

**EVALUACION DEL POTENCIAL DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL
AMAZONAS.**

ALEJANDRA CHAPARRO PINTO

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA
2009**

**EVALUACION DEL POTENCIAL DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA DEL
AMAZONAS.**

ALEJANDRA CHAPARRO PINTO

Trabajo de Grado para optar el título de Geóloga

Director

MARIO GARCÍA GONZÁLEZ, PhD.

Profesor Titular

**UNIVERSIDAD INDUSTRIAL DE SANTANDER
FACULTAD DE INGENIERÍAS FISCOQUÍMICAS
ESCUELA DE GEOLOGÍA
BUCARAMANGA**

2009

*A mis padres que con su esfuerzo, dedicación, sabiduría y amor lograron que esto
se hiciera realidad.*

*A mis tías Esther y Yolanda que siempre tuvieron fé en mí y fueron de un apoyo
incondicional.*

A Javier Villamizar quien es mi modelo a seguir.

*A Peña, Nathaly, Silvia, Paola y Judy amigas de estudio, rumba, alegrías,
tristezas....etc.*

AGRADECIMIENTOS

Al Doctor Mario García González por haberme dado la oportunidad de participar en este proyecto, así como haber sido mi director.

Al Geólogo Ricardo Mier Umaña por asesorarme en el desarrollo del trabajo de investigación.

Al Grupo de Investigación GIGHC quienes me permitieron el uso de la base de datos para recopilar la información necesaria para la investigación.

A la Escuela de Geología y su cuerpo docente.

CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCION	13
1. OBJETIVOS	2
1.1 OBJETIVO GENERAL	2
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	2
2. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL AMAZONAS	3
3. HISTORIA TECTÓNICA	5
3.1 PRECAMBRICO	5
3.1.1 Paleozoico.	7
3.1.2 Mesozoico.	9
3.1.3 Cenozoico.	19
4. ESTRATIFRAFIA	12
4.1 PRECAMBRICO	12
4.1.1 Formación la Pedrera.	13
4.1.2 Complejo Migmatítico del Mitú.	13
4.1.3 Formación Pirapárana.	14
4.1.4 Formación Roraima.	14
4.1.5 Granófiros del Tijereto.	14
4.2 PALEOZOICO	14
4.2.1 Sienita Nefelínica de San José del Guaviare.	15
4.2.2 Formación Araracuara.	15
4.2.3 Formación Macaya.	15
4.2.4 Formación Huitoto.	15
4.2.5 Calizas de Berlín.	16
4.2.6 Areniscas Superiores.	16
4.3 MESOZOICO	16

4.3.1 Mocoa.	16
4.3.2 Formación Motema.	17
4.4 Terciario	17
4.4.1 Terciario Inferior.	17
4.4.2 Terciario Superior.	18
4.5 DEPOSITOS DEL CUATERNARIO	18
5. GEOLOGÍA ESTRUCTURAL	20
5.1 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN ONO – ESE	21
5.1.1 Lineamiento del Carurú.	22
5.1.2 Lineamiento de Guanía central.	22
5.1.3 Lineamiento del Apaporis.	22
5.2 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN NNE-SSE Y ENE – OSO	23
5.2.1 Lineamiento de Paunaua.	23
5.2.2 Lineamiento de Mitú y del Cuiari.	23
5.2.3 Lineamiento de La Trampa.	23
5.2.4 Lineamiento del Alto Cahuinarí.	23
5.2.5 Lineamiento del aguazul.	24
5.2.6 Lineamiento del Yaunas.	24
5.3 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN ENTRE NNO – SSE Y NNE – SSO	24
5.3.1 Fallas de Naquen y del Aque.	24
5.3.2 Falla del Querarí.	24
5.4 SINCLINAL DEL ARARACUARA	25
5.5 SINCLINAL DEL CARURÚ	25
5.6 SINCLINAL DE CUMARE	26
5.7 ANTICLINAL DEL YARI	26
5.8 ANTICLINAL DE UNILLA	26
Figura 5.4. Estructuras plegadas en la cuenca Vaupés-Amazonas. Tomado de Robertson Research 1989	27
6. GEOLOGIA DEL PETROLEO	28
6.1 ROCA GENERADORA	28

