

EL PRE-APTENSE EN LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA

Marlon Díaz⁽¹⁾, *Patrice BABY*^(2, 3*)
Marco RIVADENEIRA⁽⁴⁾, *Frédéric CHRISTOPHOUL*⁽²⁾

Resumen

El presente trabajo describe las características estructurales, estratigráficas y sísmicas de las unidades pre-Aptense en la Cuenca Oriente. La elaboración de columnas litológicas de pozos tales como: Sacha Profundo, Tambococha-1, etc., y la interpretación de secciones sísmicas permitieron redefinir las formaciones pre-Aptenses en el centro Norte y Este de la cuenca. Una nueva formación fue definida en este estudio como **Fm. Tambococha** (Jurásico Medio-Cretácico Temprano) al este de la cuenca.

El análisis tectono-sedimentario permitió caracterizar el contexto geodinámico de la Cuenca Oriente pre-Aptense. Se estableció el desarrollo de dos sub-cuencas de “back-arc” durante el Jurásico Medio a Cretácico Temprano con estilos tectónicos diferentes. La primera conocida como Corredor Sacha-Shushufindi, controlada por fallas normales de gran profundidad y asociadas con un sistema de “Rift” previamente desarrollado durante el Triásico y Jurásico inferior. La segunda, conocida como Sistema Capirón-Tiputini, con juegos de fallas normales de tipo lístrico conectadas sobre un nivel de despegue horizontal ubicado en el basamento.

El sistema petrolífero pre-Aptense de la Cuenca Oriente es pobremente conocido. La Fm. Santiago es una buena roca generadora, pero su variación y desarrollo lateral de facies en la cuenca no han sido aún definidos.

Palabras claves: *Cuenca Oriente, Ecuador, pre-Aptense, rift, back-arc, roca madre.*

⁽¹⁾ OCCIDENTAL, P.O. Box: 17-15-0095-C, Quito, Ecuador (marlon_diaz@oxy.com).

⁽²⁾ LMTG, IRD/CNRS/UPS, 38 Rue des 36 ponts, 31400 Toulouse, France [° Dirección actual: IRD Perú, Casilla 18-1209, Lima 18 – Perú (Patrice.Baby@ird.fr)].

⁽³⁾ Convenio PETROPRODUCCION-IRD, P. O. Box, 17 12 857, Quito, Ecuador.

⁽⁴⁾ PETROPRODUCCIÓN, Casilla Postal 17-10-7019, Quito, Ecuador
(mrivadeneira@petroecuador.com.ec).

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo fue realizado en el marco del Convenio Petroproducción-IRD (ex-ORSTOM) como un aporte al conocimiento general de las formaciones geológicas y de la geodinámica del pre-Aptense (mejor conocido como “pre-Cretácico”) de la Cuenca Oriente.

El pre-Aptense está integrado por un grupo de formaciones cuyas edades varían entre el Paleozoico y Mesozoico y que reposan directamente sobre un basamento pre-Cámbrico asociado al Escudo Guayanés. Estas formaciones constituyen las primeras fases de evolución tectono-sedimentaria de la cuenca, afloran únicamente en el Sistema Subandino, sobre todo el Jurásico. El Paleozoico y Triásico afloran solo en la parte Sur (Cordillera de Cutucú) de este sistema. En el centro de la cuenca, se conoce de estas formaciones únicamente a través de datos de pozos y sísmica de reflexión.

Este estudio fue realizado principalmente para el centro de la cuenca, donde fueron establecidas las características sísmo-estratigráficas de la secuencia pre-Aptense, mediante la interpretación de secciones sísmicas y datos de pozos tales como el Sacha Profundo-1, que fue el pozo que mayor información del pre-Aptense ha brindado hasta la fecha en la Cuenca Oriente.

Se tuvo en cuenta el potencial hidrocarburífero que pudo haber generado esta sección, el mismo que podría estar atrapado en estructuras pre-Aptenses y posteriores, presentes a lo largo de toda la cuenca.

1. GEOLOGÍA REGIONAL

1. 1. Marco estructural

Estudios realizados por el Convenio Petroproducción-IRD ponen en evidencia tres dominios tectónicos en la Cuenca Oriente (fig. 1). Este nuevo modelo estructural presenta sus propias características geométricas y cinemáticas relacionadas a una herencia pre-cretácica propia (Baby *et al.*, 1999). El **Dominio Occidental o Sistema Subandino** presenta de Norte a Sur 3 zonas morfo-estructurales: el **Levantamiento Napo** que corresponde a un inmenso domo alargado en orientación NNE-SSO, limitado al Este y al Oeste por fallas transpresivas; la Depresión Pastaza donde las fallas se vuelven más cabalgantes al contacto Zona Subandina-Cordillera Oriental; la **Cordillera de Cutucú**, la cual se caracteriza por un cambio de orientación de las estructuras, de N-S a NNO-SSE, y la aparición de formaciones triásicas y jurásicas (Fms. Santiago y Chapiza) y en menor proporción paleozoicas (Fms. Pumbuiza y Macuma). Según Baby *et al.* (1999) este cordillera parece corresponder a la continuación suroeste del Corredor Central Sacha-Shushufindi.

El **Dominio Central o Corredor Sacha-Shushufindi** abarca los campos petrolíferos más importantes de la Cuenca Oriente (Sacha, Shushufindi, Libertador). Está deformado por mega-fallas en transpresión, orientadas NNE-SSO, que se verticalizan en profundidad y pueden evolucionar a estructuras en flor hacia la superficie (Baby *et al.*, 1999).

El **Dominio Oriental o Sistema Capirón-Tiputini** corresponde a una cuenca extensiva, actualmente invertida, estructurada por fallas lítricas que se conectan sobre un nivel de despegue horizontal (Balkwill *et al.*, 1995; Baby *et al.*, 1999).

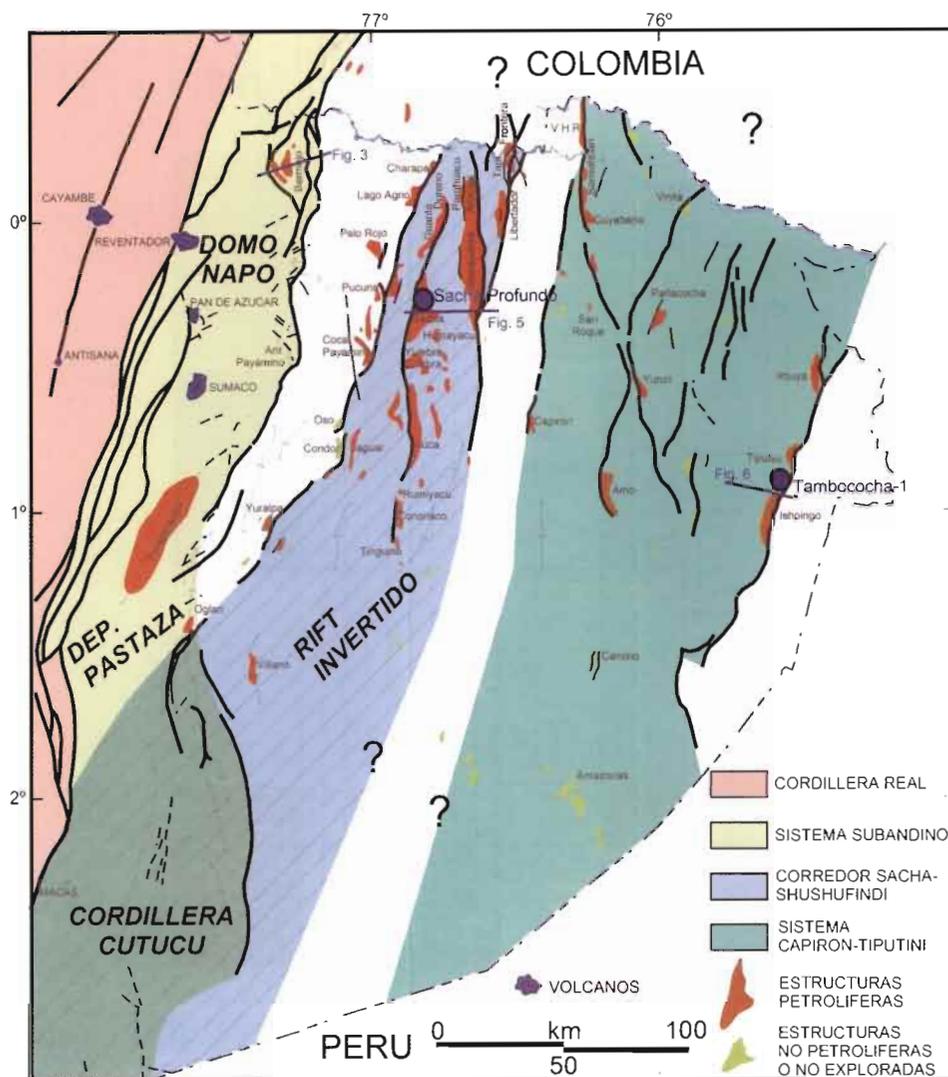


Fig. 1 – Mapa tectónico de la Cuenca Oriente (modificado de Baby *et al.*, 1999).

1. 2. Ciclos tectono-sedimentarios pre-Aptense

El pre-Aptense de la Cuenca Oriente (fig. 2) comprende 4 ciclos tectono-sedimentarios que agrupan 7 formaciones. Estas descansan sobre un substrato pre-Cámbrico, el cual está constituido por rocas ígneas (granito) y metamórficas, relacionadas con el escudo Guayano-Brasileño.

