

GEODINAMICA MIO-PLIOCENA DE LAS CUENCAS SUBANDINAS PERUANAS : UN MEJOR ENTENDIMIENTO DE LOS SISTEMAS PETROLEROS

Patrice Baby, Wilber Hermoza, Luis Navarro, Rolando Bolaños – Convenio Perupetro-IRD; Nicolas Espurt, Martin Roddaz, Stéphane Brusset – LMTG, Univ. Toulouse; Gil Willy – Repsol-IPF

Introducción

«En una cuenca sedimentaria, la formación de un sistema petrolero es el resultado de una sucesión de transformaciones físicas y químicas que afectan toda la columna sedimentaria y controlan estrechamente la génesis, concentración y dispersión de HC. Factores importantes que controlan esas transformaciones y también las inician son movimientos de levantamiento y de subsidencia» (Perrodon y Masse, 1984).

En el Mioceno Medio, las cuencas subandinas peruanas no estaban individualizadas y formaban parte de una sola cuenca amazónica sometida a incursiones marinas (mar Pebas), que se extendía desde el norte de Bolivia hasta Venezuela.

Los sistemas de corrimientos, y los movimientos de levantamiento y de subsidencia, que compartieron la cuenca amazónica en las cuencas subandinas actualmente definidas, empezaron hace más o menos 10 Ma y siguen activos hasta el Presente.

En este trabajo, proponemos analizar el Impacto de la Evolución Geodinámica Mio-Pliocena sobre los sistemas petroleros de las sub-cuencas subandinas peruanas (Fig. 1).

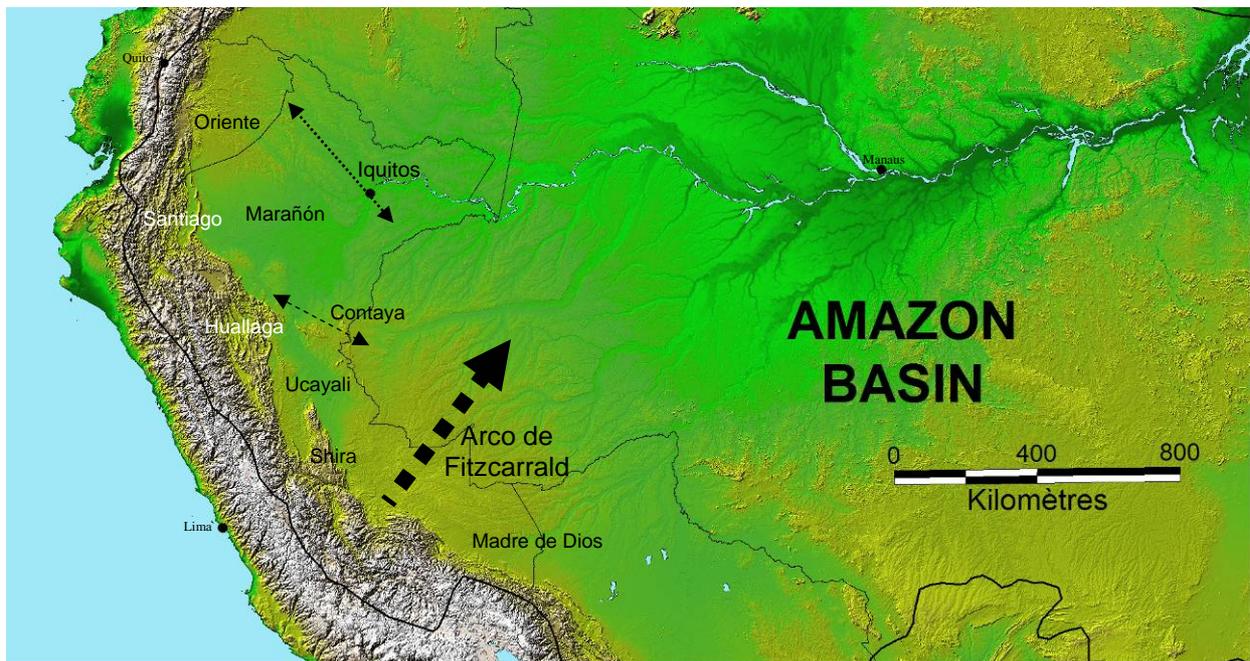


Fig. 1 - Configuración de los Andes Centrales, de la Cuenca Amazónica y de las sub-cuencas subandinas peruanas (datos SRTM, resolución 90 m)

Cuadro Geodinámico Mio-Plioceno

La configuración estructural de la Cordillera de los Andes y de la Cuenca Amazónica (Fig. 1) se encuentra ligada directamente a los diferentes procesos tectónicos que resulta de la convergencia de la placa oceánica de Nazca y de la placa continental sudamericana. El evento geodinámico mayor que marca el Mioceno Superior es la entrada en subducción de la Dorsal oceánica de Nazca en la costa del Norte de Perú hace 11.2 Ma (Hampel, 2002).

En el Mioceno Medio y Superior, la Cuenca Amazónica está sometida a incursiones marinas como lo muestran los estudios sedimentológicos de la Fm. Pebas en Iquitos (Gingras et al., 2002), o mas al Sur, de la Fm. Madre de Dios (Hovikoski et al., 2005). Recientes trabajos en Perú indican que esas incursiones marinas registradas dentro de la cuenca de ante-país amazónica se encuentran controladas por periodos de carga y descarga tectónica (Hermoza et al., 2004; Roddaz et al., 2005).

A partir de 10 Ma, la deformación andina se traslada hacia el borde oriental de los Andes y se propaga en la cuenca amazónica. Este periodo corresponde al periodo de deformación subandina que va permitir la individualización de varias sub-cuencas.

El Arco de Fitzcarrald es un elemento mayor en la configuración de la cuenca amazónica moderna. Su levantamiento en el Mio-Plioceno y Pleistoceno, probablemente ligado a la entrada en subducción de la Dorsal de Nazca (ver mas adelante), provocó la separación de las sub-cuencas Ucayali y Madre de Dios (Fig. 1).

Las Cuencas Subandinas Peruanas: Tectónica y Sedimentación Mio-Pliocena

- **Sub-cuenca Marañón**

La sub-cuenca Marañón corresponde a la cuenca flexural subsidente (*foredeep depozone*) del sistema de ante-país andino del Noroeste amazónico (Roddaz et al., 2005). Está limitada al Oeste por el frente de corrimiento subandino, y al Este por el Arco de Iquitos (Fig. 2). Su subsidencia está controlada por la carga tectónica producida por los sistemas de corrimientos de la Cordillera Oriental y de la zona subandina. Internamente, la Cuenca Marañón está deformada por inversiones tectónicas de fallas extensivas paleozoicas, triásicas y/o jurásicas. Esas inversiones tectónicas empezaron durante el evento compresivo del Cretácico Superior, llamado "fase peruana" (Mégard, 1984), y fueron reactivadas durante el Neógeno. Algunas de esas estructuras constituyen actualmente importantes campos petrolíferos.

Hacia el Este, los sedimentos neógenos se acuñan sobre el Arco de Iquitos que constituye el *forebulge* del sistema de cuenca de ante-país. Estudios sedimentológicos del Mio-Plioceno aflorando en la zona del Arco de Iquitos muestran que su levantamiento controló la sedimentación de la cuenca Marañón a partir del Mioceno superior (Roddaz et al., 2005).