6.2 ROCA RESERVORIO	29
6.3 ROCA SELLO	29
6.4 TRAMPA	29
7. PETROGRAFIA	39
8. SÍSMICA	33
9.1 LOCALIZACION CUENCA SOLIMOEES	38
9.2 ESTRATIGRAFIA	39
9.2.1 Formación Prosperança.	40
9.2.2 Benjamín Constant.	40
9.2.3 Formación Jutaí.	41
9.2.4 Formación Jandiatuba.	41
9.2.5 Formación Uerê.	41
9.2.6 Miembro Urucu-Arauí.	41
9.2.7 Miembro Jaraqui.	41
9.2.8 Formación Juruá.	50
9.2.9 Formación Caruari.	42
9.2.10 Formación Fonte Boa.	42
9.2.11 Formación Alter do Chão.	42
9.2.12 Formación Solimões.	43
9.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL	44
9.4 SISTEMA PETRTOLIFERO DE LA CUENCA SOLIMOEES	45
9.4.1 Roca Madre.	45
9.4.2 Roca Reservorio	46
9.4.3 Roca Sello.	46
9.5 ACUMULACION Y MIGRACION	47
9.6 SISMICA CUENCA SOLIMOEES	48
CONCLUSIONES	51
RECOMENDACIONES	52
BIBLIOGRAFIA	53
ANEXOS	56

LISTA DE FIGURAS

	Pág.
FIGURA 1. Localización de la Cuenca Amazonas en Colombia, modificado de ECP, 1996.	4
FIGURA 2. Distribución de facies sedimentarias y ambiente tectónico de Colombia durante el Proterozoico. (Cediel, <i>et al.</i> , 2003)	6
FIGURA 3. Distribución de facies sedimentarias y ambiente tectónico de Colombia durante el Paleozoico inferior, Cámbrico, Ordovícico y Silúrico. (Cediel, <i>et al.</i> , 2003).	8
FIGURA 4. Distribución de facies sedimentarias y ambientes tectónicos de Colombia durante el Mioceno. (Cediel, <i>et al.</i> , 2003).	10
FIGURA 5. Evolución Geológica regional de la Cuenca Amazonas, tomada de ECP, 1996.	11
Figura 6. Miller <i>et al.</i> , 1987. Columna Cronolitoestratigráfica de la Cuenca del Amazonas Colombiano, tomado del Atlas del ECP.	19
FIGURA 7. Corpoamazonia, 2009. Mapa de la Geología estructural de la Cuenca del Amazonas tomada de: www.corpoamazonia.gov.or	20
FIGURA 8. ANH, 2007. Corte estructural de la Cuenca Vaupés-Amazonas (Parte Norte), lineamientos NW-SE.	25
Figura 9. Estructuras plegadas en la cuenca Vaupés-Amazonas. Tomado de Robertson Research 1989	27
FIGURA 10. Línea sísmica RA-1991-03	35
FIGURA 11. Línea sísmica RP-1991-14	36
Figura 12. Línea sísmica RC-1991-01	37
FIGURA 13. Clark Joao, Cuarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa localización Cuenca Solimoes.	38

FIGURA 14. Pietrobron, M.O., Michelon, D., Viceconti, M.G., 2006. Mapa de localización de las Sub-cuencas Jandiatuba y Juruá en la cuenca Solimoes.	39
FIGURA 15. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Columna estratigráfica de la Cuenca Solimoes.	43
FIGURA 16. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa estructural de la Cuenca Solimoes.	44
FIGURA 17. . Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa estructural de la Cuenca Solimoes.	44
FIGURA 18. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa de maduración de la Formación Jandiatuba.	46
FIGURA 19. Furtado, Cleber. Caputo, Vicente. GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA BACIA DO SOLIMÕES. O “ESTADO DA ARTE”. Carta de eventos del Sistema petrolífero de la Cuenca Solimoes, 2007.	47
FIGURA 20. Ribeiro, R.B, Lima, T.C.S. EVIDÊNCIA DA TECTÔNICA DO JURUÁ EM LINHAS 2D REPROCESSADAS DA BACIA DO SOLIMÕES. Modelo de acumulación Cuenca Solimoes, 2007.	48
FIGURA 21. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Localización de los Bloques BT-SOL.2 y BT-SOL-1.	49
FIGURA 22. . Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Línea sísmica 212-RL-212 de la Cuenca de Solimoes.	50
FIGURA 23. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Línea sísmica 254-RL-0011 de la Cuenca de Solimoes.	50