El *Ciclo Pumbuiza (Silúrico?-Devónico)* está representado por la *Formación Pumbuiza* (Goldschmid, 1941), compuesta de pizarras grises a negras y areniscas cuarcíticas de ambiente marino de plataforma. Estas rocas han sufrido fuertes

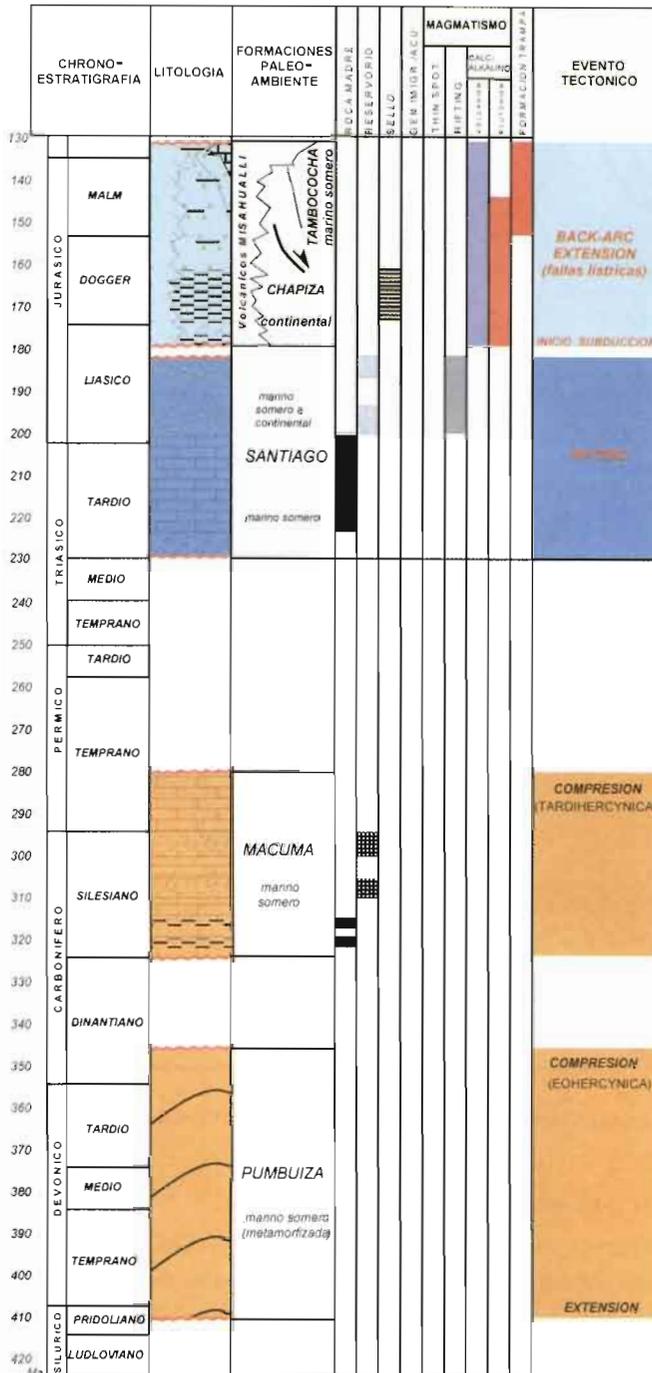


Fig. 2 – Columna tectono-estratigráfica de la Cuenca Oriente (modificado de Baby *et al.*, 1999).

plegamientos y fallamientos, y un cierto grado de metamorfismo anterior a la sedimentación de la Fm. Macuma.

El *Ciclo Macuma (Carbonífero-Pérmico?)*, representado por la **Formación Macuma** (Dozy & Baggelaar, 1940; 1941; Goldschmid, 1941), descansa en discordancia angular sobre la Fm. Pumbuíza. Comprende potentes estratos de calizas bioclásticas y dolomitas, con intercalaciones de lutitas y areniscas finas a veces glauconíticas. En las secciones sísmicas analizadas, no se observan deformaciones sin-sedimentarias, lo cual indica condiciones tectónicas relativamente estables.

El *Ciclo Santiago/Sacha (Triásico Sup.-Jurásico Inf.)*. La **Formación Santiago**, nombrada por Goldschmid (1941), aflora únicamente en la Cordillera de Cutucú. Está constituida por sedimentos marinos ricos en materia orgánica y volcano-sedimentos hacia la parte superior. En el Norte, está presente solamente en el Corredor Sacha-Shushufindi donde se la correlaciona con la **Fm. Sacha** de ambiente continental (Rivadeneira & Sánchez, 1989), compuesta por limolitas, arcillolitas, y esporádicamente calizas y dolomitas de variados colores. Este ciclo es sin-tectónico y registra la apertura de un "Rift" (Christophoul, 1999), evidenciada por un volcanismo toleítico continental (Romeuf *et al.*, 1997).

El *Ciclo Chapiza/Yaupi/Misahuallí (Jurásico Med.-Cretácico Temp.)*. La **Formación Chapiza** (Goldschmid, 1941; Tschopp, 1953) comprende una sucesión de sedimentos clásticos continentales (capas rojas), que se depositaron en un clima seco o desértico. Tschopp (1953) introduce tres divisiones: **Chapiza Inferior, Chapiza Medio y Chapiza Superior**. Esta última fue definida como Miembro Yaupi (Jaillard, 1997). La **Formación Misahuallí**, cuya zona de afloramiento se restringe a la Zona Subandina, es el equivalente lateral de los miembros inferior y medio de la Fm. Chapiza (Jaillard, 1997). Está constituida de acumulaciones volcánicas, que forman parte del potente arco magmático que corre desde el norte de Perú hasta el norte de Colombia (Romeuf *et al.*, 1995), y que estaría asociada a la actividad tectónica Jurásica como parte efusiva de la intrusión de los batolitos de Abitagua, Azafrán y Rosa Florida (Aspden & Litherland, 1992; Eguez & Aspden, 1993). La edad radiométrica es $172,3 \pm 2,1$ Ma. (Romeuf *et al.*, 1995). Este ciclo tectono-sedimentario comienza con una fuerte superficie erosional a la base de la Fm. Chapiza. Esta discordancia angular y la reducida acomodación de la sedimentación reflejan un levantamiento y emersión de la zona estudiada, y por consiguiente el fin del "rifting". Este fenómeno está relacionado con un cambio en el marco geodinámico, el cual corresponde al arranque de la subducción andina evidenciado por el volcanismo calco-alcalino Misahuallí.

2. ANÁLISIS SISMO-ESTRATIGRÁFICO

El análisis sísmo-estratigráfico del presente trabajo fue realizado para cada dominio estructural de la Cuenca Oriente y establece las facies sísmicas que presentan las unidades estratigráficas pre-Aptense.

2. 1. Sistema Subandino

En este dominio se definen únicamente dos facies sísmicas (fig. 3): **FSS-I** (Facies Sísmica Subandina-1), que representa al basamento granítico y/o metamórfico,

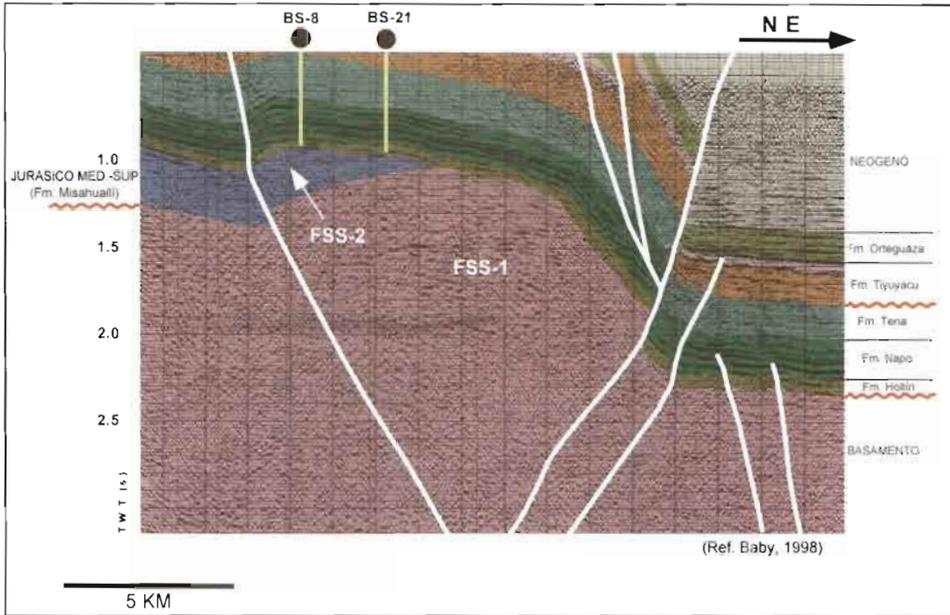


Fig. 3 – Estructura Bermejo (facies sísmicas del pre-Aptense).

y **FSS-2**, que corresponde a la Fm. Misahuallí. Esta última ha sido descrita en afloramientos ubicados a lo largo de este dominio tectónico y por descripciones litológicas de pozos que han atravesado esta formación (campos Bermejo y Pungarayacu). Como se observa en la sección sísmica de la figura 3, no se notan reflectores sísmicos claros que caracterizan esta formación, su presencia debajo de la sección cretácica se confirma por los datos de perforación. Se asume que esta formación descansa directamente sobre el basamento pre-cámbrico (?), a pesar de no observarse un reflector claro y continuo que indique este posible contacto.

2. 2. Corredor Sacha-Shushufindi

Para calibrar las facies sísmicas en el Corredor Sacha-Shushufindi, se utilizó la información litológica de los pozos Sacha Profundo-I (fig. 4) y Shushufindi A-39, los mismos que atravesaron parcialmente las formaciones pre-Aptense, 5925 y 2710 pies de pre-Aptense respectivamente. El análisis de la sección sísmica de la figura 5 permitió dividir al pre-Aptense en seis facies sísmicas (FSC) diferenciables por el marcado contraste de las reflexiones y por la presencia de fuertes reflectores que las separan (discontinuidades regionales).

FSC-1 (Facies Sísmica Central-I; pre-Cámbrico) constituye el basamento cristalino y metamórfico relacionado al escudo Guayanés. En la sección analizada (fig. 5), y al igual que en otras, muestra una respuesta difusa y caótica.