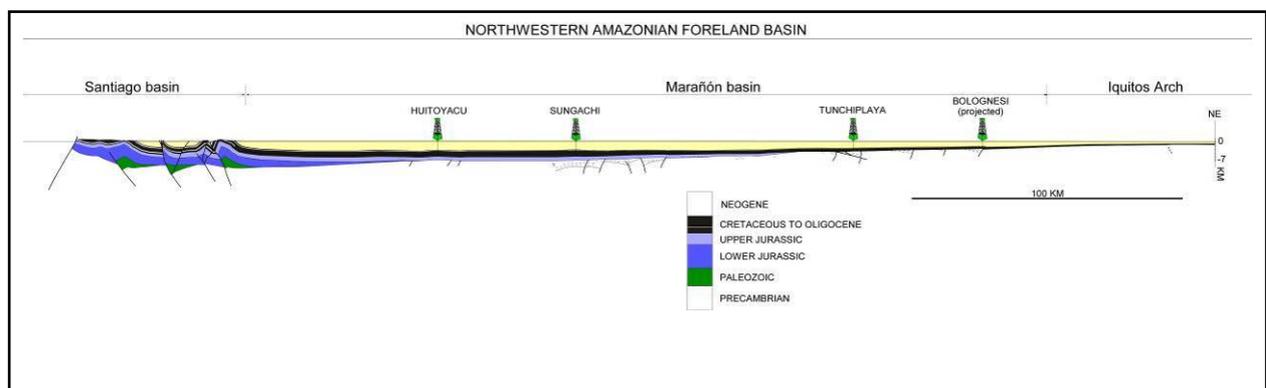


Fig. 2 - Sección Estructural a través de las sub-cuencas Marañón y Santiago

- **Sub-cuenca Santiago**

La sub-cuenca Santiago es la más peculiar de las cuencas subandinas peruanas. Su orientación NNE-SSW y su posición muestran que pertenece a los Andes Septentrionales estructuradas por importantes fallas transpresionales dextrales (Fig. 1). La interpretación de secciones sísmicas (Fig. 3) y el análisis estructural en base a imágenes satelitales y mapas geológicos muestran que la sub-cuenca Santiago está estructurada por inversiones tectónicas de semi-grabens de edad Paleozoicos a Jurásicos, basculados hacia el oeste, lo que explica las numerosas fallas inversas antitéticas que estructuran esa cuenca (Navarro et al., INGEPET 2005). La sub-cuenca Santiago se ubica en la continuación septentrional del Corredor Sacha-Shushufindi de la cuenca Oriente ecuatoriana, que corresponde a la inversión tectónica de un rift triásico a jurásico, y al "play" petrolero mas prolífico del Ecuador (ver *in* Baby et al. Eds, 2004). Como en la cuenca Oriente, las inversiones tectónicas son de tipo transpresional (dextral), y dan origen a estructuras complejas y peculiares, fuera de los ámbitos clásicos de exploración petrolera. Las primeras inversiones ocurrieron durante la depositación de la Fm. Chonta (fase peruana del Cretácico Sup.).

La Cordillera de Campanquiz, que limita actualmente la sub-cuenca Santiago de la sub-cuenca Marañón, forma una zona triangular que resulta probablemente de la inversión tectónica de un semi-graben Paleozoico y Mesozoico. Según análisis de huellas de fisión de minerales de apatito (Duddy et al., 1990), la Cordillera de Campanquiz se levantó en los 10 últimos millones de años.

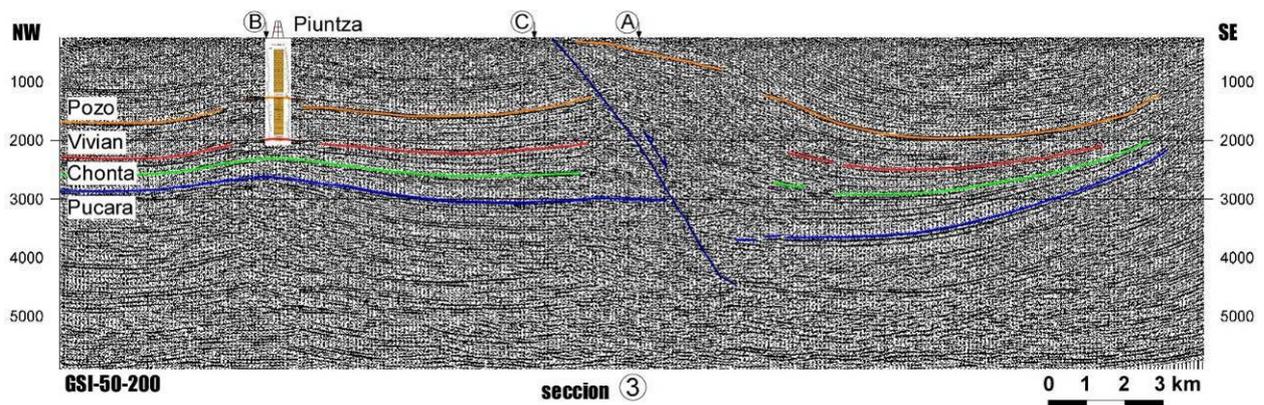


Fig 3 - Sección sísmica mostrando la inversión de un semi-graben en la sub-cuenca Santiago.

- **Sub-cuenca Huallaga**

La sub-cuenca Huallaga es la cuenca subandina plegada y corrida más importante del Perú. Comprende grandes sinclinales con rellenos sedimentarios sin-orogénicos cenozoicos que pueden alcanzar más de 10 km de espesor. Está deformada por la interacción de un sistema de corrimientos, de inversiones tectónicas positivas y de halocinesis. El sobrecorrimiento mas espectacular es el sobrecorrimiento frontal de Chazuta, que tiene un rechazo de 50 km y cabalga hacia el Este la sub-cuenca Marañón (ver sección sísmica de la Fig. 4). Este sobrecorrimiento está deformado en profundidad por inversiones tectónicas de grabens probablemente de edad permo-jurásico. Su nivel de despegue se ubica en las evaporitas de la parte superior del Grupo Pucara (Triásico-Jurásico inferior) y/o de la base de la Fm. Sarayaquillo (Jurásico Superior). El acortamiento total de la Cuenca Huallaga es de 84 km (40%) (Herzoza, 2004). Análisis de huellas de fisión de minerales de apatito (AFTA) muestran que el sobrecorrimiento de Chazuta empezó a desarrollarse entre 10 y 15 Ma (Alvarez-Calderón, 1999).

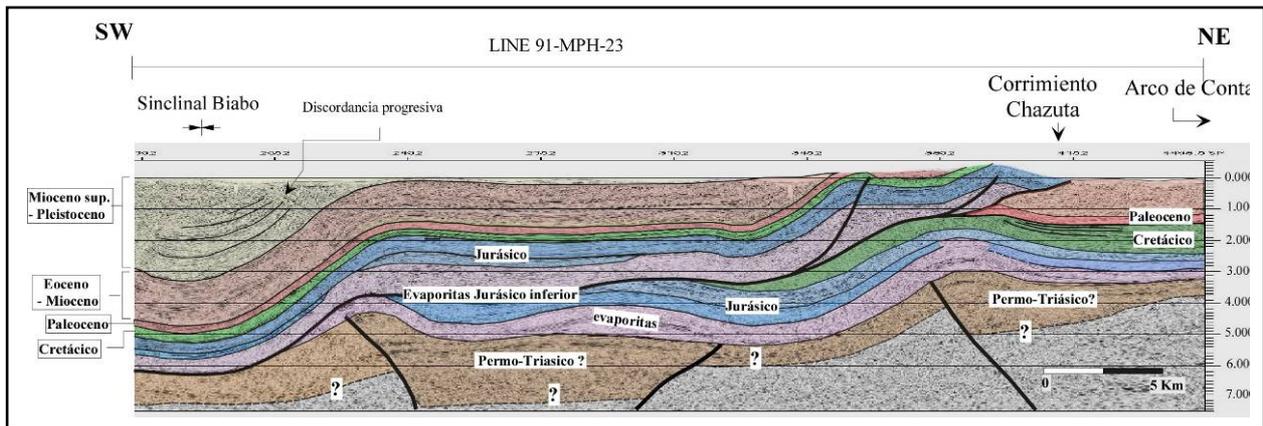


Fig. 4 - Sección Sísmica a través el corrimiento frontal de la sub-cuenca Santiago (según Hermoza, 2004).

Del punto de vista tectono-sedimentario, el relleno sedimentario de la Cuenca Huallaga corresponde a depósitos sin-orogénicos deformados y transportados en diferentes sinclinales. La sección sísmica de la Fig. 4 y los afloramientos del sinclinal de Biabo muestran que los sedimentos mio-pliocenos (Fm. Ipururo) y Plio-Pleistocenos (Fm. Juanjui) pueden alcanzar un espesor de 5 000 m (Hermoza, 2004). Se caracterizan por la presencia de discordancias progresivas que han registrado la deformación subandina, y el levantamiento del sobrecorrimiento de Chazuta. En esta época, el ambiente de depósito de la Fm. Ipururo pasa de llanura y barras deltaicas a ríos continentales, y registra la individualización de la cuenca transportada Huallaga, que se desconecta progresivamente del ambiente marino Pebas de la Cuenca Marañón.

- **Sub-cuenca Ucayali**

Al NE, la sub-cuenca Ucayali es aislada de la sub-cuenca Marañón por el Arco de Contaya, mientras que hacia el Sur, su límite corresponde al Arco de Fitzcarrald (Fig. 1). Las montañas de Shira de orientación N-S dividen la Cuenca Ucayali en dos partes: la Cuenca Pachitea al Oeste, y la Cuenca Ucayali s.s., al Este.

