartición de los reservorios cenozoicos, como la maduración de las rocas fuente.

La cuenca Lancones, situada en el noroeste del Perú, orientada SO - NE paralela a los Amotápes, presenta una espesa serie Cretácea de hasta 3500m. El relleno esta caracterizado a la base por un conglomerado (Gigantal) sobreyacido por la secuencia carbonatada Pananga - Muerto (Albiano) que alcanza los 400 m. de espesor. Hacia arriba ocurren mas de 2000 metros del Gp. Copa Sombrero que presentan facies turbidíticas correspondientes a un sistema de abanicos submarinos (Chavez & Nuñez del Prado, 1991). Esta cuenca con márgenes activas, corresponde a una cuenca pull apart controlada por accidentes E - O transcurrentes sinestrales como la falla Huaypira que representa el límite sur de la cuenca. Estos accidentes E - O presentan un juego transcurrente que es puesto en evidencia en esta región costera por el desplazamiento de las anomalías gravimétricas como se observa en la cuenca Sechura (Ochoa, 1980).

En la cuenca Trujillo, situada en el Talud superior de la zona costa afuera se desarrollaron varios grabens cretáceos lineares (ONO - ESE) : depocentros León y Morsa muy activos y profundos, limitados por los horst Foca norte y Morsa norte respectivamente, directamente controlados por el lineamiento Trujillo (N 95° E) con movimientos transcurrentes. De igual forma en el Cretáceo se formó la subcuenca Lobos, directamente relacionada al lineamiento Chiclayo de rumbo NE, que probablemente constituyó el límite noroccidental de la cuenca “Pull apart”. El límite sur oriental de la cuenca estaría conformado por la zona de transferencia Foca. La sismica provee la evidencia de la existencia de reflectores truncados, buzantes debajo de la base del Cenozoico al norte del lineamiento Trujillo. Esto significa que se depositó en este sector una potente serie cretácea. De igual manera la sismica muestra plegamiento y erosión antes de la sedimentación cenozoica en los alrededores del lineamiento Trujillo lo que argumenta en favor del movimiento transcurrente de este importante accidente. La serie Cretácea en esta cuenca claramente presenta dos secuencias, separadas por una discordancia regional asociada a un levantamiento reconocido en esta cuenca. La secuencia de Cretáceo inferior a medio representadas por la Fm. Pariatambo-Muerto (calizas y lutitas anóxicas), la cual rellena la parte mas profunda de los depocentros de los grabens. La secuencia del Cretaceo superior representada por +2000 metros de sedimentación (Brechas y areniscas de conos aluviales y lutitas como facies distales) de cuenca antearco.

La cuenca Cretácea “Pull Apart” equivalente en el continente (en echelón) a la cuenca Trujillo, sería la cuenca Cajamarca. Esta cuenca también controlada al sur por el lineamiento Trujillo y al norte por el lineamiento Etén. Esta cuenca presenta una potente serie sedimentaria Cretácea (Benavides, 1962). La estructura actual muestra un “rombo” de dirección SO - NE (Chicama - Cajamarca). Esta zona emplazada muy probablemente encima de la original cuenca “pull apart” Cretácea presenta fallas trasandinas de orientación NE y deflexiones en los ejes de los pliegues que indican un movimiento transcurrente (E - O) senestral de los bloques del basamento. Este movimiento da lugar a fallas transcurrentes en echelón (strike slip). En relación a estas fallas se originan zonas de extensión en el area de relevo y por lo tanto fallas normales (de gravedad) de orientación NNO - SSE. Las fallas transcurrentes afectan el basamento, y son zonas que controlan la circulación de los magmas del arco volcanico terciario. En esta cuenca la importancia económica de estas fallas secundarias del sistema “Pull Apart” esta demostrada con la ocurrencia de yacimientos como Yanacocha, Sipán etc (Quiroz, 1997). El relleno sedimentario de esta cuenca esta conformado por la secuencia silicoclastica del Cretáceo inferior, separada de la plataforma carbonatada del Cretáceo superior por el intermedio de las facies calcareas anóxicas de la Fm. Pariatambo (Fig. 3). Esta ultima unidad representa la sedimentación en depocentros muy profundos asociados con la creación en el Albiano de cuencas tipo “Pull apart”.

Hacia el sur, en la zona costa afuera (cuenca Trujillo sur) se ha reconocido el graben linear Orca, orientado NNO - SSE que también constituyó un depocentro importante en el Cretáceo superior - Paleoceno. El límite nor occidental de esta cuenca cretácea "pull apart" es el lineamiento Morsa de orientación N 45° E. Su equivalente, en echelón en el continente sería el graben Santa - Huamachuco orientado SO - NE que presenta una franja de sedimentos Cretáceos con mineralización de oro.

El relleno sedimentario correspondiente al cretáceo en las cuencas offshore corresponde a las facies distales de los complejos deltaicos neocomianos, sobretudo en la cuenca Salaverry, inmediatamente aledaña al continente. En el caso de las unidades Aptiano - Albiano (facies anóxicas) parecen estar restringidas, al menos las potenciales rocas fuente, a los grabens tectónicamente subsidentes. La plataforma carbonatada ampliamente desarrollada en el continente probablemente este representada solo en la cuenca Salaverry como una cuña que se bisela.

La data de los pozos Ballena y Delfín, perforados en el borde suroriental de la cuenca Trujillo (mar afuera) indican la ocurrencia de unidades del campano - Maestrichtiano (limos y arcillas de mar abierto). Recientemente la Cia. REPSOL ha realizado dos pozos exploratorios en la cuenca Trujillo, habiendo atravesado una espesa serie cretácea que se correlacionaría con la secuencia de antearco cretácea de la cuenca Sechura.

La cuenca Huarmey (norte de Lima) ha sido interpretada como una cuenca marginal - extensional (Atherton et. al. 1983) en base a evidencias de trabajos geofísicos, al relleno volcánico sedimentario y a la composición química de las rocas. La cuenca se desarrolló desde el Titoniano hasta el Albiano con un máximo de subsidencia en este último período (Cobbing, et. al. . Las rocas más antiguas de la cuenca son los volcánicos del Gp. Puente Piedra (Berriasiano) conformados por aproximadamente 1500 m. de lavas almohadilladas y piroclásticos. Encima sobreyacen los volcánicos del Gp. Casma del Albiano, que representan una fase volcánica muy activa pero de corta duración. La potente serie volcánico-sedimentaria alcanza entre 6000 (Huarmey) y 9000 metros (Chimbote) y las facies de lavas almohadilladas aumentan y se hacen mas espesas hacia el oeste (Myers, 1974). Al sur de Lima ocurre la cuenca Cañete, muy similar a la de Huarmey, de 300 Km. de largo donde se depósita la serie volcánico sedimentaria del Gp. Quilmaná (Salazar, 1993).

Las rocas del Gp. Puente de Piedra tienen características de arco y de intraplaca, mientras que las rocas del grupo Casma presentan basaltos con afinidades de tras-arco (Atherton et. al. 1983). La cuenca Huarmey está emplazada sobre una estructura tipo "bóveda" (anomalía gravimétrica), originada por un probable "rajamiento" (splitting) crustal. Esto coincide con la marcada subsidencia de la cuenca, la intensa volcanicidad submarina y el metamorfismo de enterramiento relacionado a las altas gradientes geotermales (Aguirre et. al. 1978). Los límites de la cuenca están relacionados, al norte con el lineamiento Trujillo y al sur con el lineamiento Lima de orientación E - O y que han jugado como fallas transcurrentes en el período Albiano. La causa del rajamiento/subsidencia de la cuenca Huarmey no es conocido. Sin embargo un primer pulso de extensión (spreading) tras arco se habría producido en el Jurásico superior - Cretáceo inferior como lo argumentan las rocas con afinidad arco del Gp. Puente Piedra. Una extensión subsecuente en el Albiano podría haber sido inducida por el arco, pero la evidencia de una más grande extensión hacia el oeste en dirección al continente (Atherton et. al., 1983) argumenta por un movimiento mayor transcurrente (strike slip). Ciertamente esto no es una evidencia para la existencia de un sistema de arco hacia el oeste de la cuenca, aunque este puede haber sido desaparecido por los movimientos transcurrentes (strike slip). La interpretación de la cuenca Huarmey como marginal tiene una trascendental importancia en los estudios de la margen continental de Sudamérica. Cualquiera que sea el mecanismo de la extensión, la margen oeste de sudamérica parece haber evolucionado, frecuentemente por extensión parcialmente "encratónica" englobando desarrollo de cuencas marginales desde el fin del Paleozoico (Noble et. al. 1978).