FSC-2 presenta dificultades en la equivalencia, pudiendo corresponder a la parte inferior de la Fm. Pumbuiza, pero lo más probable es que se trate de una formación más

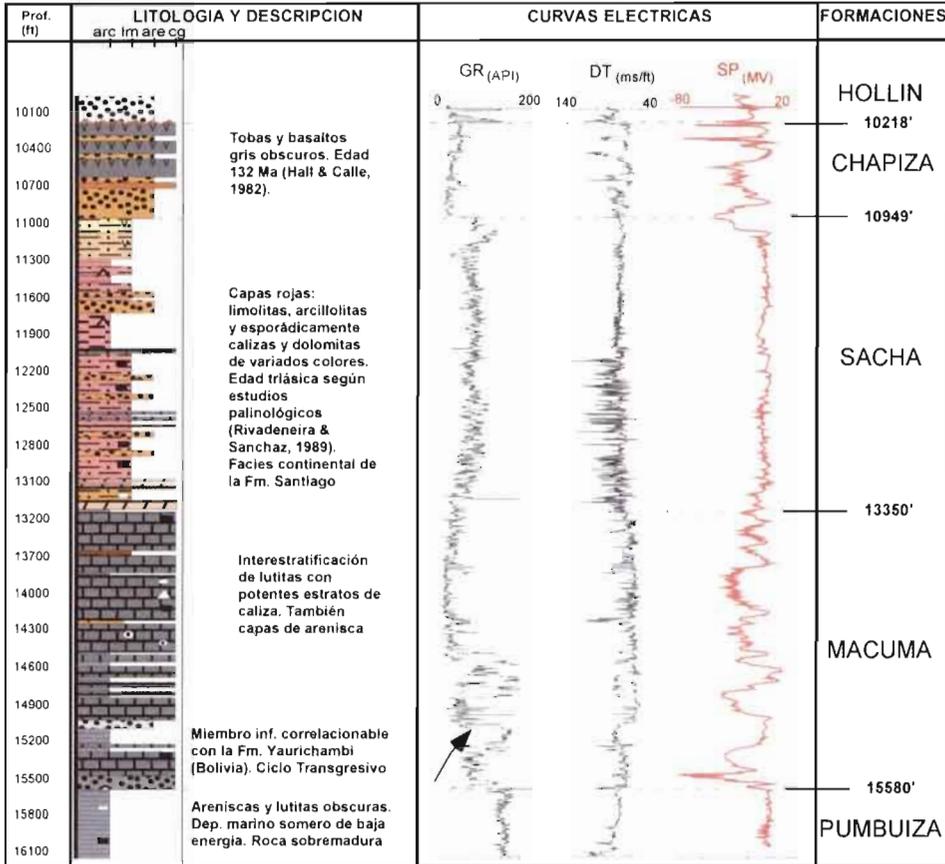


Fig. 4 – Registro del pozo Sacha Profundo (pre-Aptense).

antigua (de edad anterior al Silúrico Tardío). La respuesta sísmica es *muy clara, con reflectores muy continuos lateralmente*.

FSC-3 corresponde a la Fm. Pumbuiza (Silúrico (?) - Devónico) propiamente dicha, presentando un contacto bien marcado con la Fm. Macuma (Carbonífero - Pérmico (?)), observado en varias secciones sísmicas del corredor. Este contacto representa una superficie de erosión regional que separa a estas dos formaciones, la misma que produce cambios laterales muy fuertes de espesor.

FSC-4 se caracteriza por tener reflectores sísmicos muy claros y continuos, de buena continuidad lateral y configuración paralela, que corresponden a la Fm. Macuma. Estos reflectores son característicos de secuencias carbonatadas y pueden ser considerados como buenos *horizontes sísmicos marcadores*.

FSC-5 representa la Fm. Sacha definida por Rivadeneira & Sánchez (1989) en el pozo Sacha Profundo (fig. 4), sobre la base de resultados de los estudios palinológicos

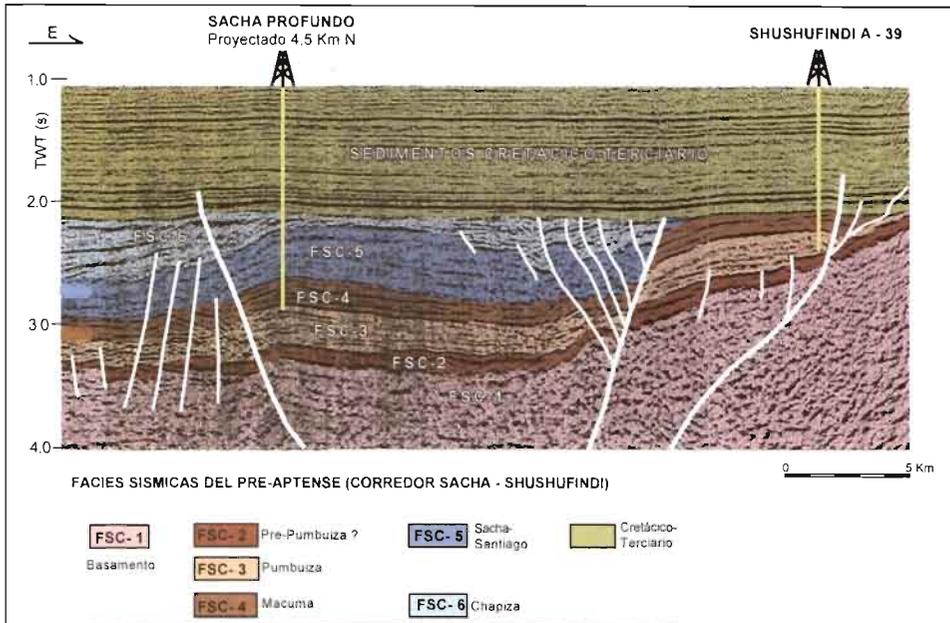


Fig. 5 – Estructura Sacha-Shushufindi (facies sísmicas del pre-Aptense).

que dan una edad triásica a las capas rojas localizadas inmediatamente sobre los sedimentos de la Formación Macuma. Esta formación podría constituir un equivalente lateral continental de la Formación Santiago, definida más al sur en la Cordillera de Cutucú (Tschopp, 1953). Está conservada en grabens o semi-grabens. Los reflectores de esta formación son difusos. Su reflector basal, que marca el contacto con la FSC-4, es claro pero no tiene muy buena continuidad lateral. Este contacto corresponde posiblemente a una superficie de erosión de carácter regional. Aunque no se ha comprobado la presencia de la Fm. Santiago en los pozos perforados hasta la actualidad en la Cuenca Oriente, por sus características litológicas ya descritas en los afloramientos de la Cordillera de Cutucú, ésta debe presentar reflexiones sísmicas fuertes y con gran continuidad lateral, formando una subfacies con características de reflexión bastante parecidas a las facies sísmicas que representan la Fm. Macuma (Rivadeneira & Sánchez, 1989).

FSC-6 representa a la Formación Chapiza integrada por depósitos volcano-sedimentarios (equivalente de la Fm. Misahuallí del Sistema Subandino), con basaltos en su parte superior datados en 132 Ma en el pozo Sacha Profundo (Hall & Calle, 1982; cf. fig. 4). Esta, en la sección analizada (fig. 5), presenta reflectores sísmicos más claros que en la FSC-5, y parece sellar el anticlinal “Sacha Profundo” que afecta las formaciones sedimentarias subyacentes. La sección sísmica muestra que este anticlinal resulta de una primera inversión tectónica de la falla normal del borde oeste del graben Sacha-Shushufindi. Hacia el techo de FCS-6, se presenta un truncamiento erosional con una marcada discordancia angular al contacto con la Fm. Hollín.

2. 3. Sistema Capirón-Tiputini

En este sistema, se definen con claridad las facies sísmicas pre-Aptense presentes en el “trend” ITT, pero también presentes en estructuras como Pañacocha. Por la poca información obtenida de los pozos presentes en estas estructuras, no se ha podido correlacionar de manera precisa estas facies sísmicas con las formaciones pre-Aptense ya descritas.

En la sección sísmica de la figura 6, se distinguen varias facies sísmicas, las cuales se ha tratado de correlacionar con las unidades anteriormente definidas en el Corredor Sacha-Shushufindi, tomando como referencia el tipo de reflexión sísmica que presentan.

FSO-1 (Facies Sísmica Oriental-1), al igual que FSC-1 en el Corredor Sacha-Shushufindi, corresponde al basamento cristalino y metamórfico.

FSO-2 no difiere mucho de lo observado en el Corredor Sacha-Shushufindi. En secciones sísmicas analizadas, FSO-2 presenta reflectores muy claros y coninuos, paralelos entre sí y concordantes al basamento. Por la claridad y el contraste de éstos, podría tratarse de la Fm. Macuma.

FSO-3 en este sistema aún es muy incierta, de acuerdo a las consideraciones tectono-sedimentarias que se mencionan más adelante. Parece corresponder a sedimentos

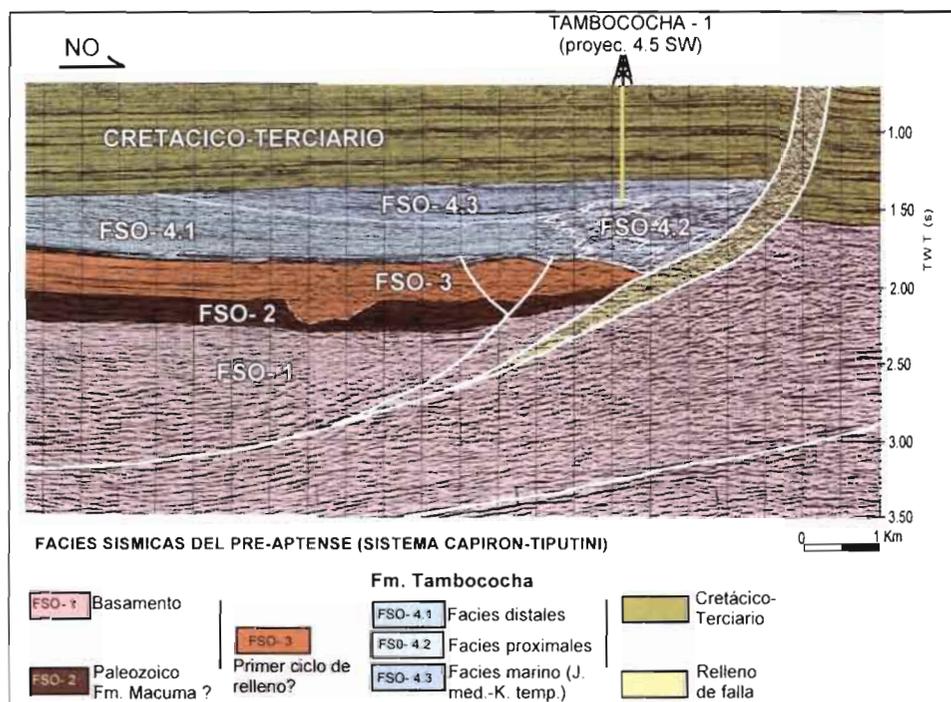


Fig. 6 – Estructura Tambococha (facies sísmicas del pre-Aptense).

depositados después de un período de erosión, como lo muestra la sección sísmica de Tambococha (fig. 6). Se nota una fuerte incisión en los depósitos representados por FSO-2 (paleovalle en la Fm. Macuma?), sellada por sedimentos del FSO-3 que podrían pertenecer ya al relleno del semi-graben de Tambococha.