En la Cuenca Pachitea, se amortigua un sistema de corrimientos subandinos (Fig. 5) muy parecido al sistema frontal de corrimientos de la Cuenca Huallaga. Este sistema de corrimientos se conecta sobre un nivel de despegue regional que puede corresponder a la Fm. Ene (Pérmico sup.). Los acortamientos horizontales son muy importantes (acortamiento total de 52%, sea 101 km, según sección balanceada de Gil, 2002) y pueden explicar las variaciones paleogeográficas brutales que se observa de un corrimiento a otro.

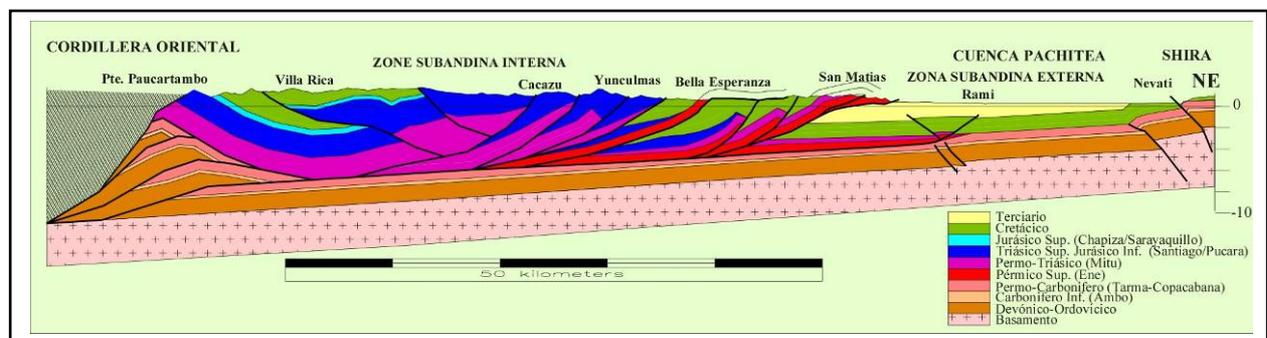


Fig. 5 - Sección balanceada de la faja plegada y corrida subandina que se amortigua en la sub-cuenca Pachitea (según Gil, 2002).

Al Este, la Cuenca Ucayali s.s. está deformada por fallas inversas de basamento a vergencia Este, que corresponde generalmente a inversiones tectónicas de grabens permo-triásicos (Parsep, 2002). Del punto de vista sedimentológico, no se ha realizado todavía un estudio detallado de los depósitos neógenos que permite tener un buen control de la historia de los movimientos verticales de la cuenca.

- **Arco de Fitzcarrald**

El Arco de Fitzcarrald constituye una entidad morfológica de escala mega-regional en la cuenca amazónica (Fig. 1). En Perú, separa la sub-cuenca Madre de Dios, al sur, de las sub-cuencas Ucayali y Marañón, al norte, y se prolonga hacia el NE en el territorio brasileño. El Arco de Fitzcarrald engloba en su flanco SE el Arco de Manu, de edad pre-mesozoico y de escala mas local.

Cuando se sobrepone en el mapa geomorfológico de los Andes centrales y de la cuenca amazónica la reconstitución de la parte subducida de la Dorsal de Nazca propuesta por Hampel (2002), se observa una coincidencia casi perfecta con el Arco de Fitzcarrald (Fig. 6). Interpretamos así el levantamiento del Arco de Fitzcarrald como la consecuencia directa de la subducción horizontal de la Dorsal de Nazca. Se considera, según las reconstituciones de Hampel que la subducción de la Dorsal de Nazca afectó la cuenca amazónica a partir de 5 Ma, lo que parecen confirmar ciertas secciones sísmicas de la Cuenca Madre de Dios, donde se puede observar un "onlap" de la parte superior del relleno sedimentario neógeno sobre el flanco sureste del arco (Hermoza, 2004).

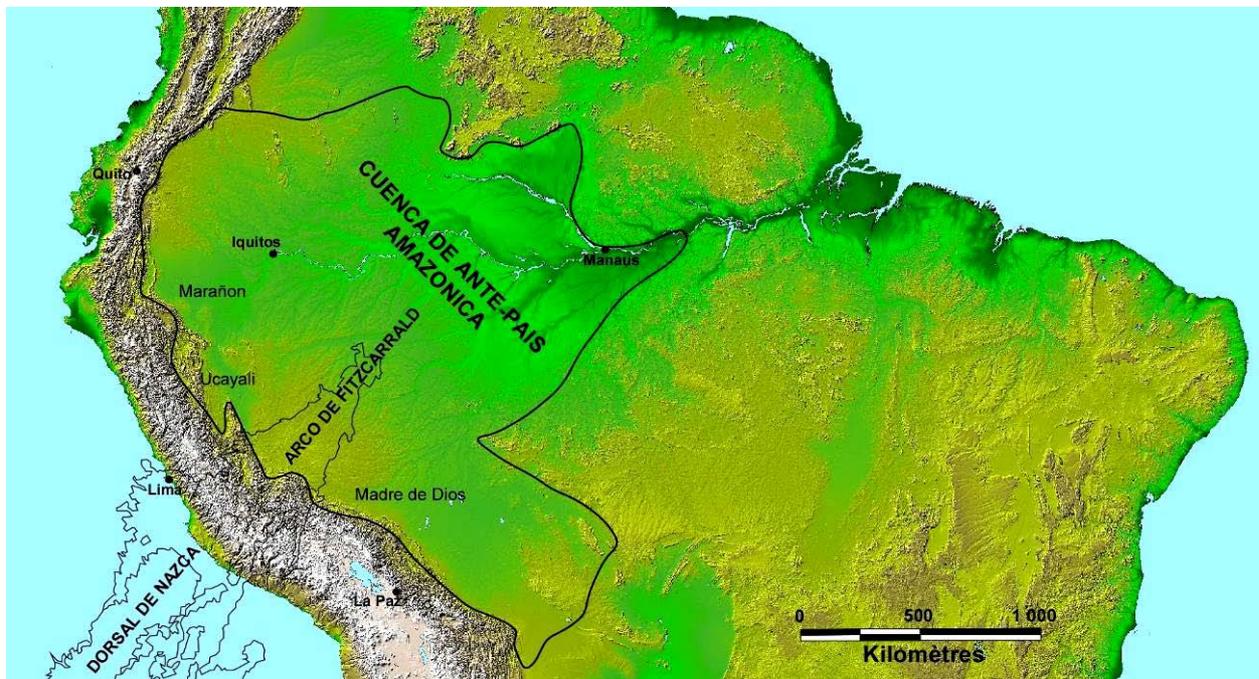


Fig. 6 - El Arco de Fitzcarrald, que deforma gran parte de la Cuenca amazónica, se superpone sobre la reconstitución de la parte subducida de la Dorsal de Nazca propuesta por Hampel (2002).

El levantamiento del Arco de Fitzcarrald no impidió el desarrollo del sistema de corrimientos subandinos, particularmente bien desarrollado en la región de Camisea (Fig. 7).

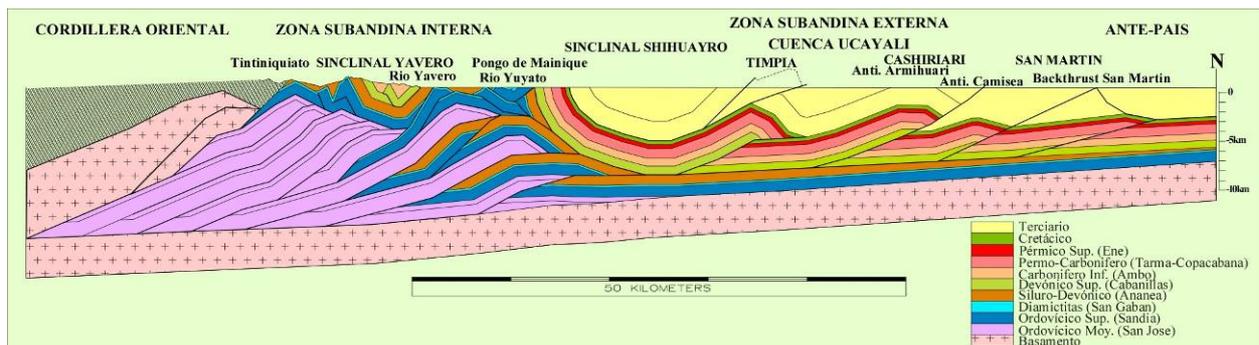


Fig. 7 - Sección balanceada de la faja plegada y corrida del Arco de Fitzcarrald (según Gil, 2002).