Hacia el sur, en el continente se reconoce otras evidencias de control estructural mesozoico de tipo Pull Apart como la indentación tectónica (Zona de transtensión) reconocida en la zona al este de La Oroya por Vidal y Noble (1994). Además entre 10° y 12° de latitud sur se han mapeado estructuras de rumbo NE (transandinas) con movimientos transcurrentes, que probablemente correspondan a reactivaciones de fallas normales que limitaron en el Cretáceo las cuencas tipo "pull apart".

El trabajo de tesis de Moulin (1989), desarrollado en la cuenca de la Oroya, muestra un mapa de isópacos de la serie Cretáceo inferior, donde un accidente E - O (interpretada por el autor como falla normal sinsedimentaria) inmediatamente al norte de Cochabamba controla el desarrollo de una secuencia Cretáceo inferior bastante más espesa al sur del lineamiento. Este accidente probablemente corresponde a otro alineamiento que controló el desarrollo de grabens rómicos (pull apart). En este sector las formaciones marinas Pariahuanca, Chulec y Pariatambo presentan variaciones de facies que se superponen a las variaciones de espesor de las series (Fig. 3). Así, se constata que las facies de arcillas muy bituminosas de la formación Pariatambo ocurren al sur del accidente de Cochabamba donde hubo máxima subsidencia, probablemente un depocentro muy activo y profundo de una cuenca tipo

"Pull apart". Estos argumentos de la probable ocurrencia de cuencas tipo "pull apart" en el Cretáceo en la zona andina, se pueden extrapolar a la zona costa afuera donde la cuenca Lima ha sido poco explorada hasta la actualidad.

En el sector del morro Solar (cuenca Lima) se depositan los sedimentos neocomianos con facies de barras tidales (Salto del Frayle- La Herradura) sobreyacidas por un complejo de isla -barrera conocidos como la secuencia Lima (Nuñez del Prado & Chavez, 1989). Las medidas de paleocorrientes para el sistema de barra tidales indican 2 regímenes de corrientes opuestas: hacia el SSE (flood: crecida) y hacia el ONO (ebb: merma). Las medidas de la estratificación cruzada en las dunas de la Isla-barrera muestra una construcción de estas estructuras hacia el NNE.

De los 13° 30' de latitud sur (deflexión de Abancay) hacia el sur hay un cambio muy marcado con gradientes geotermales más bajas que al norte y el desarrollo de varias cuencas cretáceas en la zona costera, y Altiplano. Varias de las cuencas estudiadas (Cuzco, Paruro, Sicuani etc.) en la parte oriental de las altiplanicies muestran que probablemente han correspondido a sistemas tipo "Pull Apart" con tectónica sinsedimentaria como lo evidencian discordancias progresivas en las series de capas rojas del Cretáceo superior -Terciario (Cordova, 1986). Las cuencas en la zona costera y piedemonte andino como Palpa y Omate presentan secuencias calcareas del albiano (Fig 3). Es probable que estas series se hayan depositado en un contexto de cuencas tipo "pull apart" controladas por lineamientos E - O con movimientos transcurrentes. La cuenca Mollendo situada costa afuera, presenta un contexto geológico muy similar a la cuenca Talara, por lo que es probable que también presente sedimentos cretáceos.

La cuenca Cretácea de Tintaya, probablemente funcionó como un sistema pull apart; los numerosos indicios y yacimientos de skarn de cobre (Tintaya, Quechua, Bambas), que afecta las rocas cretáceas, ocurren en un graben rómbico de orientación SO - NE. La disposición de los depósitos parece controlado por accidentes transcurrentes de dirección NE (Transandina).

En la Fm. Pariatambo se ha encontrado basaltos Toleíticos que muestran una afinidad con cuencas extensionales (Soler, 1989). Esta formación también presenta abundantes sills volcánicos y niveles de tufos, especialmente hacia el oeste de la cuenca occidental peruana.

PALEOGEOGRAFIA

La Fig. 4 muestra dos mapas paleogeográficos y de litofacies que pretenden explicar en que contexto hubo un cambio paleogeográfico importante entre el Jurásico superior y el período Albiano. En el Jurásico superior la margen era transformante y en el continente se desarrolló un "rifting" en la zona norte central del Perú dando lugar a la sedimentación extensiva de las areniscas continentales de la Fm. Sarayaquillo (Figs. 4,6). En la zona costera se desarrolla una cuenca que se originó probablemente por una colisión oblicua en el Titoniano (cuenca Chicama) (Jaillard et. al.1989), que fue rápidamente rellenada por sedimentos turbidíticos (Gp. Chicama). En la zona sur del Perú, también se desarrolla un sistema de abanicos submarinos (Grupo Yura) que rellena la cuenca Arequipa desde el Bajociano al Titoniano (Vicente, 1981). En el resto del Perú, en las zonas marginales del arco Marañón se depositaron las facies deltáicas - palustres de la Fm. Oyon (Wilson, 1963). Después de la extensa sedimentación silicoclástica del Neocomiano, controlada por progradaciones deltaícas. En el Aptiano superior una gran transgresión de amplia extensión invade la margen alcanzando su máximo en el Albiano medio (Jaillard, et. al. 1987).

En el Albiano ocurre el momento crítico, la placa Sudamericana comienza su deriva hacia el oeste asociada al rifting atlántico y se da la convergencia con la placa Pacífica, instalándose una zona de subducción en el segmento central del Perú, (arco volcánico Celica). En este contexto varios lineamientos E- O, como prolongaciones de las grandes fallas transformantes de la abertura del Atlántico sur, comienzan a tener movimientos transcurrentes sinestrales que controlaron el desarrollo de cuencas tipo "Pull apart". donde se depositaron las series marinas del Aptiano -Albiano (Pariahuanca, Chulec y Pariatambo). Hacia el este (cuencas orientales) las facies corresponden a calcareos someros (Fm Crisnejas y miembro Esperanza). Del Albiano al Senoniano, potentes series calcareas se depositaron tanto en el norte del Perú (Fm. Jumasha y Fm.Celendin) (Benavides,1962) como en el sur del Perú la Fm. Arcurquina (Figs. 3,4)(Vicente, 1981). En el Cenomaniano se instaló una plataforma carbonatada como consecuencia de una regresión, la cual a su vez origina el cierre de la cuenca marginal Casma (Jaillard, et. al. 1987).

La fig. 5 muestra como probablemente fueron los dispositivos paleogeográficos a diferentes latitudes; lo más resaltante de este gráfico es mostrar que la denominada cuenca occidental Peruana no era con fondo uniforme, sino que presentaba un sinnúmero de estructuras tipo Horst y graben que controlaron la sedimentación cretácea. Entre las cuencas mar afuera y el continente se instaló el arco volcánico

Casma producto de la subducción. En el gráfico C (latitud 15°) de la Fig. 5, el arco no era tan importante como en el centro sur y centro norte (cuenca Cañete, cuenca Huarmey respectivamente) y sus depósitos no fueron tan potentes (cuenca Chaparra).