Encima de FSO-3, los depósitos del relleno del semi-graben muestran varias facies sísmicas que cambian lateralmente. **FSO-4.1.**, en la parte occidental del semi-graben, está separada de FSO-3 por dos claros y continuos reflectores paralelos entre sí. Hacia el tope, muestra truncamientos por debajo de la superficie erosional de la base del Cretácico. Hacia el Este, contra la falla del semi-graben, **FSO-4.2.** está representada por una respuesta sísmica muy caótica que corresponde probablemente a una facies proximal de escarpe de falla (brechas y conglomerados), ya descrito en los núcleos de los pozos Tiputini M-1 y Ishpingo-1 (Informes internos PETROPRODUCCIÓN). **FSO-4.3.**, tanto en secciones sísmicas como en su litología, está representada por reflectores claros y continuos que corresponden a los depósitos marinos carbonáticos de aguas someras, evidenciados en el pozo Tambococha-1 y datos del Jurásico Medio-Valanginiano (Labogeo, 1996).

FSO-4.1., FSO-4.2. y FSO-4.3. representan una gran parte del relleno sedimentario del semi-graben de Tambococha, que muestra un medio de depositación marino de aguas someras nunca descrito más al Oeste. Razón por la cual, denominamos a este relleno sedimentario **Fm. Tambococha**. Esta podría estar presente en todo el "trend" ITT. Por edad es el equivalente lateral de los sedimentos continentales de la Fm. Chapiza.

3. PALEOGEOGRAFÍA DE LAS CUENCAS PRE-APTENSES

Los mapas paleogeográficos presentados en este trabajo fueron realizados tomando como base mapas de distribución de las unidades pre-Aptense (Díaz, 2000). Para la Cuenca Marañón, fueron complementados con mapas del pre-Cretácico Peruano (Gil, 1995). Estos permiten observar de manera general su distribución. No se han elaborado mapas paleogeográficos de la sección paleozoica por la poca información que se tiene acerca de ésta.

3. 1. Paleogeografía del Triásico Superior-Jurásico Inferior

Depósitos de esta edad han sido descritos en la Cordillera de Cutucú (Goldschmid, 1941; Tshopp, 1953; Christophoul, 1999), los cuales registran una importante ingresión marina proveniente del SSO (Cuenca Santiago del Perú), que da comienzo a la depositación del miembro Santiago Inferior constituido por sedimentos marinos someros ricos en materia orgánica. El miembro Santiago Superior está caracterizado por sedimentos volcanoclásticos dominados por un volcanismo toleítico submarino y continental (Romeuf *et al.*, 1997; Christophoul *et al.*, 1999).

La presencia de depósitos marinos triásicos en el Ecuador fue registrada por primera vez en el área perteneciente a la mina de Guaysimi (Provincia de Zamora Chinchipe), en rocas skarnificadas. Bivalvos del tipo *Entomonitis richmondiana* posiblemente de edad Noriana fueron encontrados en estas rocas (Fm. Piuntza: Aspdén

& Ivimey-Cook, 1992). Estos podrían ser atribuidos al miembro inferior de la Fm. Santiago de la Cordillera de Cutucú, que no sufrió el metamorfismo de contacto causado por las intrusiones del Jurásico Medio.

En la zona norte de la cuenca, únicamente en el pozo Sacha Profundo-1, se registraron por estudios palinológicos sedimentos triásicos (*cf.* fig. 4). Son de tipo continental y fueron considerados como el equivalente lateral de la Fm. Santiago (Fm. Sacha: Rivadeneira & Sánchez, 1989). El pozo Zorro-1 atravesó una roca volcánica básica datada por $Ar^{40}-K^{40}$ en 181 Ma (Coral Gables Lab.-Texaco, 1974) ubicada hacia el techo de la secuencia que da una edad Toarciano. Esos datos confirman la presencia de depósitos triásico-jurásicos en este sector.

Durante este período, se registra un tectonismo distensivo como lo muestran los datos sísmicos (*cf.* fig. 5). La sedimentación en el Corredor Sacha-Shushufindi fue controlada por fallas normales de alto ángulo que afectan el basamento, y que evidencian la apertura de un "Rift" de edad triásico a jurásico inferior (Christophoul, 1999). El volcanismo continental de tipo toleítico descrito en la Fm. Santiago de la Cordillera de Cutucú (Romeuf *et al.*, 1997) confirma la apertura de este "Rift", que coincide hacia el norte con el Corredor Sacha-Shushufindi (fig. 1). Está relacionado a la apertura Tetiana que influenció la evolución de los Andes Septentrionales (Jaillard *et al.*, 1990).

Al sur (Cuenca Marañón), los depósitos del Triásico Superior-Jurásico Inferior son bien conocidos (Grupo Pucará: Rosas *et al.*, 1997), y tienen mayores espesores. Son controlados también por fallas normales (Gil, 1995). Al norte de la Cuenca Oriente (Cuenca Putumayo), se conoce el equivalente lateral que corresponde a estratos marinos someros conteniendo brechas y de edad Rhaetiano (o Noriano Tardío, según la escala americana). Estos se encuentran sobreyacidos por capas rojas de edad Liásica con intercalaciones volcánicas (Geyer, 1974).

En la figura 7, se presenta un esquema paleogeográfico durante el Triásico Superior-Jurásico Inferior. El mar Liásico posiblemente llegó hasta el centro de la cuenca.

3. 2. Paleogeografía del Jurásico Medio

Este período registra un cambio importante en el marco geodinámico de la Cuenca Oriente. Procesos de subducción con dirección Sureste dan origen a un potente arco magmático de tipo calcoalcalino de orientación NNE-SSO, que corre desde el norte de Perú hasta el norte de Colombia (Romeuf *et al.*, 1995). Este arco volcánico, caracterizado en Ecuador por la Fm. Misahualli (172 Ma; Romeuf *et al.*, 1995), se encuentra intruido por rocas calco-alcalinas tales como los batolito de Abitagua (162 Ma; Aspend & Litherland, 1992; Romeuf *et al.*, 1995), batolito de Zamora y Rosa Florida de edad jurásica media a superior (Aspend *et al.*, 1990).

Este evento geodinámico pone fin a la apertura del "Rift" ("Rift" abortado), lo cual provoca un levantamiento y emersión del mismo, que da lugar a la superficie erosional de la base de la Fm. Chapiza (Christophoul *et al.*, 1999). La Fm. Chapiza de ambiente continental es contemporánea al arco volcánico Misahuallí.

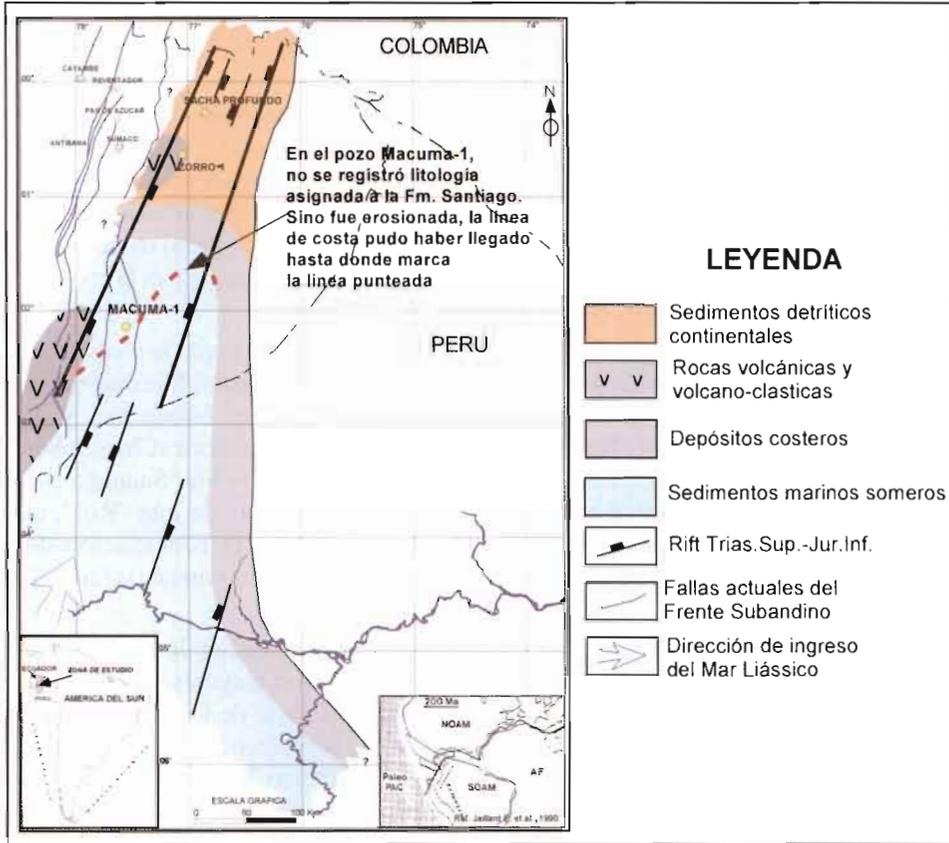


Fig. 7 – Mapa paleogeográfico del Triásico Sup-Jurásico Inf.