- **Sub-cuenca Madre de Díos**

La sub-cuenca Madre de Díos es una cuenca de ante-país neógena relativamente clásica (*foredeep*), que responde a procesos de deformación directamente ligados a los sistemas de corrimientos de la zona subandina y de la Cordillera Oriental (Fig. 8). Los sistemas de corrimientos subandinos involucran las formaciones sedimentarias paleozoicas y se caracterizan por niveles de despegue ubicados en el contacto Paleozoico-Zócalo y en la base y en el tope del Pérmico. La superposición de esos niveles de despegue hace que la deformación se manifiesta por la propagación de un importante duplex, al frente del cual se desarrolló el sinclinal de Punquiri. El acortamiento total de esta parte de la zona subandina es de 55 Km (53%). Análisis de huellas de fisión sobre minerales de apatito muestran que la propagación de los corrimientos subandinos empezaron alrededor de 11 Ma (Hermoza, 2004).

Las secuencias neógenas que constituyen el relleno sedimentario del sinclinal de Punquiri alcanzan un espesor de aprox. 4 500 m. Estas secuencias sedimentarias corresponden a depósitos de ambientes fluviales que evolucionan hacia conos aluviales. Sin embargo en la parte frontal de la Zona Subandina (falla Tambopata), se ha observado una secuencia de aprox. 50 m de espesor que presentan facies tidales de ambientes de estuario (Hermoza et al., 2004).

La Cuenca Madre de Díos s.s. menos deformada se encuentra rellena por depósitos neógenos que presentan un espesor máximo de aprox. 3 000 m. Según la interpretación sísmica y mapas isópacos, el espesor de los depósitos neógenos varía bruscamente hacia el N-NE debido a la desaparición por erosión o no deposición de las últimas secuencias del relleno sedimentario, que se puede interpretar como el efecto del levantamiento del Arco de Fitzcarrald.

Litoestratigráficamente, la columna neógena de la cuenca de ante-país está constituida por las formaciones Ipururo, Madre de Díos y las "Secuencias Superiores". La Fm. Ipururo de acuerdo a la interpretación de perfiles de pozo corresponde a depósitos continentales fluviales distales y de llanura de inundación (Hermoza et al., 2004). Recientes datos de campo (Hovikoski et al., 2005) muestran que la Fm. Madre de Díos descrita anteriormente como depósitos puramente continentales, presentan secuencias de gruesas barras de arenas medias a gruesas intercalada con secuencias finas limo-arcillosas. Estas secuencias finas están compuestas por finas intercalaciones de arcillas y limolitas, así como delgados niveles de arenas muy finas, y presentan estructuras sedimentarias como *Herringbone cross stratification*, *lenticular/wavy/flaser bedding*, ritmitas tidales que indican un ambiente de estuario con influencia de marea, datado del Mioceno Superior. Las "Secuencias Superiores" están caracterizadas por conglomerados con *laminación trough cross bedding* constituidos por clastos de cuarcitas bien redondeados de 3 cm de diámetro, areniscas blancas así como intrusivos alterados. Estos conglomerados están seguidos por arenas finas feldespáticas poco consolidadas algo laminadas de ambientes fluviales y limos rojizos bioturbados de llanura de inundación.

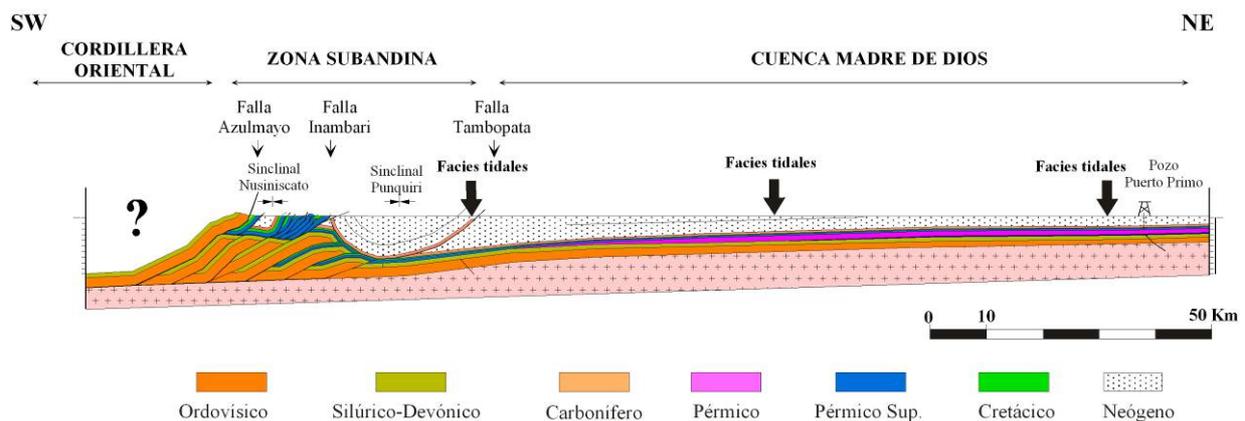
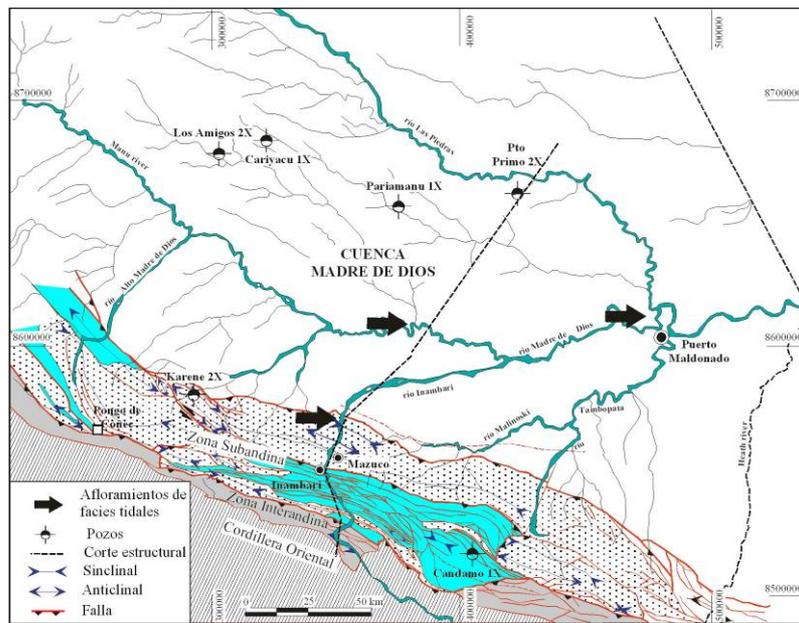


Fig.8 - Mapa y sección estructural de la sub-cuenca Madre de Dios (según Hermoza, 2004).

Generación y Expulsión de HC

Para entender los efectos de la Geodinámica Andina Mio-Pliocena sobre los sistemas petroleros subandinos, se realizó varias modelizaciones 1D de subsidencia y de madurez térmica con el programa *Genex* (Beicip-Franlab, 1995), a partir de los pozos más representativos y con datos de R_o de las diferentes sub-cuenas subandinas.

En la cuenca **Santiago**, las temperaturas de pozos están actualmente muy bajas y características de una cuenca con altas tasas de sedimentación durante el Neógeno (Navarro et al., INGPET 2005). Las modelizaciones de madurez térmica muestran que se necesita en el centro de la cuenca una erosión de 2500 m en los últimos 10 Ma (tiempo de levantamiento de la Cordillera de Campanquiz) para obtener los datos de R_o medidos en los pozos de la sub-cuenca Santiago (Fig. 9).