4. TECTÓNICA DE PLACAS Y LA EXPLORACIÓN DE HIDROCARBUROS

INTRODUCCIÓN

Los movimientos corticales de gran escala (expansión del suelo oceánico, adelgazamiento cortical, subsidencia térmica, reajuste isostático etc.) son los que originan la formación de las cuencas sedimentarias. Los factores tectónicos son los que determinan el tamaño de las cuencas, el espesor del relleno sedimentario como también en el desarrollo de facies. Estos factores solo pueden ser entendidos en un contexto de tectónica de placas. Son tres tipos de movimientos relativos entre placas que se distinguen: convergencia, divergencia y transformante (límite de placas conservativas). Este último corresponde al movimiento relativo de una o otra placa, paralelo a los límites y origina fallas transcurrentes (strike slip). Si el plano de falla es algo irregular debido a la heterogeneidad de la corteza puede producirse tanto compresión como tensión a lo largo del plano de falla. La compresión origina plegamiento y formación de cadenas de montañas pequeñas y la tensión producirá cuencas sedimentarias pequeñas y profundas. Si el movimiento relativo entre las fallas es paralelo tendremos tensión cortical en el área y entre las fallas se desarrollarán cuencas tipo "pull apart" frecuentemente asociadas con volcanismo.

EVOLUCIÓN TECTONO- ESTRUCTURAL DE LA MARGEN PACÍFICA (Fig. 6)

El período Triásico superior (Noriano) a Jurasico inferior, corresponde a la abertura de una cuenca (rifting oceánico?) en la región central norte del Perú, abierta hacia el norte: Oriente Ecuatoriano y Colombia que probablemente comunicaba el dominio del Caribe con el dominio Pacífico (fig. 6a). La margen Pacífica era transformante con movimientos hacia el norte de la placa Farallón y hacia el sur de la placa Phoenix, esto asociado al rifting de la Tethys (Jaillard, et. al. 1990) (Figs. 6,7). Hacia el este, la margen cratónica se desarrollaba en un contexto de margen pasiva. Esta margen extensional limitaba al oeste las cuencas de antepaís como la de Marañón, Ucayali etc. (Fig. 6a). En esta etapa de Abertura de la cuenca (rift) se depositaron los carbonatos del Gp. Pucará al oeste de la margen en el Perú central y norte y su equivalente en Ecuador la Fm. Santiago (Tschopp, 1953). Una charnela estructural se desarrolló en lo que es el centro de la cuenca Oriente - Marañón, formando un límite de plataforma; ésta es manifestada como un anticlinorium orientado NO - SE, conformado por una amplia y espesa cuña de sedimentos Triásico sup. - Jurasico Inf. (con crecimientos estructurales durante la sedimentación - onlap). También hubo depósitos salíferos en la región, los cuales fueron movilizados más tarde para formar diapiros de sal. Esta tectónica salífera jugó un rol muy importante en la formación de la cuenca Santiago.

En el **Jurásico superior al Neocomiano** la margen continuaba con movimientos transformantes al oeste (fosa normal), algunas colisiones oblicuas por sectores (cuenca Chicama) y margen extensional al este, con un basculamiento regional y espesamiento hacia el oeste-sur oeste (Fig. 6b). En este período también se depositaron en la zona central del Perú las rocas volcano-sedimentarias del Gp. Puente de Piedra correspondientes a la abertura de la cuenca Huarmey (Atherton et. al. 1983). En la zona andina centro-norte continuó el desarrollo de una gran cuenca abierta hacia el norte, donde varios grabens en echelón como parte del rifting fueron rellenados rápidamente por las arenas rojas continentales de la Fm. Sarayaquillo, que presenta material volcánico resedimentado hacia la parte superior (Pongo de Rentema). Estas capas rojas se prolongan hacia el norte en el Oriente ecuatoriano (Fm. Chapiza), cuyo miembro superior (Misahuali) presenta abundantes intercalaciones piroclásticas, lo que indica una intensa actividad subaérea. Este volcanismo relacionado probablemente al arco Colán (Mourier, et al. 1988) se prolongó hasta el Valanginiense en el Oriente ecuatoriano (Tschopp, 1953). En el Neocomiano se desarrolló en todo el territorio Peruano, una extensa sedimentación detrítica -silicoclástica (progradaciones deltaicas) que colmataron todos los grabens formados en esta fase extensional de rifting (Fig. 6 b).

En el Noroeste del Perú - sur de Ecuador, durante el Cretáceo inferior ocurrió probablemente la acreción del microcontinente (Amotape - Tahuin) a la margen pacífica (Mourier et. al. 1988). Esto se infiere por el salto de más de 100 Km. hacia el oeste de la zona de subducción (Mourier et. al. 1988).

En el Albiano, hay un cambio muy importante a nivel de la dinámica global de placas (Fig. 7). La abertura del Atlántico sur en este período (separación del África de América del sur), da lugar a grandes fallas transformantes de orientación E - O, que se prolongan hacia los continentes Africano y

Sudamericano (Fig. 7). Los movimientos de grandes fallas transformantes asociadas al "rifting" Atlántico, se prolongaron hacia el este (Africa) y hacia el oeste (sudamérica) dando lugar a importantes lineamientos (E - O) que tuvieron movimientos transcurrentes senestrales (strike slip faults) a lo largo de los cuales se generaron cuencas "pull apart". Esta interpretación esta basada en el modelo propuesto para la cuenca intracontinental Africana de la fosa de la Benoue (Benkhelil, 1982) donde se pone en evidencia un mecanismo transcurrente iniciado sobre la extensión continental como prolongaciones de las fallas transformantes ecuatoriales ligadas al rifting Atlántico. Estas estructuras transcurrentes controlaron el desarrollo de varias cuencas "pull apart" en la fosa de la Benoue (Benkhelil, 1982). Si esta cinemática caracterizaba la porción oriental (Africa) del rifting, se puede inferir continuaciones similares de las fallas transformantes hacia el sector occidental (sud América) donde tambien hayan jugado un rol muy importante en el desarrollo de cuencas "pull apart" en la porción mobil Andina durante el Albiano. Sobre todo esta cinemática parece verosímil en la zona entre las latitudes 3° y 8° (Andes de Huancabamba), donde se ha puesto en evidencia la orientación Chicama (E-O) (Olsson, 1942), el cual corresponde a un segmento transicional entre los Andes de norte y los Andes Centrales (Mourier et. al. 1988, Mégard, 1989). La placa continental sudamericana, como flanco occidental del rifting Atlántico deriva hacia el oeste, por lo que en la margen ocurre una alta tasa de convergencia contra la placa pacífica. Se instala en el Albiano una nueva zona de subducción, y por consiguiente una actividad magmática importante, en el segmento del Perú central (arco volcánico Célica), pero en los segmentos Norte y sur (de 8° S al norte y de 14° hacia el sur) probablemente prevalecieron movimientos transformantes y se desarrollaron cuencas tipo "pull apart" controlados por lineamientos este - oeste, tanto en la zona Pacífica como Andina (Fig. 6c). Este período que se prolonga hasta el Turoniano coincide con la zona magnética "quieta" de Larson (1991) y esta caracterizada por una tasa de subsidencia alta (Jaillard, 1993) y por movimientos transcurrentes E -O senestrales importantes (Bussell & Pitcher, 1985). Esto corrobora el movimiento hacia el NE que se postula para la placa paleo-Pacífica durante el Cretáceo superior (Pardo-Casas & Molnar, 1987) (Fig. 6c).

Los accidentes transcurrentes E - O controlaron el desarrollo de cuencas tipo "Pull Apart" tanto en la zona costa afuera como en los protandes (Fig. 6). Los grabens rómicos tenían una orientación SO - NE como resultado del movimiento senestral de los accidentes (Figs. 6, 7).

Un ejemplo notable de estos accidentes E - O es la llamada **DEFLEXIÓN DE PISCO-ABANCAY** cuyo desarrollo morfo-estructural da lugar a implicancias determinantes en el desarrollo geológico de la región sur del Perú y por lo tanto se infiere que esta zona también estuvo controlada por los accidentes E-O durante el Albiano. A nivel de los 14° de latitud sur se reconoce que hay una variación del ángulo de inclinación del plano Wadatti - Benioff lo que evidencia una anomalía estructural de separación de placas en la dirección OSO - ENE. Este rasgo fisiográfico muy notorio en el continente implica un control tectónico a nivel de la tectónica global de placas (Fig. 7). La generación y desarrollo de cuencas sedimentarias meso-cenozoicas controladas por un sistema de fallamiento de rumbo O - E con movimientos sinestrales, se puede modelar en un juego de estructuras directamente relacionado a la abertura del Atlántico durante el Albiano (Fig. 7). La reactivación de estos accidentes a través de la historia geológica tiene vigencia hasta la actualidad (Neotectónica). Algunas fallas secundarias evidencian los movimientos transcurrentes de las fallas OSO - ENE en superficie y en otros casos estan camufladas por la cobertura volcánica ó intruidas por el Batólito.