Durante este período, posiblemente se da lugar al desarrollo de dos subcuencas de “back-arc” en la Cuenca Oriente, cada una con características geométricas diferentes, separadas por un paleoalto de basamento. La más occidental (actual Corredor Sacha-Shushufindi) inicia una gradual subsidencia de los depósitos, provocando un hundimiento del rift y la reactivación de algunas fallas extensivas. En la subcuenca oriental (semi-grabens del Sistema Capirón-Tiputini), los procesos extensivos se manifiestan con juegos de fallas de tipo lístrico, que se conectan sobre un nivel de despegue horizontal ubicado en el basamento y evidenciado por sísmica de reflexión (Balkwill *et al.*, 1995; Baby *et al.*, 1998).

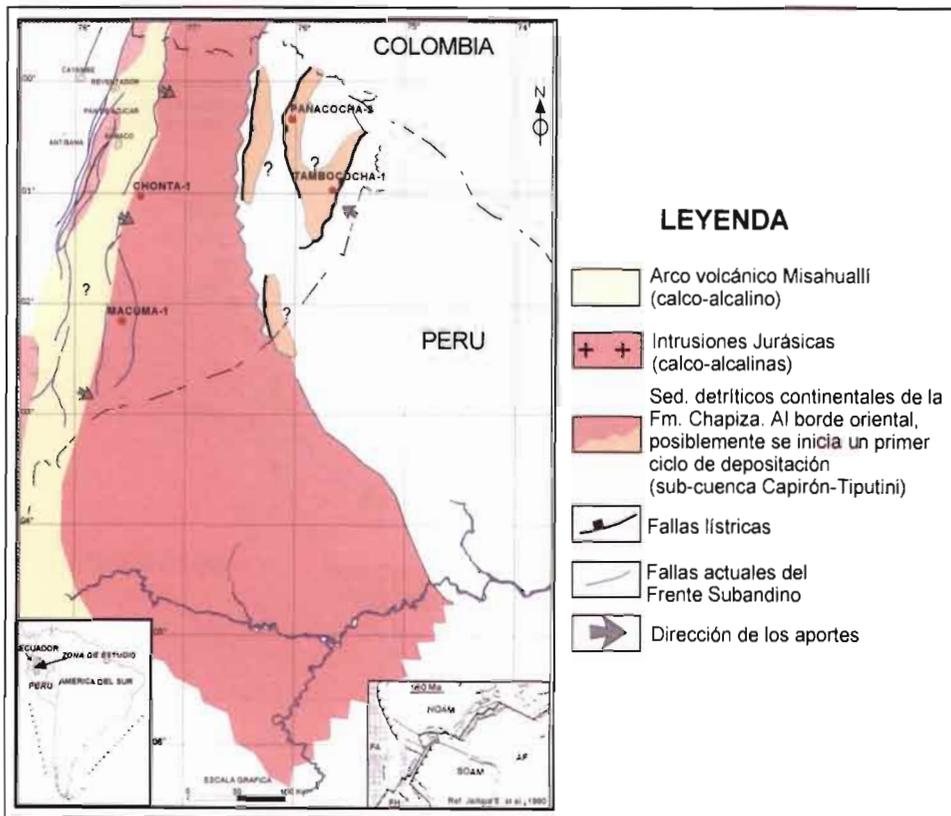
En los semi-grabens orientales, únicamente han sido datados los depósitos superiores (Pozo Tambococha-1) correspondiente a los FSO-4 (fig. 6), separados de la FSO-3 por un claro reflector que indica una superficie de erosión. Por la poca información con que se cuenta de este sector, se propone que la FSO-3 representaría depósitos sedimentarios correspondientes a un primer ciclo de relleno de los semi-grabens, posiblemente de edad Jurásico Medio (?). Aunque esta facies sísmica también podría corresponder a una formación sincrónica a la Fm. Sacha.

En la figura 8, se indica un esquema paleogeográfico durante este período, donde los sedimentos de la Fm. Chapiza constituyen facies laterales del arco volcánico Misahuallí. Al Este, aún es incierta la presencia o no de depósitos continentales sincrónicos a la Fm. Chapiza durante este período.

3. 3. Paleogeografía del Jurásico Superior-Cretácico Temprano

A partir del Kimmeridgiano-Titoniano, la dirección de la subducción ocurre hacia el Noreste, producto de la cual se forma un nuevo arco magmático de orientación NO-SE en el Perú central (Jaillard *et al.*, 1990).

Este episodio puede haber provocado un tectonismo de tipo transpresional dextral en nuestra cuenca, y al cual podrían ser asociados una primera inversión del rift Sacha-Shushufindi, y anticlinales probablemente en “échelon” tipo “Sacha Profundo” (*cf.* fig. 5). Durante este período, la Fm. Chapiza tuvo su mayor desarrollo. Al norte del Corredor Sacha-Shushufindi, se evidencia una mayor subsidencia. En el borde oriental de la Cuenca Oriente, la distribución de los depósitos jurásicos fue controlada por el sistema de semi-grabens.



Los depósitos de origen marino de la nueva Fm. Tambococha (equivalente oriental de la Fm. Chapiza), que fueron evidenciados por la perforación del pozo Tambococha-I y datados del Jurásico Medio-Valanginiano (*cf.* más arriba 2. 3.), constituyen parte del relleno sedimentario de este sistema juntamente con depósitos detríticos (conos aluviales) que desembocaban directamente en un medio marino somero en un régimen distensivo (*fig.* 9). Estos depósitos provienen de la erosión de "horsts" y de escarpas de fallas constituidas por rocas paleozoicas y de basamento. Podrían formar un segundo ciclo de relleno de los semi-grabens orientales, pero, con mayor intensidad en la depositación. En Colombia, se registraron depósitos marinos de agua somera de edad Neocomiana en la cuenca Putunayo (Pindell & Tabbutt, 1995). Estos se correlacionan con las facies marinas calcáreas de la Fm. Tambococha (FSO-4. 3, *fig.* 6), lo que podría indicar que hubo una ingresión marina proveniente del norte (*fig.* 10), que constituyó un último evento durante este período.

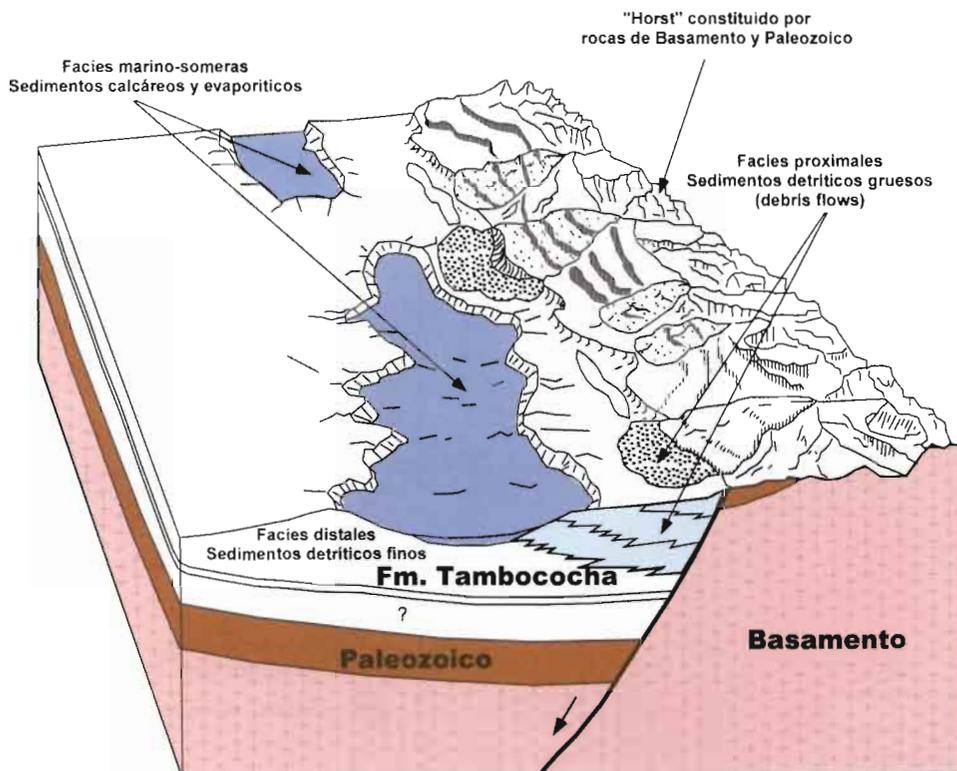


Fig. 9 – Modelo tecto-sedimentario para el semi-graben de Tambococha (inspirado del modelo propuesto por Guzmán & Mello [1999]) para la cuenca sureste del Golfo de México [Oxfordiano]).