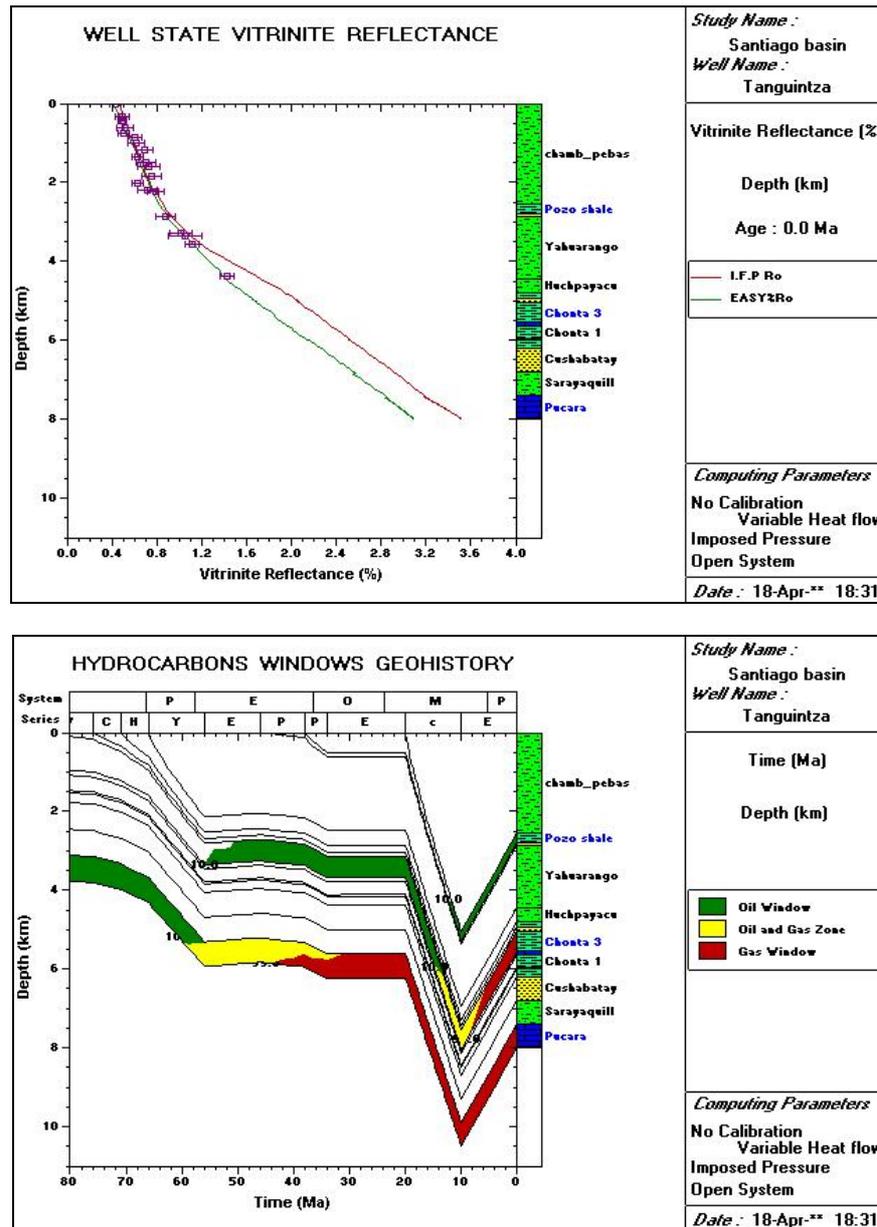


Fig. 9 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo Tanguintza 1X de la sub-cuenca Santiago.

A nivel de temperaturas, la Cuenca **Huallaga** tiene las mismas características que la sub-cuenca Santiago. Se trata también de una cuenca fría con altas tasas de sedimentación durante el Neógeno, como lo confirman los espesores de sedimentos del sinclinal de Biabo (ver sección sísmica de la Fig. 4). La modelización del pozo Ponasillo 1X, calibrada a partir de datos de Ro (Fig. 10), muestra que la sub-cuenca Huallaga generó y expulsó HC durante todo el Mio-Plioceno a partir de los niveles de roca madre del Cretácico (Fm. Chonta) y del Eoceno Superior (Fm. Pozo). Los niveles de roca madre de la Fm. Pucara acabaron de generar y expulsar HC en el Paleógeno. En el anticlinal de Ponasillo, la modelización muestra que se necesita una erosión de 4 000 m a partir de 10 Ma para obtener los datos de Ro obtenidos en el pozo Ponasillo 1X (Fig. 10). Las altas tasas de sedimentación cenozoica transformaron esta cuenca en una de las más importantes “cocinas” de la cuenca de ante-país amazónica. A partir del Paleógeno, la “cocina Huallaga” alimentó en HC las cuencas Maraón y Ucayali.

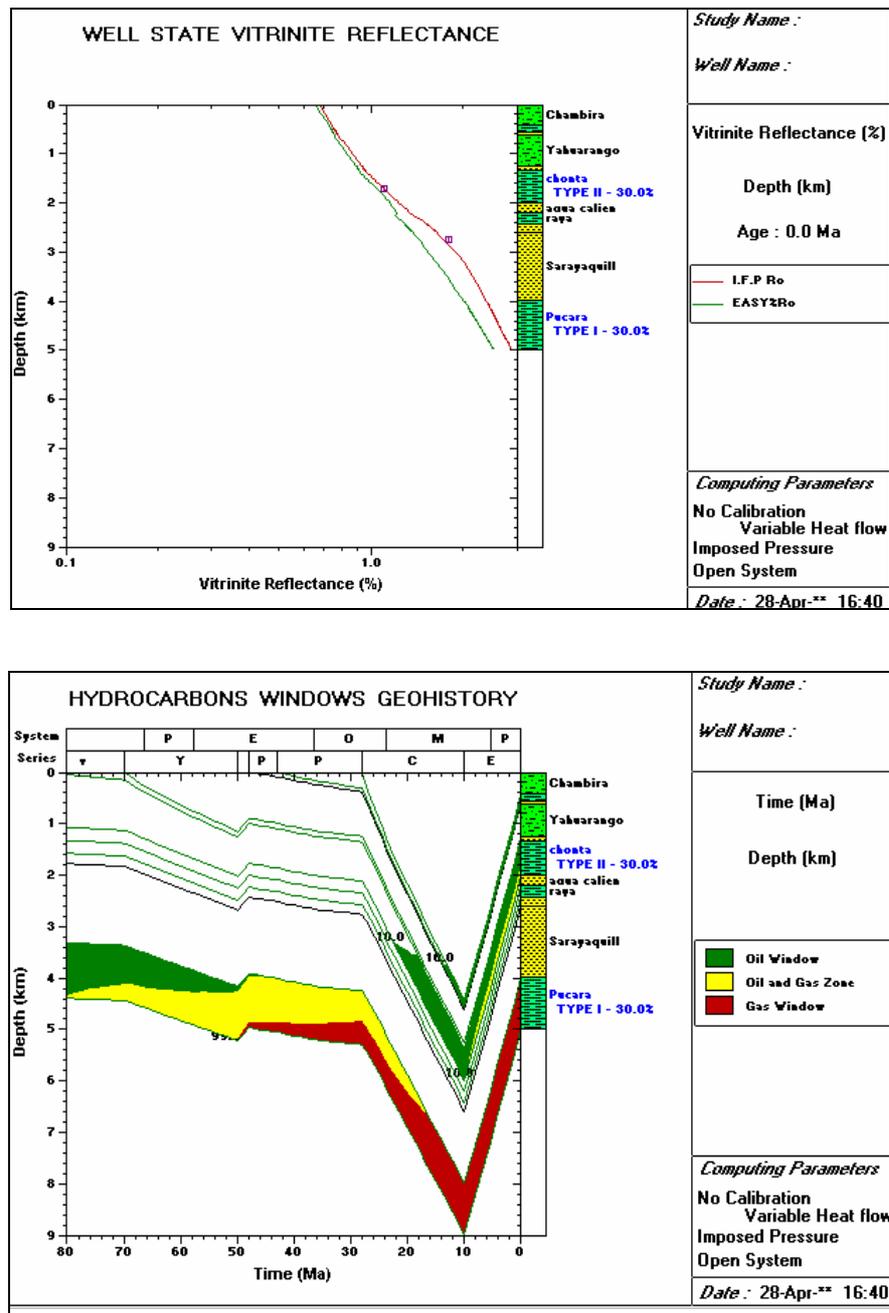


Fig. 10 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo Ponasillo 1X de la sub-Cuenca Huallaga.

En la Cuenca **Marañón**, se utilizó el pozo Chapuli 1X, que se encuentra en la parte profunda de la cuenca de *foredeep*. La cuenca es igualmente fría, y las modelizaciones calibradas a partir de datos de Ro (Fig. 11) muestran que los niveles de roca madre de la Fm. Pucara generaron y expulsaron HC durante todo el Mio-Plioceno. Los niveles de roca madre de la Fm. Chonta empezaron a expulsar petróleo durante los últimos 10 Ma, cuando la tasa de subsidencia aumentó en respuesta a la carga tectónica provocada por los corrimientos subandinos.

En la parte oriental de la Cuenca **Ucayali**, la modelización del pozo La Colpa X1 (Fig. 12), calibrada también a partir de datos de Ro, muestra que el espesor del Mio-Plioceno no fue suficiente para provocar la expulsión de los HC generados por los niveles de roca madre potenciales del Mesozoico y del Paleozoico.