Del Cretáceo superior al Paleoceno en la margen Pacífica se desarrolló una convergencia normal entre la placa Farallón y la placa Sudamericana. En el tiempo Cenozoico la convergencia fue oblicua SO - NE, dando lugar a desplazamientos transcurrentes, paralelos a la fosa Perú - Ecuador, lo que habria originado la orientación de las cuencas "pull apart" Cenozoicas, como Talara, Trujillo. Además en el Cenozoico superior hubo una inversión tectónica y las fallas que actuaron como fallas normales limitando los grabens en el Cretáceo - Paleoceno fueron reactivadas en el Neógeno, actuando como fallas transcurrentes que se dispusieron en echelón en las cuencas rómicas Cenozoicas. Esto se comprueba por lo menos en los grabens rómicos al norte del lineamiento Trujillo, tanto costa afuera (cuenca Trujillo) como sobre el continente (cuenca Cajamarca).

En síntesis, a nivel de la dinámica global de placas, la zona de expansión del pacífico este en el mesozoico cambio de una orientación subecuatorial (OSO - ENE) a submeridina (SE-SO). Esta rotación se desarrolló por saltos sucesivos, lo que originó que se modifiquen las direcciones de enfrentamiento con la placa sudamericana (Dalmayrac, et. al. 1980).

Entre 180 -130 m.a (Norian - Lias-Dogger), un sistema transformante se desarrolló en la margen, y en la porción centro norte de la placa sudamericana se generó un rifting probablemente oceánico.

Entre 130 - 80 m.a. (Malm - Neocomiano) la placa pacífica enfrenta oblicuamente la placa sudamericana, la margen era transformante entre 7°S y 15° S, al norte de este sector una colisión oblicua dio origen a la cuenca Chicama (Jaillard & Jacay, 1989). Al norte de 7° S y al sur de 15° hubo subducción, como lo evidencian la ocurrencia de arcos Magmáticos (Colán, Chocolate).

A 80 m.a (Albiano), la margen pasaba de ser transformante a ser activa(subducción), este paso fué transicional por intermedio de un sistema de accidentes E - O transcurrentes sinestrales y desarrollo de cuencas pull apart.

A partir de 80 m.a. el enfrentamiento era frontal, lo que implica el desarrollo en la margen de una zona de subducción con su arco volcánico (Célica) por lo menos en los sectores de la cuenca Huarmey y cuenca Cañete(Andes centrales), y en los Andes meridionales. En la margen de los Andes septentrionales el enfrentamiento era oblicuo (Fig. 6c).

LAS CUENCAS “PULL APART” DEL CRETÁCEO Y SU PROBABLE POTENCIAL EN HIDROCARBUROS EN LA COSTA AFUERA DEL PERÚ

Una reevaluación de la data sísmica de la zona costa fuera del Perú (Zuñiga et. al. 1998), muestra la existencia de diez cuencas o subcuencas Cenozoicas, de las cuales tres son productoras de hidrocarburos, que están rellenas por una pila sedimentaria que en algunos casos excede los 20000 metros de potencia. Se ha reconocido una sección pre- Cenozoica con espesores importantes y gran potencial para la exploración, cuyas edades van del Paleozoico al Mesozoico.

Una característica general de las cuencas pull apart Cretáceas es que han sido generadas por sistemas de fallas transcurrentes (E-O) y son el resultado de la extensión mesozoica y adelgazamiento de la corteza continental (Jaillard, 1990). Estas cuencas son depresiones muy profundas en la corteza continental y en algunos casos están infrayacidas por rocas volcánicas basálticas. Una característica de estas cuencas cretáceas en el Perú es su elevada tasa de sedimentación, directamente ligada a que las cuencas fueron relativamente pequeñas con áreas fuentes elevadas alrededor de las cuencas.

Estas cuencas presentan condiciones especiales y muy atractivas para la exploración por petróleo. Los hidrocarburos se pueden haber generado en forma abundante en los grabens con depocentros profundos donde se dan condiciones de reducción, debido a la circulación limitada de aguas con oxígeno, por lo que se tiene sedimentos muy ricos en contenido de materia orgánica (rocas fuente potenciales). La acumulación de los hidrocarburos probablemente ocurra en rocas reservorio de tipo areniscas turbidíticas. Además las series de estas cuencas están debilmente plegadas, lo que puede resultar en trampas atractivas. Las gradientes geotermales generalmente son relativamente altas favoreciendo la maduración de las rocas fuente.

LOS SISTEMAS PETROLEROS

El desarrollo de los sistemas de petróleo, relacionados al período Albiano, presentan un gran potencial con excelentes rocas fuente de las Fms. Muerto y Pariatambo, con muchas perspectivas hacia las cuencas “costa afuera”. La serie Cenozoica presenta también condiciones favorables para la generación de hidrocarburos con rocas fuente relacionadas a facies de prodelta y facies de abanicos inferiores y a napas anóxicas muy extendidas mar afuera relacionadas al “resurgimiento” de aguas profundas (upwelling) .

Las rocas fuente del Albiano medio, base elemental del sistema de petróleo, se sedimentaron en un contexto de cuencas tipo “pull apart”. Los depocentros muy activos de los grabens eran muy profundos (entre 2000 y 4000 metros), donde se depositaron esencialmente lodos con globigerinas y como organismos bentónicos (foraminíferos) a veces abundantes pero sus restos son muy raros; esto debido a que la velocidad de sedimentación es muy débil y las corrientes profundas que erosionan el fondo, reducen todavía más la tasa de sedimentación. La acumulación de sedimentos ricos en materia orgánica se da en un contexto donde los “huecos” profundos tienen frecuentemente condiciones reductoras en sus aguas de fondo, debido a la circulación limitada de aguas oxidadas. La producción de hidrocarburos de estas rocas fuente depositadas en un contexto “cuencas pull apart” es muy alto y no se le compara con ninguna otra en barriles de petróleo producidos por kilómetro cuadrado.

Las potenciales rocas reservorio del sistema estarían asociadas con areniscas turbidíticas, en especial con las facies proximales (Canales alimentadores, lobulos superiores) de los sistemas de abanicos submarinos. Para la comprensión de la migración y el emtrampamiento de los hidrocarburos se debe prestar especial atención a las estructuras NE - SO (como resultado del movimiento sinistral de los accidentes transcurrentes que controlan el desarrollo de las cuencas pull apart), ya que son zonas de debilidad por donde circulan los fluidos y cuando se interceptan con las fallas normales de los grabens son trampas importantes para la acumulación de fluidos. La repartición de reservorios está directamente relacionado a los grabens lineales con movimientos extensionales que están controlados por las fallas NE.

Comparando con los sistemas petroleros en la zona del oriente Peruano, lugar donde también hay producción de hidrocarburos se puede decir que las perspectivas son mejores en la zona casi inexplorada "costa afuera". En el lado oriental la primera y mayor parte de la historia andina (Mesozoico) se da en un contexto de margen pasiva (tectónica extensional) con un período de "rifting" significativo, dando lugar a la sedimentación de potenciales roca-fuente Triásicas-Jurásicas (Pucará y equivalentes), Albiano (Raya -Esperanza) y Cenomaniano -Turoniano (Chonta). El período extensional duró hasta la orogenia andina de fines del Neógeno, cuando la margen pasiva pasa a ser un frente compresional, dando lugar a la faja subandina de sobrescurrimientos (potenciales trampas) y al levantamiento de la Cordillera Oriental. En la exploración, esto se traduce por un mayor potencial de las cuencas formadas en la zona inestable (margen activa), al presentar una historia mas larga con varios períodos compresionales y extensionales, dando lugar a la mayor ocurrencia de intervalos de rocas fuente, rocas reservorios, formación de trampas y un período de generación/ migración mas largo y continuo. En el caso de las cuencas formadas en el borde de placa cratónica, su evolución es menos cambiante con eventos más o menos puntuales de corta duración para la depositación de rocas fuente, rocas reservorio, formación de trampas y generación/migración de hidrocarburos de mas corta duración. En esta ultima zona se desarrollaron cuencas pre-andinas (Paleozoico), un aspecto favorable y menos explorado, pero que se desarrollará en un trabajo posterior.