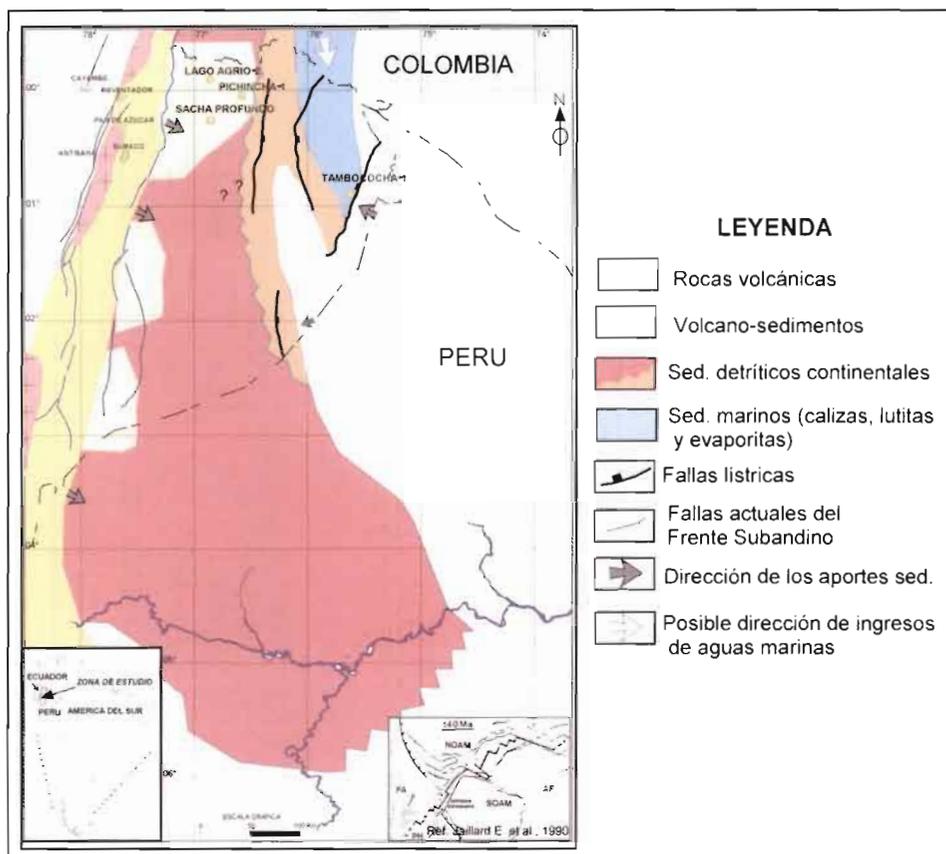


Fig. 10 – Mapa paleogeográfico del Jurásico Sup.-Cretácico Temprano.

En la figura 11, se esquematiza la evolución geodinámica del Triásico Superior al Cretácico Temprano.

4. EL SISTEMA PETROLIFERO DEL PRE-APTENSE

El potencial del sistema petrolífero del pre-Aptense en la Cuenca Oriente es muy incierto, la escasa información que se tiene no permite tener un criterio definitivo acerca del mismo. Sin embargo, no se puede descartar la posibilidad de que el pre-Aptense pudiera contener acumulaciones aún desconocidas de hidrocarburos líquidos y/o gaseosos, y que contengan rocas madre efectivas que los hayan generado.

En las cuencas peruanas y bolivianas, donde parte de la sedimentación, sobre todo paleozoica, tuvo similares características de depositación, existen yacimientos probados de gas y condensado (Garmezy *et al.*, 1997).

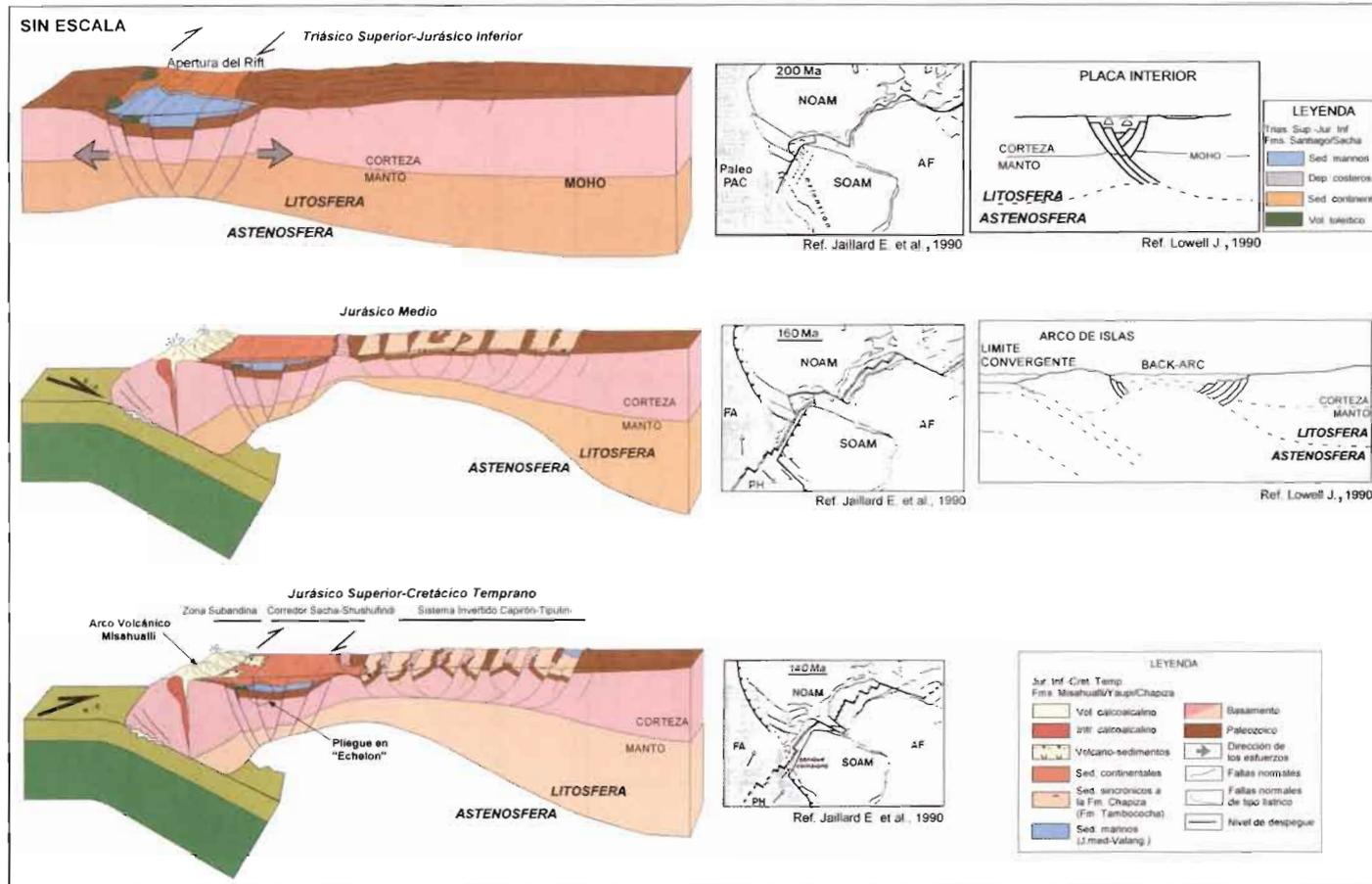


Fig. 11 – Esquema de la evolución geodinámica durante el Triásico Superior a Cretácico Temprano.

4. 1. Roca Madre, Reservorio y Sello

La **Fm. Pumbuiza** reúne las condiciones de depositación necesarias para ser considerada como una roca madre potencial, pero en Ecuador, los resultados geoquímicos no confirman esto. Los sedimentos de esta formación están sobre la ventana de generación de hidrocarburos líquidos, y se ubican como generadores marginales de gas seco (Alvarado *et al.*, 1985).

Los análisis de los núcleos tomados en el pozo Sacha Profundo (Core Laboratories Inc, 1985; Labogeo, 1996) confirman que esta formación puede ser considerada como roca generadora para gas seco. Los eventos orogénicos del ciclo Eohercínico sometieron a estas rocas a presiones y temperaturas muy altas, que provocaron un cierto grado de metamorfismo y la destrucción de los hidrocarburos que pudieron haber sido generados. Esta formación ya no tiene capacidad de generar hidrocarburos. En las cuencas subandinas más meridionales, el Devónico presenta más potencial.

La **Fm. Macuma**, según los datos geoquímicos registrados en el centro de la cuenca (pozos Sacha Profundo, Shushufindi A-39 y Pichincha-1), no puede ser considerada como una buena roca madre. Su ambiente de depósito cálido y **pobrementemente** oxigenado a anóxico pudo haber contribuido a la preservación de materia orgánica. Pero, durante el Permo-Carbonífero, a nivel mundial se han registrado bajos desarrollos de roca madre en depósitos marinos (Emery & Myers, 1997). En el pozo Shushufindi A-39, dentro de una capa de areniscas atribuidas a la Fm. Macuma, se reportó muestras de petróleo, pero no en cantidades como para justificar pruebas (datos del pozo). Los potentes estratos calcáreos, que presenta esta formación, podrían haber adquirido una porosidad secundaria debido a fracturamientos posteriores a su depositación o por fenómenos de carstificación.

Las **Fm. Santiago**, según Rivadeneira (1986), de acuerdo a los análisis geoquímicos realizados en muestras recolectadas en la Cordillera de Cutucú (TOC = 1,3-2,52% y Ro = 0,84-1,87%; Alvarado *et al.*, 1985) y por correlación con la Fm. Pucará del Perú (roca madre probada según PERUPETRO), presenta niveles de lutitas negras con buenas características cuantitativas y cualitativas de roca madre.

Las **Fms. Misahuallí, Yaupi y Chapiza**, por sus características litológicas, no constituyen de ninguna manera rocas madres, pero las posibilidades de rocas reservorio no se descartan. La **Fm. Chapiza**, por ser eminentemente continental, contiene niveles de roca arenosa que podrían constituir reservorios potenciales, aunque esto todavía no se ha probado en ningún pozo de la cuenca.

En la estructura Tambococha, a los 6000', se presume la presencia de una posible roca madre (nueva **Fm. Tambococha**; cf. 2. 3.) con pobre a regular capacidad para la generación de hidrocarburos (Labogeo, 1993). Sus parámetros geoquímicos son: TOC: 1,26 y Tmax: 433°C.