RESUMEN

TÍTULO: EVALUACION DEL POTENCIAL DE HIDROCARBUROS EN LA CUENCA AMAZONAS.

AUTOR: ALEJANDRA CHAPARRO PINTO**

Palabras Claves: Cuenca Solimoes, línea sísmica, potencial de hidrocarburos, Formación Jandiatuba, calizas de Berlín.

Se han realizado muy pocos estudios en la zona de la Cuenca Vaupés-Amazonas, por eso con este trabajo se busca evaluar el potencial de hidrocarburos de esta cuenca en Colombia apoyándose en información ya existente, interpretación sísmica y haciendo una analogía con la Cuenca Amazonas en Brasil conocida como la Cuenca Solimoes. Esta cuenca se encuentra ubicada en el Sur de Colombia cubriendo en su totalidad los departamentos del Guaviare, Vaupés y una parte de los departamentos Caquetá, Guainía, Putumayo y Meta.

En la cuenca cronológicamente se reconocen unidades geológicas desde el Precámbrico hasta depósitos del cuaternario.

La cuenca se encuentra afectada por fallas tanto normales como inversas, y por lineamientos en sentidos ONO-ESE, NNE-SSE, ENE-OSO y lineamientos con direcciones NNO-SSE y NNE – SSO. También tiene estructuras plegadas como: el Sinclinal de Aracuará, Sinclinal de Carurú, Sinclinal de Cumare y Anticlinal de Unilla.

La información referente a roca generadora, roca reservorio, roca sello y trampa es muy escasa debido a los pocos estudios realizados en la zona.

La sísmica muestra tres horizontes con reflectores discordantes entre si, tope de Basamento, tope Calizas de Berlín y tope de Areniscas. Los reflectores son paralelos, continuos y presentan amplitudes considerables en los horizontes superior y medio. Comparando la sísmica de la Cuenca Amazonas con la sísmica de la Cuenca Solimoes se observa que tienen características muy similares, esto abre la posibilidad que la Cuenca Amazonas tenga un potencial de hidrocarburos bueno debido a que la Cuenca Solimoes una cuenca con áreas comprobadas de petróleo y gas que está produciendo actualmente.

* Trabajo de Investigación, Grupo de Investigación en Geología de Hidrocarburos y Carbones.

** Facultad de Ingenierías Físico – Químicas. Escuela de Geología. Mario García González, Ph.D.

ABSTRACT

TITLE: EVALUATION OF HYDROCARBONS POTENCIAL AT THE AMAZONAS BASIN^{*}.

AUTHOR: ALEJANDRA CHAPARRO PINTO^{}**

Key terms: Solimoes basin, seismic line, hydrocarbons potential, Jandiatuba formation, Berlin's limestones.

Very few studies have been carried out in the zone of the Vaupés – Amazonas basin, for this reason, this work intends to evaluate the hydrocarbon potential in this basin of Colombia, having support on already existing information, seismic interpretation and making an analogy with the Amazonas basin in Brazil, known as the Solimoes basin. This basin is located on the South of Colombia, including the territories of the departments of Guaviare, Vaupés, and a section of the departments of Caquetá, Guainía, Putumayo and Meta.

At the basin, geological units are chronologically recognized since the Precambrian until deposits of the Quaternary period.

The basin is affected by normal and reverse faults in directions West North West – East South East, North North East- South South East, East North East – West South West. It also presents folded structures such as Araracuara syncline, Carurú syncline, Cumare syncline and Unilla anticline.