5.CONCLUSIONES

En varias cuencas cretáceas, tanto en el continente como costa afuera, existe la evidencia de la ocurrencia de estructuras grabens y horst orientados SO - NE, cuyo desarrollo estuvo controlado por lineamientos E -O transcurrentes sinestrales.

Los accidentes E - O durante el Albiano probablemente jugaron como fallas transcurrentes que controlaron el desarrollo de cuencas cretáceas tipo "Pull Apart", con depocentros muy activos y profundos. Su prolongación hacia el oeste (costa afuera) toma relevancia al controlar el desarrollo de estructuras tipo "grabens" con potentes series cretáceas.

Las trazas de los lineamientos E - O sugeridos en el presente trabajo son aproximadas, por lo que será necesario trabajos detallados para precisarlos sobre todo a nivel de la sismica en las cuencas "costa afuera".

Las fallas NE - SO producidas por el movimiento transcurrente sinistral de las fallas E - O, que originalmente eran normales limitando los grabens, han sido reactivadas en el Cenozoico como fallas transcurrentes (inversión tectónica) y se disponen en echelón. Desde el punto de vista económico (petróleo, metalogenia) son muy importantes ya que controlan el desarrollo de las zonas extensionales (grabens) donde se concentran potenciales rocas reservorio de hidrocarburos depósitos minerales; De igual manera son las zonas donde se depósitan las potenciales depósitos minerales enriquecidos en oro.

En las cuencas "pull apart" se desarrollaron las fallas NE - SO que en una primera instancia controlaron los grabens rómbicos, jugando como fallas normales. La reactivación de estos accidentes en las fases tectónicas cenozoicas, fue con movimientos transcurrentes. Estos desgarres a su vez originaron otras fallas subparalelas que se disponen en echelón y que controlan el desarrollo de zonas extensionales, con fallas de gravedad de orientación NO - SE.

En la zona costa afuera, las cuencas cretáceas "pull apart" parecen ser mas simples, tal vez debido a la cercanía a la margen y sobretodo pueden ser interpretadas en el contexto de la geodinámica global de placas. En el continente la reactivación de las fallas NE como transcurrentes origina grabens en extensión con fallas de gravedad NO - SE y en general sistemas más complejos.

En el continente todas las cuencas cretáceas presentan potenciales rocas fuente de hidrocarburos en el intervalo correspondiente al período Albiano (Fms, Muerto , Pariatambo). En este período parecen haberse desarrollado depocentros muy profundos donde las aguas del fondo eran pobres en oxígeno dándose condiciones de anoxia con el depósito de sedimentos muy ricos en carbono orgánico (potenciales rocas fuente).

La dinámica de la placa sudamericana, la cual no está limitada solo al dominio continental, sino que se prolonga hasta la dorsal medio Atlántica, fue directamente influenciada y controlada por la cinemática de la dorsal Atlántica sur a partir de su formación (80 m.a)

6.CONTRIBUCIONES TÉCNICAS

Se presenta un nuevo modelo para la interpretación de la geodinámica de la margen pacífica durante el Mesozoico, en el contexto de la tectónica global de placas con implicancias importantes para la exploración de hidrocarburos en la zona costa afuera del Perú.

Presencia de cuencas tipo pull apart de edad Cretácea en la zona costa afuera del Perú.

Ocurrencia probable de potenciales rocas fuente de hidrocarburos en los depocentros profundos.

La reactivación de las fallas originadas en los sistemas pull apart ofrecen importantes trampas potenciales.

AGRADECIMIENTOS

En primera instancia al Ing. Rafael Samaniego (PETROTECH) quien gentilmente me brindó la ayuda para el dibujo de las figuras y transparencias. Al Dr. José macharé quien revisó el manuscrito y me sugirió oportunas enmiendas. GRACIAS

7. BIBLIOGRAFIA

- Aguirre, L., Levi, B. & Offler, F. (1978) Unconformities as mineralogical breaks in the burial metamorphism of the Andes. *Contrib. Mineral. Petrol.*, **(66)**, 361 - 366.
- Aspden, J. A., McCourt, W. J. & Brook, M. (1987) Geometrical control of subduction related magmatism : The Mesozoic and Cenozoic plutonic history of western Colombia. *J. Geol. Soc. London* (144) p. 893 - 905.
- Atherton M. P., Pitcher, W. S., Warden, V. (1983) The mesozoic marginal basin of central Perú. *Nature*, 305, 303 - 305.
- Benavides, V. (1962) Cretaceous System in Northern Perú. *American Mus. Nat. Hist. Bull.*, 108, 352 - 494.
- Benkhelil, J. (1988) Structure et evolution geodynamique du Bassin Intracontinental de la Bénoue. *Bull. Centres Rech. Explo.-Prod Elf-Aquitaine* (12) 1, 29-128
- Boily, M., Brooks, C. & James, D.E. (1984) Geochemical Characteristics of the late Mesozoic Andean volcanics. In: Harmon, R.S. & Barreiro, B. A. (eds) *Andean magmatism: Chemical and Isotopic constraints*. Shiva press, Nantwich, England, 190 - 202.
- Bussell, M. A. & Pitcher, W. S. (1985) The structural controls of Batholith emplacement. In: *Magmatism at a Plate edge: The Peruvian Andes*. Pitcher, M. P., Cobbing, E. J. And Beckinsale, R.D. Ed., Blackie Halsted Press, 167 -176.
- Cobbing, E. J., Pitcher, W. S., Wilson J. J., Baldock, J. W., Taylor, W.P., McCourt, W. & Snelling, N.J. (1981) *The Geology of the Western Cordillera of northern Perú*. Inst. Of Geol. Sciences, Overseas Memoir, 5, 143 p. London.
- Cordoba E. (1986) Un bassin Intramontagneux Andin Peruvienne: Les Couches Rouges du bassin de Cuzco, Maestrichtien - Paleocene. *These Doctorat, Univ. De Pau* p.272.
- Chavez, A. & Nuñez del Prado, H. (1991) Evolución vertical de facies de la serie turbidítica Cretácea (Gp. Copa Sombrero) en el perfil tipo Huasimal- Encuentros (cuenca Lancones en el noroeste del Perú). *Bol. Soc. Geol. Perú*, V (82), p. 5 - 21
- Dalmayrac B. (1986) Estudio Geológico de la cordillera Oriental, región de Huanuco. *Bol. INGEMMET*(11), serie D: estudios Especiales, 129p.
- Dalmayrac, B., Laubacher, G. & Marocco, R. (1980) *Geologie des Andes Peruvienes. Travaux et Documents ORSTOM*, 122, 501 P., Paris.
- DeVries, T. J. (1984) Neotectónica del área de Cabo Blanco, noroeste del Perú. *Bol. Soc. Geol. Perú* **(73)**, p. 1 - 14.
- Fernandez M. (1993) Geología de los cuadrangulos de Pisco, Guadalupe, Punta grande, Ica y Cordova. *Bol. INGEMMET*, **47**, 62 p.