4. 2. Generación y migración del Petróleo

La roca madre la más probable del pre-Aptense se encuentra dentro de la Fm. Santiago del rift Sacha-Shushufindi. Continúa en discusión si ésta generó parte del crudo del Oriente que actualmente se encuentra entrampado en los reservorios de las

FACIES SISMICAS PRE-APTENSES DE LA CUENCA ORIENTE			
CICLOS	SISTEMA SUBANDINO	CORREDOR SACHA - SHUSHUFINDI	SISTEMA CAPIRON - TIPUTINI
Cretácico Temprano Jurásico Medio	FSS- 2 (Fm. Misahualli)	FSC- 6 (Fm. Chapiza)	FSO-4 (2do. ciclo de relleno: Fm. Tambococha definida en este trabajo)
			FSO- 3 (1er. ciclo de relleno, edad ?)
Jurásico Inferior Triásico Superior	No se observa	FSC- 5 (Fm. Sacha al Norte y Fm. Santiago al Sur)	No se observa
Carbonífero Superior - Pérmico?	No se observa	FSC- 4 (Fm. Macuma)	FSO-2 (Fm. Macuma: por su configuración sísmica)
Silúrico? - Devónico	No se observa	FSC- 3 (Fm. Pumbuiza)	No se observa
?	No se observa	FSC- 2	No se observa
Pre-Cambrico	Basamento granítico y/o metamórfico		

Fig. 12 – Cuadro de la distribución de las facies sísmicas del pre-Aptense de la Cuenca Oriente.

formaciones cretácicas. Si así lo fuera, como en el caso de la Cuenca Marañón de Perú donde se probó que la Fm. Pucara alimenta una parte de los reservorios cretácicos (comunicación de PERÚPETRO), esta formación pudo alimentar prioritariamente los reservorios entrampados dentro del Corredor Sacha-Shushufindi.

Planteamos así las siguientes hipótesis acerca del camino seguido por el crudo generado por esta formación:

- migración vertical hacia las areniscas Hollín en contacto discordante sobre la Fm. Santiago;
- acumulación en reservorios de la misma formación, representados por areniscas, o por calizas fracturadas o cavidades de disolución;
- migración vertical hacia reservorios arenosos o rocas volcánicas fracturadas de la suprayacente Fm. Chapiza.

4. 3. Trampas

En nuestra Cuenca Oriente pre-Aptense, el gas o petróleo que pudo haber generado la sección, podría haberse quedado en trampas estructurales tipo anticlinal “Sacha Profundo” o/y estratigráficas.

CONCLUSIONES

La distribución de las facies sísmicas definidas en este trabajo está resumido en el cuadro de la figura 12.

La **FSC-2**, evidenciada por los análisis sismo-estratigráficos, parece corresponder a una formación paleozoica más antigua que la Fm. Pumbuíza. Sin más argumentos no se puede especular sobre sus características sedimentológicas y tectónicas.

La **Fm. Pumbuíza (Silúrico (?) - Devónico)**, puesta en evidencia al norte del Corredor Sacha-Shushufindi por datos pozos y representada por **FSC-3**, se desconoce en el Sistema Capirón-Tiputini.

La **Fm. Macuma (Carbonífero Sup.-Pérmico)** está bien definida en el norte del Corredor por datos de pozos y sísmica. En el pozo Sacha Profundo-1, alcanza un espesor **FSC-4** de esta formación permiten establecer una mayor distribución regional. Las Fms. Pumbuíza y Macuma están separadas por una superficie erosional regional observada en sísmica. Forman el substrato de los grabens triásicos y jurásicos en el Corredor Sacha-Shushufindi, y en el borde oriental el substrato de los semigrabens lo constituye la Fm. Macuma.

La **Fm. Sacha/Santiago (Triásico Sup.-Jurásico Inf.)** caracteriza el Corredor Sacha-Shushufindi (**FSC-5**). Se confirma su edad en la zona por el dato registrado en el pozo Zorro-1 (roca volcánica básica datada por Ar⁴⁰-K⁴⁰ en 181 Ma: Coral Gables Lab.-Texaco, 1974). Esta secuencia sedimentaria se desarrolla durante la apertura de un "rift" controlado por fallas normales de alto ángulo, y sincrónico de un volcanismo toleítico continental (Romeuf *et al.*, 1997). Secciones sísmicas analizadas en la parte norte del corredor ponen en evidencia grabens rellenados por la Fm. Sacha y limitados por fallas normales de escala cortical.

El mapa de distribución muestra la presencia de estos depósitos en todo en corredor que emerge al Sur en la Cordillera de Cutucú. La mala calidad de la sísmica para el pre-Aptense en la parte centro-Sur de la cuenca no ha permitido precisar correctamente la distribución de esta formación. Por la prolongación del "Rift" y los datos de la Cuenca Marañón, las facies marinas de la Fm. Santiago sí estarían presentes en ese lugar. El mapa paleogeográfico indica una dirección NNE de la ingesión marina durante la cual se depositaron las facies carbonatadas de la Fm. Santiago. No se puede precisar hasta donde llegó este mar. Sin embargo, se especula que este pudo avanzar hasta el centro de la cuenca. El contexto geodinámico extensivo durante este período está marcado por la separación del gran continente Pangea (200 Ma) y la apertura Tetiana que controló la evolución de los Andes Septentrionales (Jaillard *et al.*, 1990).

La nueva **Fm. Tambococha (FSO-4)** es el equivalente lateral oriental de la Fm. Chapiza (FSC-6). Esta fue definida en el pozo Tambococha-1 (Jurásico Medio - Cretácico Temprano) ubicado en el borde oriental de la cuenca, y presenta características litológicas (facies carbonatadas) y un medio de depositación diferente. Estos sedimentos se depositaron en la subcuenca Capirón-Tiputini (semi-grabens), donde los procesos extensivos se manifiestan a través de fallas normales de tipo lístrico conectadas a un nivel de despegue horizontal ubicado en el basamento (Balkwill *et al.*, 1995; Baby *et al.*, 1999). Los sedimentos de la Fm. Chapiza se depositaron más al oeste, en una subcuenca

desarrollada sobre el “rift” abortado del Corredor Sacha-Shushufindi, donde se reactivan algunas fallas extensivas.

La distribución de los depósitos del Jurásico Medio-Cretácico Temprano es mayor a los anteriores. En la subcuenca Sacha-Shushufindi, la distribución de las facies es homogénea. En la subcuenca oriental, la distribución está netamente controlada por los semi-grabens.

A partir del Jurásico Medio, la Cuenca Oriente sufrió un cambio geodinámico provocado por el inicio de la subducción, con una dirección Sureste (Jaillard *et al.*, 1990). Este cambio dio lugar a la formación del arco volcánico Misahuallí de composición calco-alcalina (172 Ma. Ar⁴⁰- Ar³⁹; Romeuf *et al.*, 1995; 1997), y a la intrusión de cuerpos de la misma composición (Batolito de Zamora, Abitagua, Rosa Florida; Aspden *et al.*, 1990; Romeuf *et al.*, 1995). Esto provocó el fin del “rifting” y dio lugar a la formación de las dos subcuencas (de “back-arc”) en régimen extensivo (Fm. Chapiza y Fm. Tambococha), separadas por un paleoalto de basamento, que pudo ser producto del levantamiento de la corteza litosférica que sufrió un adelgazamiento y arqueamiento durante el inicio de la subducción.

Durante el *Jurásico Superior-Cretácico Temprano*, por el borde oriental de la cuenca se produjo una ingresión marina proveniente aparentemente del norte que da lugar a la depositación de facies carbonatadas de la Fm. Tambococha.

El potencial del Sistema Petrolífero del Paleozoico requiere de estudios más detallados que permitan definir si tiene algún valor económico. Los mapas de distribución y paleogeográficos de los depósitos del Triásico Superior-Jurásico Inferior permiten de alguna manera enfocar futuras campañas exploratorias en la continuación meridional de la subcuenca Sacha-Shushufindi donde podrían estar presentes las facies marinas de la Fm. Santiago (caracterizada como buena roca madre generadora de hidrocarburos). En la subcuenca Capirón-Tiputini, se ha evidenciado un delgado nivel de roca madre en los depósitos marinos someros encontrados en el pozo Tambococha-1 (nueva Fm. Tambococha). Su repartición geográfica no está aún conocida. Las posibles trampas petrolíferas pre-Aptense han sido evidenciadas mediante el análisis de algunas estructuras, de las que se destacan: estructuras pre-Aptense tipo “Sacha Profundo” (inversión del Jurásico Superior) y trampas estratigráficas selladas por discordancias regionales.

Agradecimientos

El presente trabajo fue realizado en el marco del Convenio Petroproducción-IRD (ex-ORSTOM). Agradecemos al Subgerente de Petroproducción, por autorizar la presentación de la información expuesta en este trabajo.