En el **Arco de Fitzcarrald**, el pozo Panguana 1X alcanza rápidamente el Paleozoico y muestra la importancia del levantamiento del arco que reduce el espesor de los sedimentos neógenos. Las temperaturas del pozo revelan una anomalía térmica positiva, que podría tener relaciones con la subducción de la dorsal de Nazca que controla el levantamiento del arco. No existen datos de madurez

térmica en el pozo que permitan calibrar correctamente la modelización. Asumimos que el levantamiento del arco provocó una erosión de 1 500 m de sedimentos cenozoicos a partir de 5 Ma (tiempo de levantamiento del Arco). Este valor corresponde a la diferencia de espesor de los sedimentos neógenos entre el pozo Panguana 1X y el pozo Los Amigos 1 de la sub-cuenca Madre de Dios. Los resultados de la modelización (Fig. 13) muestran que los niveles de roca madre de la Fm. Ambo expulsaron HC durante todo el Mio-Plioceno, y especialmente gas en los últimos 5 Ma.

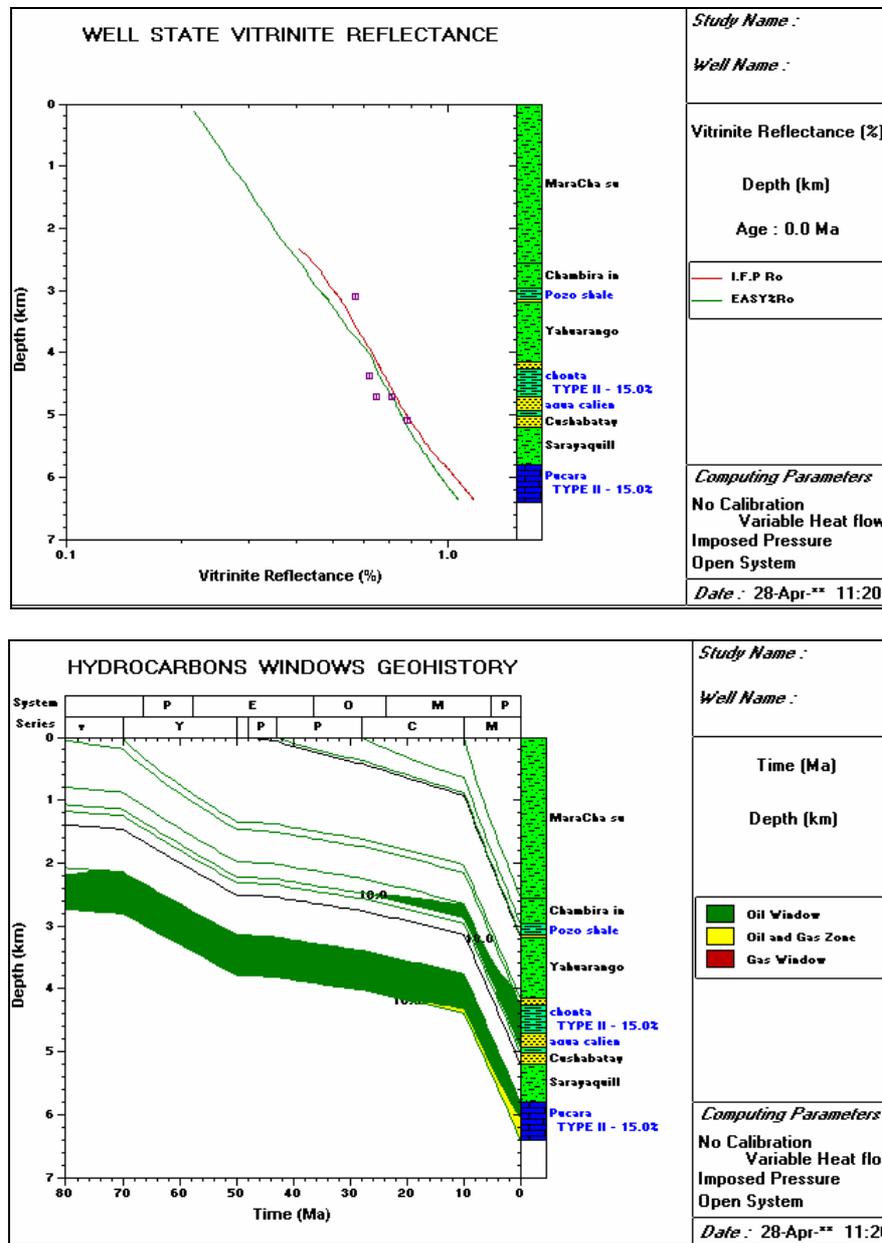


Fig. 11 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo Chapuli 1X de la sub-cuenca Marañón.

Más al Sur, la modelización del pozo Los Amigos 1, calibrada a partir de datos de Ro, muestra que no hubo generación de HC en esta parte de la Cuenca Madre de Dios (Fig. 14). Las modelizaciones muestran que se necesita 5 000 m de sedimentos mio-pleiocenos para que la Fm. Ambo empiece a expulsar HC. Esas condiciones de sedimentación se encuentran solamente por debajo del corrimiento subandino de Tambopata y en el sinclinal de Punquiri (ver sección de la figura 8).

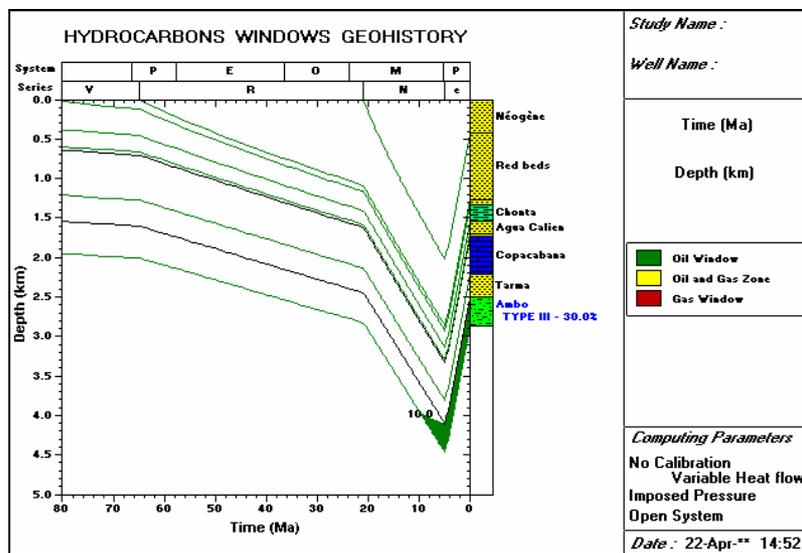
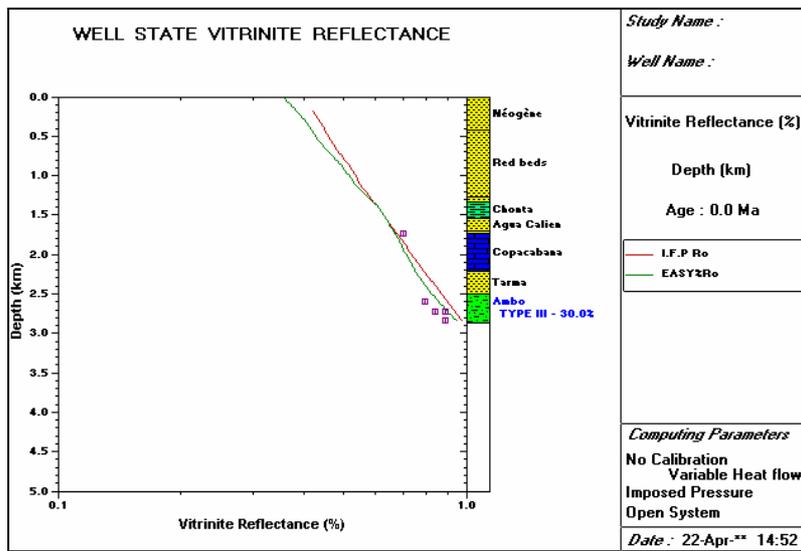


Fig. 12 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo La Colpa 1X de la sub-cuenca Ucayali.