- Garcia W. (1968) Geología de los cuadrangulos de Mollendo y La Joya (Hojas 34-r, 34-s). Bol. Serv. Geol. Min. 19 (A), Lima.
- Jaillard, E. (1987) Sedimentary evolution of an active margin during middle and upper cretaceous times: The north Peruvian margin from late aptian up to senonian. *Geologische Rundschau* **76/3**, 677 -697.
- Jaillard, E. (1990) Mesozoic extension and crustal thickening in the Peruvian Andes. 1st International Symposium on andean Geodynamic - ISAG Grenoble, 269 -272, Colloques et seminaires ORSTOM, Paris.
- Jaillard, E. (1993) Tectonic and geodynamic evolution of the Peruvian margin between Kimmeridgian and Paleocene times. In: J.A. Salfity, (ed.), *Cretaceous tectonics in the Andes*, Earth Evolution Sciences, Monograph series, vieweg Publ.
- Jaillard, E. & Jacay J. (1989) Les "couches Chicama" du Nord du Perou: Colmatage d' un bassin né d' une collision oblique au Tithonique. C. R. Acad. Sci., Paris, (II), 308, 1459 - 1465.
- Jaillard, E., Soler, P., Carlier, G. & Mourier, T. (1990) Geodinamic evolution of the northern and central Andes during early to middle Mesozoic times: A tethyan model. *J. Geol. Soc.*, London.147, 1009 - 1022.
- James, D. E. (1971) Andean crustal and upper mantle structure. *J. Geophys. Res.* **76**, 3246 - 3271.
- Larson, R.L. (1991) Geological consequences of superplumes. *Geology*, 19, 963 -966.
- Lucas G. (1973) Facies Carbonates des mers profonds. BULL. centre. Rech. Pau - SNPA, 7, 1,p.193 - 206.
- Macharé, J., Sébrier, M., Huamán, D. Y Mercier, J. L. (1986) Tectónica cenozoica de la margen continental peruana. Bol. Soc. Geol. Perú. T. **76**, pp. 45 - 78.
- Mégard, F. (1978) Etude géologique des Andes du Perou central. Memoir ORSTOM,86, 310p.,Paris.
- Mégard, F. (1989) The evolution of the Pacific Ocean margin in South America North of Arica Elbow (18° S). In: Z. Ben Avrahan, (Ed.), *The Evolution of the Pacific Ocean Margin*, Oxford Univ. Press. Monog. No. 8, 208 -230, N.Y.
- Moulin, N. (1989) Facies et sequences de dépôt de la plate-forme du Jurassique moyen a l' Albien, et une coupe structurale des Andes du Perou central. Thesis Doctor. Univ, Montpellier, 287 p.
- Mourier, T., Mégard, F., Reyes, L., y Pardo A. (1988) L' Evolution Mesozoique des Andes de Huancabamba et l' hiphotese du bloc exotique du nordoest du Perou. Bull. Soc. Geol. France, IV (1), pp. 69-79.
- Myers J. S. (1974) Cretaceous Stratigraphy and structure, Western Andes of Perú between Latitudes 10 - 10°30' . Am. Ass. Petrol. Geol., Bull 58, p.474-487.
- Noble, D. C., Silbermann, M. L., Mégard, F. And Bowman, H. R.(1978) Comendite (peralkaline rhyolite) in the Mitu Group Central Perú: evidence of Permian - Triassic crustal extension in the central Andes. *J. Res. U.S. Geol. Survey.* **6**, 453 -457.
- Noblet, C., Marocco, R. & Delfaud, J. (1987). Analyse sédimentologique des "couches rouges" du bassin intramontagneux de Sicuani (sud du Perou). Bull. Inst. Francais d' etudes Andines, 16, 55-78, Lima.
- Núñez del Prado, H. & Chavez, A. (1989) Análisis sedimentológico y evolución vertical de facies de la serie Cretácea en el Morro Solar (OSO Lima). Contribuciones de los simposios sobre el Cretácico de America Latina, Ed: Spalleti L. A., Part A: Eventos y registro Sedimentario p.287-318.
- Ochoa, A. (1980) Evaluación hidrocarburífera de la cuenca Sechura, Bol. Soc. Geol. Perú. **67**, 133-152.
- Olsson, A. A. (1942) Some tectonic interpretations of the geology of northwestern South America. Proceedings of the Eighth Am. Scientific Congress (Washinton D.C., 1940), 4 (Geol. Sc),401-416.
- Pardo-Casas, F. & Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallón) and South America plate since late Cretaceous Times. *Tectonics*, 6, 233 - 248.
- Pitcher, W.S., Atherton M. P, Cobbing E.J., and Beckinsale R.B. (Eds.) (1985) *Magmatism at a plate edge: The Peruvian Andes*. Blackie, Glasgow/ Halsted Press, New York.
- Quiroz A. (1997) El corredor estructural Chicama - Yanacocha y su importancia en la metalogenia del norte del Perú. IX Cong. Peruano de Geol. Vol. Res. Ext. p. 149 -154.
- Sebrier, M., Huamán, D., Blanc, J.L., Macharé, J., Bonnot, D. y Cabrera, J. (1982) Observaciones acerca de la Neotectónica del Perú. Proyecto SISRA, Instituto Geofísico del Perú, p. 107.

Soler, P. (1989) Petrography and Geochemistry of lower Cretaceous alkali basalts from the high plateaus of central Perú and their tectonic significance, Z. Geol. u. Paläont., 1989 (5/6), 1053-1064, Stuttgart.

Salazar, H. & Landa C. (1993) Geología de los cuadrángulos de Mala, Lunahuaná, Tupe, Conaica, Chíncha, Tantarà y Castrovirreyna. Bol. INGEMMET (44), 97p.

Stapenbeck, R. (1929) Geologia des Chicamatales in Nordperu und seiner Anthrazitlagerstätten. Geol. Und Paläont. Abhandl. N.F. 16, (4).

Steinmann, G. (1929) Geologie von Peru, Heidelberg. P.448 p. Karl Winter éd.

Vicente, J. C. (1981) Elementos de la estratigrafía mesozoica sud - Peruana. En: Cuencas sedimentarias del Jurásico y Cretácico de América del Sur (W. Volkheimer y E. A. Musacchio, eds) Comité sudamericano. Jurásico - Cretácico, Vol 1, pp. 319 - 351.

Tschopp, H. J. (1953) Oil explorations in the Oriente of Ecuador 1938-1950. Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol. 37, 2303 - 2347.

Vidal C.; Noble D. (1994) Yacimientos hidrotermales controlados por magmatismo y estructura en la región central del Perú. VIII Cong. Peruano de Geología, Vol. Res. Ext p.48 - 52.

Wilson, J. J. (1963) Cretaceous Stratigraphy of central Andes of Perú. Am. Ass. Petrol. Geol. Bull., 47 (1), p. 1-34.

Zuñiga, J.F., Keeling J.A. y Hay-Roe, H. (1998) Uncovering Peru's Offshore Petroleum Potential. Offshore Technology Conference, p.6, 17 Figs.

LEYENDA DE LAS ILUSTRACIONES

Fig. 1 MAPA ESQUEMATICO DEL PERÚ MOSTRANDO LA DISPOSICIÓN ACTUAL DE CUENCAS CRETÁCEAS EN RELACIÓN A LAS PRINCIPALES FALLAS E - O Y ALTOS TECTÓNICOS PALEOZOICOS.

Fig. 2 MAPA GEOLOGICO GENERALIZADO DEL PERÚ MOSTRANDO LOS PRINCIPALES ACCIDENTES TRANSCURRENTES E - O, INFERIDOS DE LA GEOLOGIA EN EL CONTINENTE.