Referencias citadas

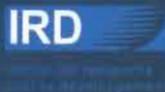
- ALVARADO G., SANTOS M. & ZUMARRAGA R., 1985 – Evaluación Geológica–Geoquímica de la Cordillera de Cutucú. Informe interno de CEPE: IRG-85-33.
- ASPDEN J., RUNDLE C., VITERI F., BERMUDEZ R. & HARRISON S., 1990 – Edades Radiométricas del Batolito de Zamora - río Mayo. *Boletín Geológico Ecuatoriano*, v. 1: 85-88.
- ASPDEN J. & LITHERLAND M., 1992. The geology and Mesozoic history of the Cordillera Real, Ecuador. *Tectonophysics*, 205: 187-204.
- ASPDEN J. & IVIMEY-COOK H. C., 1992 – Nuevos Datos Paleontológicos del centro y Sureste del Ecuador. *Bol. Geol. Ecuat.*, Vol. 3, 1: 33-42.
- BABY P., BERNAL C., CHRISTOPHOUL F. & VALDEZ A., 1998 – Modelo estructural y ciclos tectono-sedimentarios de la cuenca Oriente, 77 p. Informe interno, Convenio Petroproducción-ORSTOM,
- BABY P., RIVADENEIRA M., CHRISTOPHOUL F. & BARRAGAN R., 1999 – Style and timing of deformation in the Oriente Basin of Ecuador, 4nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG'99), Univ. Göttingen (Germany), Extended Abstracts Volume: 68-72.
- BALKWILL H. R., RODRIGUES G., PAREDES F. I. & ALMEIDA J. P., 1995 – Northern Part of Oriente Basin, Ecuador: Reflection Seismic Expression of Structures. *AAPG Memoir*, 62: 559-571.
- BARRAGAN R., BABY P., 1999 – A Cretaceous Hot Spot in the Ecuadorian Oriente Basin: geochemical, geochronological, and tectonic indicators, 4nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG'99), Univ. Göttingen (Germany), Extended Abstracts Volume: 77-81.
- CHRISTOPHOUL F., 1999 – Discrimination des influences tectoniques et eustatiques dans les bassins liés à des zones de convergence : exemples du bassin subandin d'Équateur. Phd thesis, Université Toulouse III, Paul Sabatier, 184 p.
- CORAL GABLES LAB.-TEXACO, 1974 – Geocronometría K-Ar, pozo Zorro-1. Informe preparado para CEPE.
- CORE LABORATORIES INC., 1985 – Estudio Geoquímico y Bioestratigráfico del pozo Sacha Profundo 1. Informe preparado para CEPE, CORE 23-010.
- DIAZ M., 2000 – Caracterización y reconstrucción paleogeográfica de las cuencas pre-aptenses en el Oriente ecuatoriano. Tesis de Grado, Universidad Central del Ecuador, 126 p., 45 figs., 9 tablas, 2 anexos.
- DOZY, J.J. & BAGGELAAR, H., 1940 – Geological reconnaissance of the Middle Pastaza and Macuma area. Shell Geological Report n°9, Informe Interno ITG-40-003, Petroproducción-Quito, 40 p.
- DOZY, J.J. & BAGGELAAR, H., 1941 – Geological reconnaissance of the area around Morona (Lower Mangosiza, Cusuimi, Cangaima & Macuma rivers). Shell Geological Report n°11, Informe Interno ITG-41-003, Petroproducción-Quito. 12 p.
- EGUEZ A. & ASPDEN J. A., 1993 – The Meso-Cenozoic Evolution of the Ecuadorian Andes. 2nd International Symposium on Andean Geodynamics (ISAG'93), Univ. Oxford (UK), Extended Abstracts Volume: 179-181.
- EMERY, D. & MYERS, K. J., 1997 – Sequence Stratigraphy. *Blackwell Science*, 297 p.
- GARMEZY L., HANSPETER M., KEITH J. & DOUST H., 1997 – The Subandean Foothills basins, a regional study. VI Simposio Bolivariano, Cartagena de Indias, Colombia, Memorias, Tomo II: 121-149.
- GEYER, O. F., 1974 – Der Unterjura (Santiago formation) von Ekuador. *Neues Jahrbuch Geologie und Paläontologie*, 9: 525-541.

- GIL W., 1995 – Tectónica de Inversión Cretácica y Terciaria en el Antepaís Andino: Ejemplo de la Cuenca Marañón. Perú. Universidad Nacional San Antonio Abad del Cusco (Perú). Tesis de Grado.
- GOLDSCHMID K. T., 1941 – Geological Compilation on the Cutucu – Macuma – Cangaimo Region. SHELL Geological Report (Archivo Técnico Petroproducción, ECUA 131).
- GUZMAN-VEGA M. A. & MILLLO M. R., 1999 – Origin of Oil in the Sureste Basin, Mexico. *AAPG Bulletin*, V. 83, n° 7: 1068-1095.
- HALL M. & CALLE J., 1982 – Geochronological Control for the Main Tectonic-Magmatic Events of Ecuador. *Earth Science Review*, V. 18: 215-239.
- JAILLARDE., SOLER P., CARLIER G. & MOURIER T., 1990 – Geodynamic evolution of the Northern and Central Andes during early to middle Mesozoic times: a Tethyan model. *Journal of the Geological Society, London*, V. 147: 1009-1022.
- JAILLARDE., 1997 – *Síntesis Estratigráfica y Sedimentológica del Cretáceo y Paleógeno de la Cuenca Oriental del Ecuador*. Petroproducción-ORSTOM Edición, 163 p.
- LABOGEO, 1993 – Estudio Geológico Pozo Tambococha 1 (Tomo I): Síntesis Geológica, Sedimentología, Bioestratigrafía y Geoquímica. Informe interno de Petroproducción (I.I.P): PPR GL 12.
- LABOGEO, 1996 – Estudio Geológico Pozo Sacha Profundo. Informe interno de Petroproducción.
- LABOGEO, 1998 – Informe Sedimentológico pozo Shushufindi A-39. Informe interno de Petroproducción.
- PINDELL, J. L. & TABBUTT, K. D., 1995 – Mesozoic-Cenozoic Andean paleogeography and regional controls on hydrocarbon systems. In: A. J. Tankard, R. Suárez S., and H. J. Welsink, Petroleum basins of South America: AAPG Memoir 62: 101-128.
- RIVADENEIRA M., 1986 – Evaluación Geoquímica de Rocas Madres de la Cuenca Amazónica Ecuatoriana. IV Congreso Ecuatoriano de Geología, Minas y Petróleo (Quito), Memoria Tomo III: 164-207.
- RIVADENEIRA M. & SANCHEZ CH, 1989 – Consideraciones Geológicas del Preaptense de la Cuenca Oriente. Sexto Congreso Ecuatoriano de Ingeniería en Geología, Minas, Petróleo y Geotécnica: 214-252.
- ROMEUF N., AGUIRRE L., SOLER P., FERAUD G., JAILLARDE E. & RUFFET G., 1995 – Middle Jurassic Volcanism in the Northern and Central Andes. *Revista Geológica de Chile*, Vol. 22, 2: 245-259.
- ROMEUF N., MUNCH P., SOLER P., JAILLARDE E., PIK R. & AGUIRRE L., 1997 – Mise en évidence de 2 lignées magmatiques dans le volcanisme du Jurassique inférieur de la zone Subandine Équatorienne. *Compte Rendus l'Académie des Sciences*, 324: 361-368; Paris.
- ROSAS S., FONTBOTÉ L. & MORCHE W., 1997 – Vulcanismo de tipo intraplaca en los carbonatos del Grupo Pucara (Triásico superior – Jurásico inferior, Peru Central) y su relación con el vulcanismo del Grupo Mitu (Permiano superior – Triásico). In: IX Congreso Peruano de Geología, Resúmenes Extendidos, Sociedad Geológica del Perú, Vol. Esp. 1: 393-396; Lima.
- TSCHOPP H. J., 1953 – Oil explorations in the Oriente of Ecuador. *AAPG Bulletin*, 37: 2303-2347.



LA CUENCA ORIENTE: GEOLOGÍA Y PETRÓLEO

Patrice Baby
Marco Rivadeneira
Roberto Barragán
(Editores científicos)



ÍNDICE

PRÓLOGO	9
<i>René Marocco</i>	
AGRADECIMIENTOS	11
INTRODUCCIÓN	13
<i>Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Roberto BARRAGÁN</i>	
Capítulo 1: Estratigrafía, estructura y evolución geodinámica de la Cuenca Oriente	
EL PRE-APTENSE EN LA CUENCA ORIENTE ECUATORIANA	23
<i>Marlon DÍAZ, Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Frédéric CHRISTOPHOUL</i>	
ESTRATIGRAFÍA SECUENCIAL DEL CRETACIO DE LA CUENCA ORIENTE DEL ECUADOR	45
<i>Roberto BARRAGÁN, Frédéric CHRISTOPHOUL, Howard WHITE, Patrice BABY, Marco RIVADENEIRA, Félix RAMÍREZ, José RODAS</i>	
MAGMATISMO ALCALINO INTRA-PLACA EN LA CUENCA CRETÁCICA ORIENTE, ECUADOR: EVIDENCIAS GEOQUÍMICAS, GEOCRONOLÓGICAS Y TECTÓNICAS	69
<i>Roberto BARRAGÁN, Patrice BABY</i>	
DINÁMICA DE LA CUENCA DE ANTE-PAÍS ORIENTAL DESDE EL PALEÓGENO	93
<i>Frédéric CHRISTOPHOUL, José David BURGOS, Patrice BABY, Jean-Claude SOULA, Séverine BÈS DE BERC, Celso DÁVILA, Michel ROSERO, Marco RIVADENEIRA</i>	

CUANTIFICACIÓN DE LAS EROSIONES TERCIARIAS Y PLIO- CUATERNARIAS EN LA PARTE SUR DE LA CUENCA ORIENTE	115
<i>José David BURGOS, Patrice BABY, Frédéric CHRISTOPHOUL, Jean-Claude SOULA, Philippe ROCHAT</i>	
HIDROCLIMATOLOGÍA DEL ORIENTE E HIDROSEDIMEN- TOLOGÍA DE LA CUENCA DEL NAPO	131
<i>Alain LARAQUE, Jean Loup GUYOT, Rodrigo POMBOSA</i>	
LA SUPERFICIE MERA-UPANO: MARCADOR GEOMORFOLÓGICO DE LA INCISIÓN FLUVIATIL Y DEL LEVANTAMIENTO TECTÓNICO DE LA ZONA SUBANDINA	153
<i>Séverine BÈS DE BERG, Patrice BABY, Jaime ROSERO, Marc SOURIS, Jean-Claude SOULA, Frédéric CHRISTOPHOUL, Jorge VEGA</i>	
EL ENJAMBRE SÍSMICO DE MACAS (CORDILLERA DE CUTUCÚ)	169
<i>Denis LEGRAND, Patrice BABY, Francis BONDOUX, Catherine DORBATH, Séverine BÈS DE BERG, Marco RIVADENEIRA</i>	
EVOLUCIÓN MAGMÁTICA ACTUAL DE LA ZONA SUBANDINA: VOLCANES EL REVENTADOR Y SUMACO, MODELOS GEODINÁMICOS PRELIMINARES	183
<i>Roberto BARRAGÁN, Patrice BABY</i>	
Capítulo 2: Historia de la exploración y principales campos petroleros de la petroproducción	
BREVE RESEÑA HISTÓRICA DE LA EXPLOTACIÓN PETROLERA DE LA CUENCA ORIENTE	205
<i>Marco RIVADENEIRA</i>	
CARACTERÍSTICAS GEOLÓGICAS GENERALES DE LOS PRINCIPALES CAMPOS PETROLEROS DE PETROPRODUCCIÓN	229
<i>Marco RIVADENEIRA, Patrice BABY</i>	