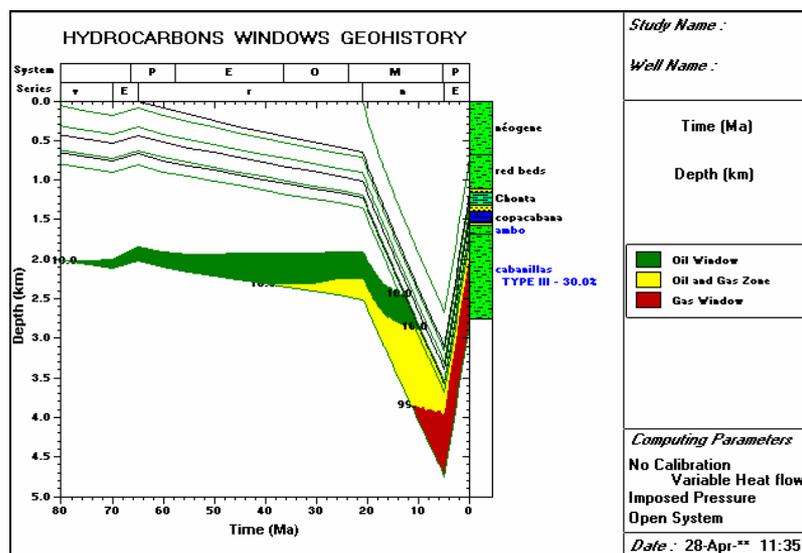


Fig. 13 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo Panguana 1X del Arco de Fitzcarrald.

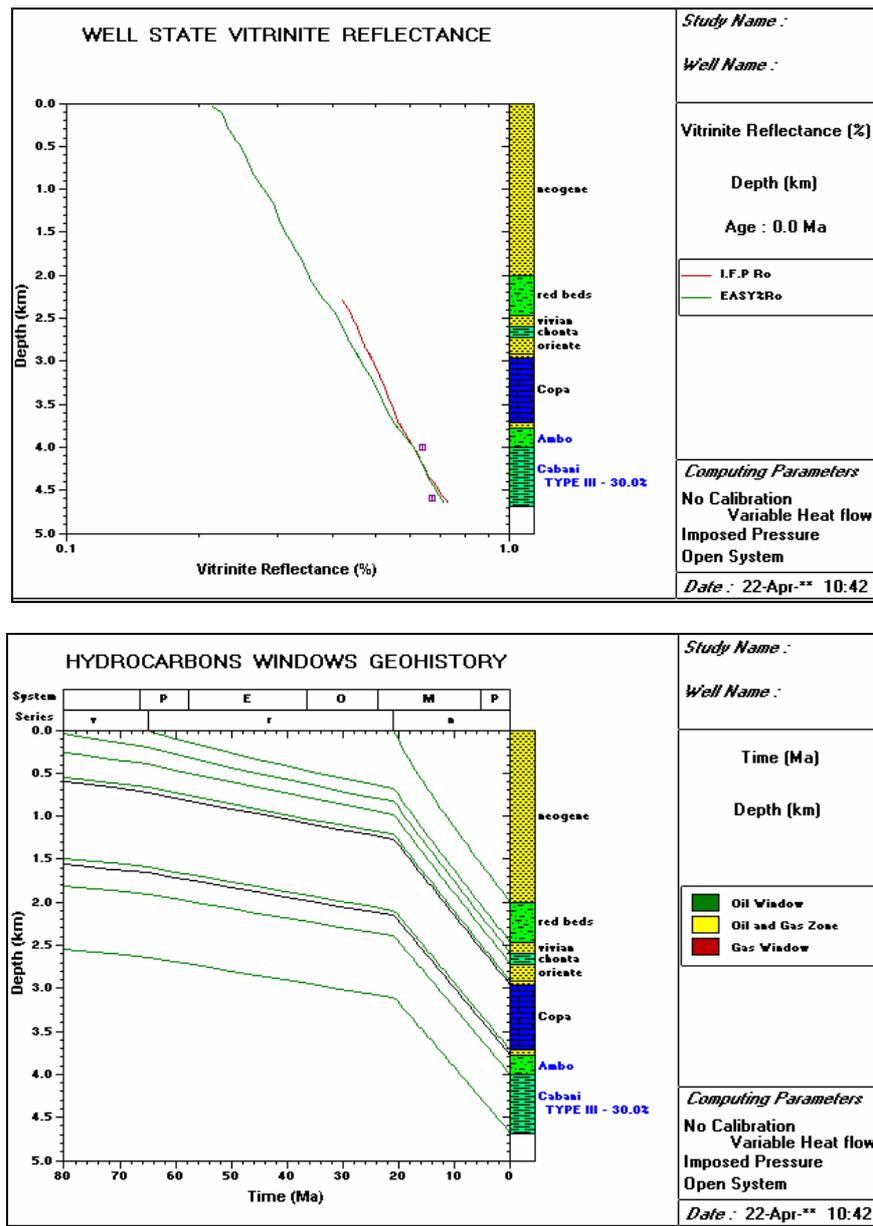


Fig. 14 - Modelización Genex de madurez térmica y de subsidencia del pozo Los Amigos 2X de la sub-cuenca Madre de Dios.

Caminos de Migración

Las deformaciones mio-pliocenas, que provocaron importantes movimientos verticales en la cuenca de ante-país amazónica, han jugado un papel fundamental en los caminos de migración, o de remigración de los HC de las cuencas subandinas peruanas.

A partir de Mioceno superior, la flexura de la Cuenca Marañón y el levantamiento del Arco de Iquitos cambiaron la morfología de la cuenca, y crearon una pendiente inclinada hacia el SW en el substrato mesozoico de la cuenca donde se generan los HC. Tal pendiente provocó probablemente una migración de los HC hacia el Arco de Iquitos.

Mas al Sur, el levantamiento progresivo del Arco de Fitzcarrald, que empezó en el Plioceno, pudo haber controlado también grandes caminos de migración desde la cocina de la parte profundo de la sub-cuenca Madre de Dios, ubicada al Sureste, y desde la cocina Huallaga, ubicada al Noroeste. La migración de HC de la “cocina Huallaga” hacia el Arco de Fitzcarrald pudo haber generado importantes acumulaciones en la cuenca Ucayali. En la sub-cuenca Madre de Dios, los HC generados por las rocas madres paleozoicas han migrado hacia el Arco de Fitzcarrald vía las areniscas de la Fm. Tarma, como lo han mostrado

Shepherd et al. (2002), y se han probablemente acumulado en trampas estratigráficas sobre el flanco sureste del arco (ver anomalías de amplitud sísmica presentadas por Shepherd et al. (2002)).

En la zona plegada y corrida subandina, pudo haber también fenómenos de migración vertical desde estructuras de inversión del Cretácico sup. – donde se acumularon HC en el Paleógeno – hacia estructuras de corrimientos del Mioceno sup. y del Plioceno.

Conclusiones

La Fig. 15 sintetiza los resultados de las modelizaciones de generación y expulsión de HC realizadas para cada sub-cuenca, y sus relaciones con los procesos de migración y de formación de trampas.