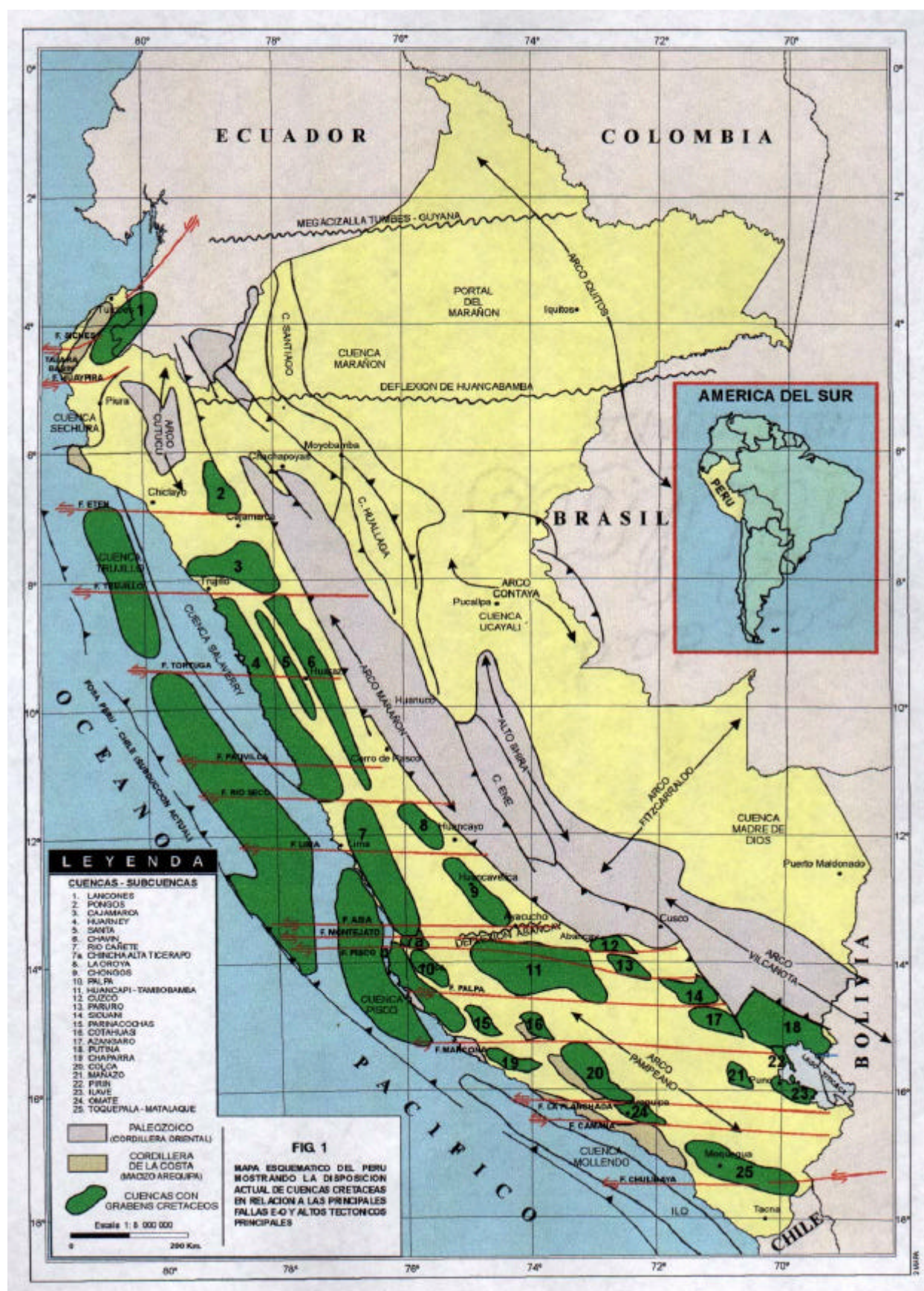
Fig. 3 ESQUEMA DE CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y LITOLOGICAS EN LA CUENCA OESTE PERUANA (De norte a sur)

Fig. 4 MAPAS PALEOGEOGRAFICOS Y DE LITOFACIES PARA EL JURASICO SUPERIOR - NEOCOMIANO Y CRETACEO MEDIO (ALBIANO).

Fig. 5 PERFILES ESQUEMATICOS MOSTRANDO LOS DISPOSITIVOS PALEOGEOGRAFICOS DE LAS CUENCAS MAR AFUERA Y EN EL CONTINENTE DEL PERÚ CORRESPONDIENTES AL CRETACEO INFERIOR (ALBIANO).

Fig. 6 RECONSTRUCCIONES PALEOGEOGRÁFICAS DE LA CUENCA ANDINA SUDAMERICANA NORTE

Fig. 7 MODELO GEODINAMICO MOSTRANDO LA SEPARACIÓN DE AFRICA Y AMERICA DEL SUR EN EL ALBIANO (Abertura del atlántico sur) Y COMO PROBABLEMENTE SE DESARROLLO LA CINEMATICA EN LOS DOS CONTINENTES.





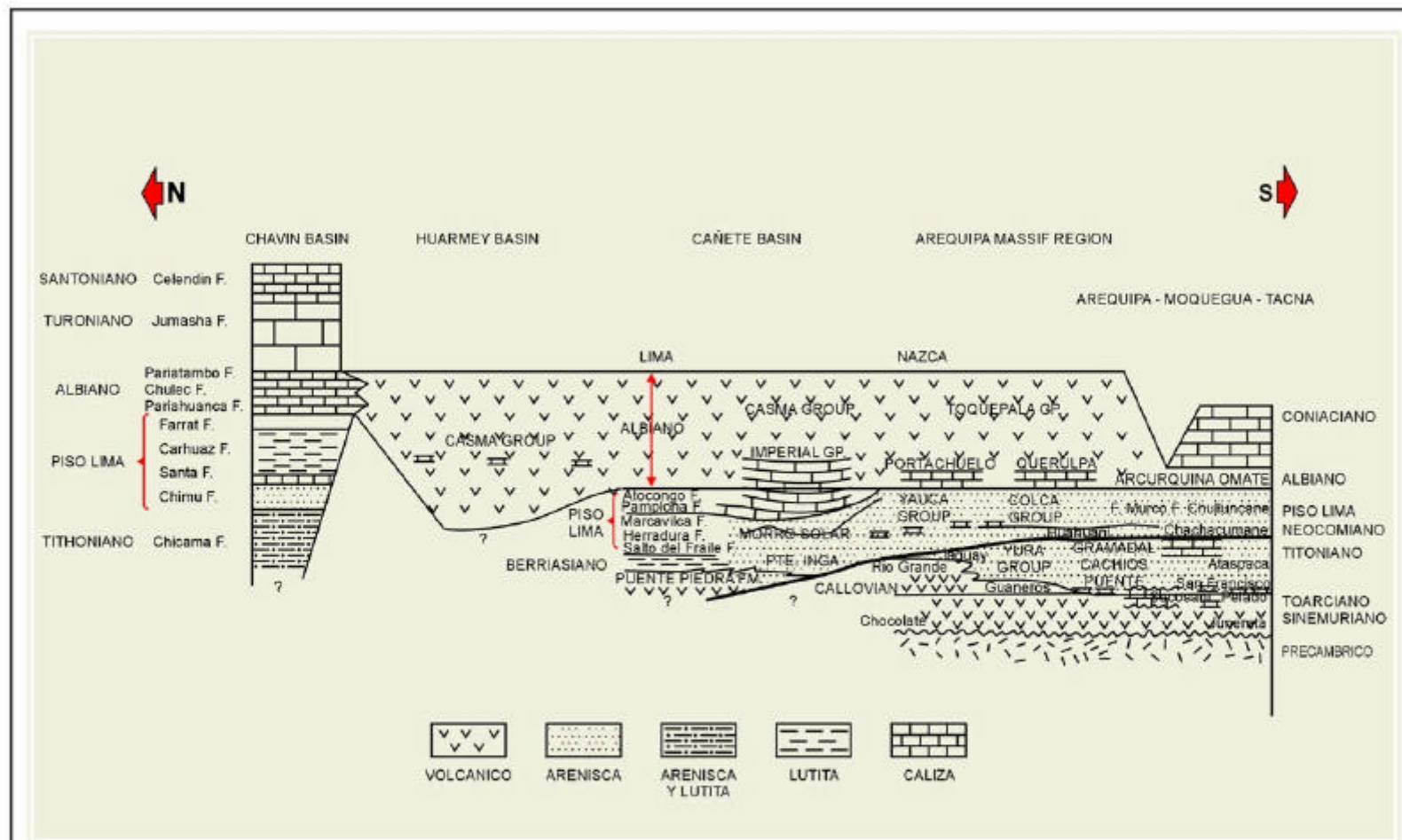


FIG. 3

ESQUEMA DE CORRELACIONES ESTRATIGRAFICAS Y LITOLOGICAS EN LA CUENCA OESTE PERUANA (DE NORTE A SUR) MODIFICADO DE COBBING, 1985

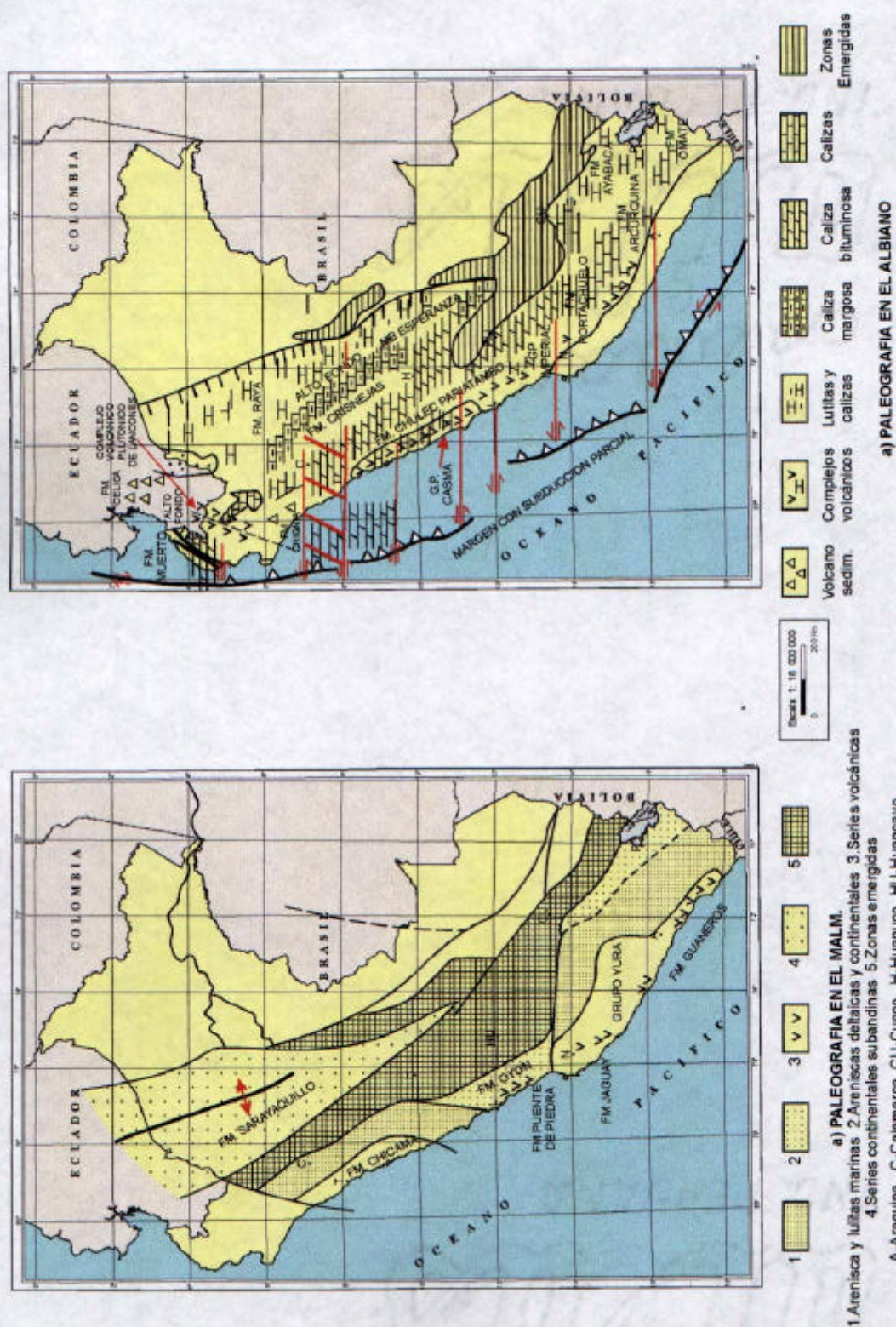


FIG. 4

MAPAS PALEOGEOGRAFICOS Y DE LITO FACIES PARA EL JURASICO SUP. (MALM) Y CRETACEO INFERIOR (ALBIANO)

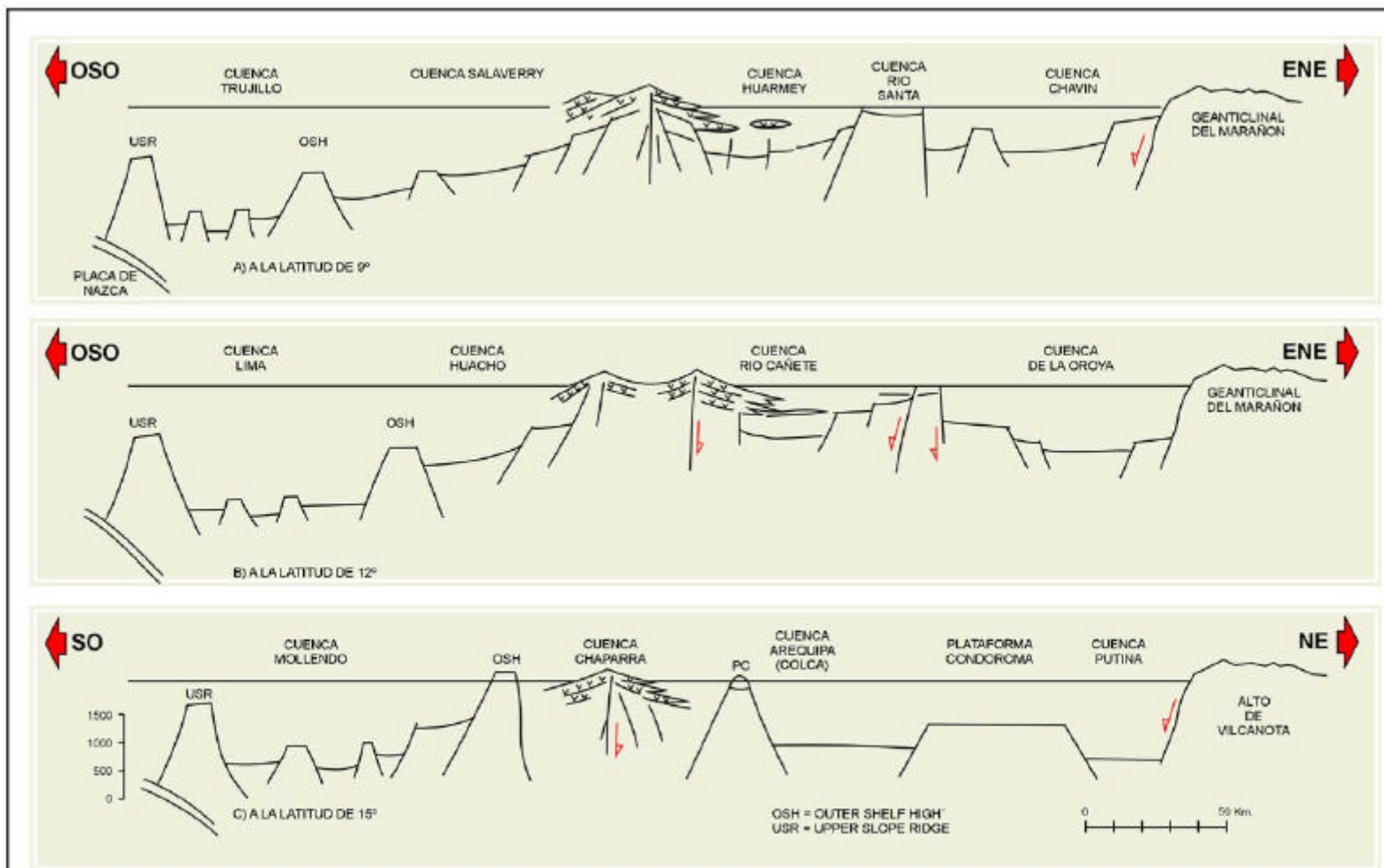


FIG 5
PERFILES ESQUEMATICOS MOSTRANDO LOS DISPOSITIVOS PALEOGEOGRAFICOS DE LAS CUENCAS MAR AFUERA Y EN EL CONTINENTE DEL PERU CORRESPONDIENTE AL CRETACEO INFERIOR + ALBIANO