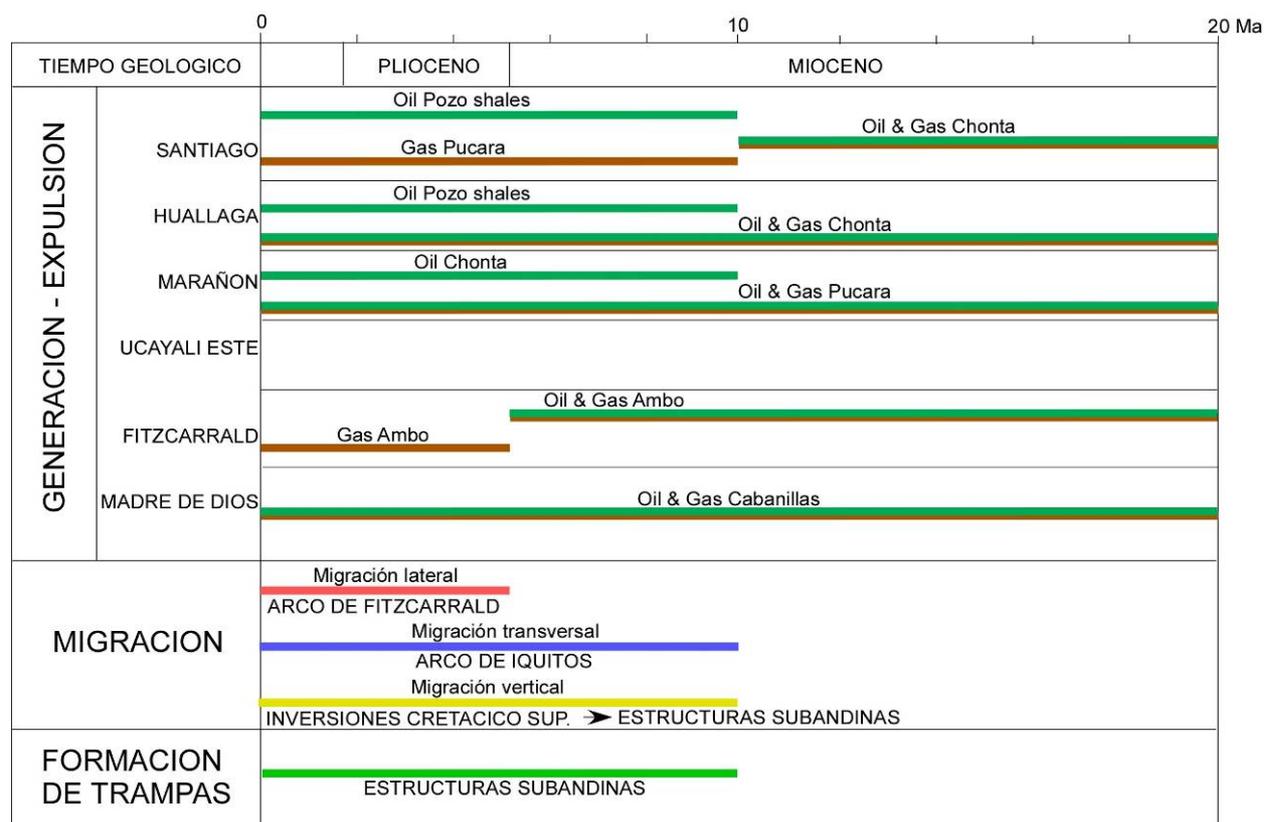


Fig. 15 - Tabla de eventos que controlan los sistemas petrolíferos de las sub-cuencas subandinas peruanas en el Mio-Plioceno.

- La configuración moderna de las sub-cuencas subandinas peruanas se produce aparentemente en el Mioceno Superior y el Plioceno, y resulta: *i)* de una aceleración de la propagación del frente orogénico oriental de los Andes centrales a partir de 10 Ma, que permitió la individualización de sub-cuencas como Huallaga y Santiago, y *ii)* de la entrada en subducción de la Dorsal oceánica de Nazca, que originó el Arco de Fitzcarrald;
- El Arco de Fitzcarrald es un elemento mayor en la configuración de la Cuenca Amazónica moderna. Su levantamiento provocó la separación de las cuencas Marañón-Ucayali y Madre de Dios, y obviamente controló fuertemente la génesis y la evolución de los sistemas petroleros guiando grandes caminos de migración de HC hacia trampas estratigráficas ubicadas en sus flancos;
- Según el pozo Panguana 1X, el Arco de Fitzcarrald se caracteriza por una anomalía térmica positiva, que puede ser relacionada a la subducción de la Dorsal de Nazca. Esta anomalía térmica pudo haber permitido una importante generación y expulsión de petróleo y gas proviniendo de la Fm. Ambo (Carbonífero);
- En la sub-cuenca Santiago, hubo una erosión de 2 500 m en los últimos 10 Ma. Durante todo el Mio-Plioceno, las rocas madres de las formaciones Pucara (Jurásico), Chonta (Cretácico sup.) y Pozo (Eoceno sup.) generaron y expulsaron petróleo y gas. La presencia de inversiones tectónicas de

edad cretácico sup. y Mio-Plioceno hace de la sub-cuenca Santiago, la sub-cuenca subandina con mas potencial en el Perú;

- En la sub-cuenca Huallaga, hubo una erosión de 4 000 m. Los niveles de roca madre de la Fm. Pucara acabaron de generar y expulsar HC en el Paleógeno, y la alta tasa de sedimentación Mio-Pliocena permite generar y expulsar gran cantidad de HC de las formaciones Chonta y Pozo. Las altas tasas de sedimentación cenozoica transformaron esta cuenca en una de las más importantes “cocinas” de la cuenca de ante-país amazónica. A partir del Paleógeno, la “cocina Huallaga” alimentó en HC las cuencas Marañón y Ucayali;
- La sub-cuenca Marañón generó poco HC, y fue alimentada en el Mioceno Inferior por la parte profunda del foredeep, que se encuentra actualmente compartida en las sub-cuencas Santiago y Huallaga;
- En la parte oriental de la sub-cuenca Ucayali, el espesor de sedimentos mio-pliocenos no fue suficiente para generar y expulsar HC. La migración de HC de la “cocina Huallaga” hacia el Arco de Fitzcarrald pudo haber generado importantes acumulaciones en la Cuenca Ucayali;
- En la sub-cuenca Madre de Dios, la zona de generación y expulsión de HC está restringida a la parte mas profunda de la cuenca (sinclinal de Punquiri y bloque bajo del corrimiento de Tambopata);
- El levantamiento del Arco de Iquitos (*forebulge*) ha tenido en los últimos 10 Ma, un papel fundamental en el control de los caminos de migración de la sub-cuenca Marañón (hacia el NE), y constituye probablemente una zona de alto potencial petrolífero para futuras exploraciones;
- Las estructuras de corrimientos de la zona subandina se formaron en los últimos 10 Ma, durante la fase principal de generación y de expulsión de HC, lo que implica buenas posibilidades de entrapamiento.

BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez-Calderón, E., 1999. Changes observed in the reservoir characteristics of Cretaceous sediments across the Chazuta thrust fault, Huallaga basin, Peru. INGEPET' 99 Expr –1-EA- 10, Lima, 15 pp.
- Beicip-Franlab, 1995. Genex, Single Well, software 2.2.
- Baby P., Rivadeneira M., Barragán R. (Editor). 2004. La cuenca Oriente: geología y petróleo. IFEA-IPR-PETROECUADOR edition, Quito, Ecuador, 295 pp.
- Gil, W., 2001. Evolution latérale de la déformation d'un front orogénique: Exemple des bassins subandins entre 0° et 16°S. Phd Thesis, Université Paul Sabatier, Toulouse, 150 pp.
- Duddy, I., O'Sullivan, P., 1990. Apatite fission track analysis of four outcrop samples from the Santiago basin, Peru. Geotrack report 212.
- Gil, W., 2002. Evolución lateral de la deformación de un frente orogénico: ejemplo de las cuencas subandinas entre 0° y 16° S. Publicación especial N° 4 SPP-IRD, 146 pp.
- Gingras, M. K., Räsänen, M. E., Pemberton, S. G. & Romero, L. P., 2002. Ichnology and sedimentology reveal depositional characteristics of bay-margin parasequences in the Miocene Amazonian foreland basin. J. Sedim. Res. 72, 871-883.
- Hampel, A., 2002. The migration history of the nazca Ridge along the Peruvian active margin: a re-evaluation. Earth Planet. Sci. Lett., 203, 665-679.
- Hermoza, W., 2004. Dynamique tectono-sédimentaire et restauration séquentielle du retro-bassin d'avant-pays des Andes centrales. Thèse de l'Université Paul Sabatier de Toulouse III, 296 pp.
- Hovikoski, J., Räsänen, M., Gingras, M., Roddaz, M., Brusset, S., Hermoza, W., Romero Pittman, L., and Lertola, K., 2005. Miocene semidiurnal tidal rhythmites in Madre de Dios, Peru. Geology, 33, 177–180.

- Legrand D., Baby P., Bondoux F., Dorbath C., Bès de Berc S., Rivadeneira M., 2005 - The 1999-2000 seismic experiment of Macas swarm (Ecuador) in relation with rift inversion in subandean foothills. *Tectonophysics*, 395, 67-80.
- Mégard, F., 1984. The Andean orogenic period and its major structures in Central and Northern Peru. *J. Geol. Soc. London*, 141 : 893-900.
- Navarro, L., Baby, P., Bolaños, R., 2005. Structural style and hydrocarbon potential of the Santiago basin. V INGEPET 2005, EXPR-3-LN-09.
- PARSEP, 2002. Ucayali/Ene basin. Technical Report as part of The Hydrocarbon Potential of the Southern Sub-Andean Basins Project Ucayali & Ene Basin, Vol 1, 96 pp., 49 fig., 2 tab., 3 ap.
- Perrodon, A. & Masse, P., 1984. Subsidence, sedimentation and petroleum systems. *Journal of Petroleum Geology*, V. 7, n° 1, 5-26.
- Roddaz, M., 2004 - Transition des stades alimentés a suralimentés dans les systèmes de retro-bassin d'avant-pays : exemple du bassin amazonien. Thèse de l'Université Paul Sabatier de Toulouse III, 363 pp.
- Roddaz M., Baby P., Brusset S., Hermoza W. Darrozes J. M. (2005) - Forebulge dynamics and environmental control in Western Amazonia: the case study of the arch of Iquitos (Peru), *Tectonophysics*, 399, 87-108.
- Shepherd, R. D., House, N. J., Webster, R. E., 2002. Assessment of potentially large, shallow stratigraphic traps, Manu Arch, Madre de Diós basin, Perú. INGEPET' 2002 EXPR-3-RS-35, Lima, 13 pp.