Information related to source rock, reservoir rock, seal rocks and trap are quite limited due to the few research studies done in the area.

Seismic lines show three horizons with three discordant reflectors: top of the basement, top of Berlin Limestones and top of sandstones. Reflectors are parallel, constant and present considerable amplitudes in upper and middle horizons. Comparing the seismic of the Amazonas basin with the seismic of the Solimoes basin, it is observed that they present similar features, and this opens up the possibility for Amazonas basin to have a significant hydrocarbon potential, due to the fact that Solimoes is a basin that has proved oil and gas areas which are currently being exploited.

* Trabajo de Investigación, Grupo de Investigación en Geología de Hidrocarburos y Carbones.

** Facultad de Ingenierías Físico – Químicas. Escuela de Geología. Mario García González, Ph.D.

INTRODUCCIÓN

En el Sur de Colombia se encuentra la Cuenca Vaupés-Amazonas que cubre en su totalidad los departamentos del Guaviare, Amazonas, Vaupés, y cierta parte de los departamentos Caquetá, Guainía, Putumayo y Meta; esta cuenca tiene continuidad en otros países de Sur América como lo son Brasil y Perú en donde presenta gran potencial de Hidrocarburos.

Con este proyecto se busca evaluar el potencial de Hidrocarburos presentes en esta cuenca apoyándonos en información geofísica, geoquímica, geológica ya existente y con el uso de herramientas como el software para interpretación sísmica Discovery GeoGraphix.

1. OBJETIVOS

1.1 OBJETIVO GENERAL

Evaluar el potencial de hidrocarburos en la cuenca sedimentaria Vaupés-Amazonas.

1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Categorizar y evaluar la información geológica, geofísica y geoquímica.
- Seleccionar las líneas sísmicas 2D a interpretar.
- Interpretar las líneas sísmicas 2D utilizando el software GeoGraphix.

2. LOCALIZACIÓN DE LA CUENCA DEL AMAZONAS

La Cuenca del Amazonas tiene aproximadamente 406.000 Km² de superficie en Colombia. Gran parte de esta cuenca se encuentra tapizada por la selva pluvial tropical y es surcada por el río Amazonas. La Cuenca Amazónica se ubica al Sureste de Colombia en el extremo Oeste del Escudo de la Guayana, limita Al Norte por el Arco del Vaupés y el Alto de Florencia, al Sur limita con la cuenca Solimoes y al Oeste y Noreste limita con la serranía de Chiribiquete y la trampa-La Mesa de Carurú respectivamente.

3. HISTORIA TECTÓNICA

De acuerdo con Robertson (1988), las principales fases del tectonismo en el área Amazónica tuvieron lugar en el precámbrico y en la era Paleozoica. Al parecer, eventos tectónicos de menor intensidad se registraron en las eras mesozoica y cenozoica.

3.1 PRECAMBRICO

Por lo menos dos fases tectónicas principales ocurrieron en el precámbrico (Robertson Research, 1988). El primer evento tectónico que afectó la Amazonía Colombiana fue la denominada “orogénia Transamazónica”, la cual tuvo lugar hace aproximadamente 1700 millones de años, y produjo un metamorfismo regional en una amplia variedad de rocas sedimentarias y plutónicas.

Los lineamientos tectónicos de este evento, al parecer han sido ampliamente afectados por episodios posteriores.

Un evento del precámbrico tardío, aproximadamente 900 m.a. dio como resultado la formación de una serie de depocentros de dirección noroeste-sureste.

Las actuales rocas cristalinas, rocas precámbricas más antiguas, podrían estar probablemente fracturadas, por consiguiente estos depocentros estructurales estarían limitados por fallas, las cuales no se manifiestan en superficie, pero podrían ser definidas en un estudio del subsuelo. Esta fase tectónica posterior estuvo asociada a un episodio tafrogénico. Erosión y peneplanización tuvieron lugar durante el resto del Precámbrico y durante el Paleozoico, hasta que se depositaron los sedimentos del Paleozoico Inferior (Ordovícico) (Ver figura 2).

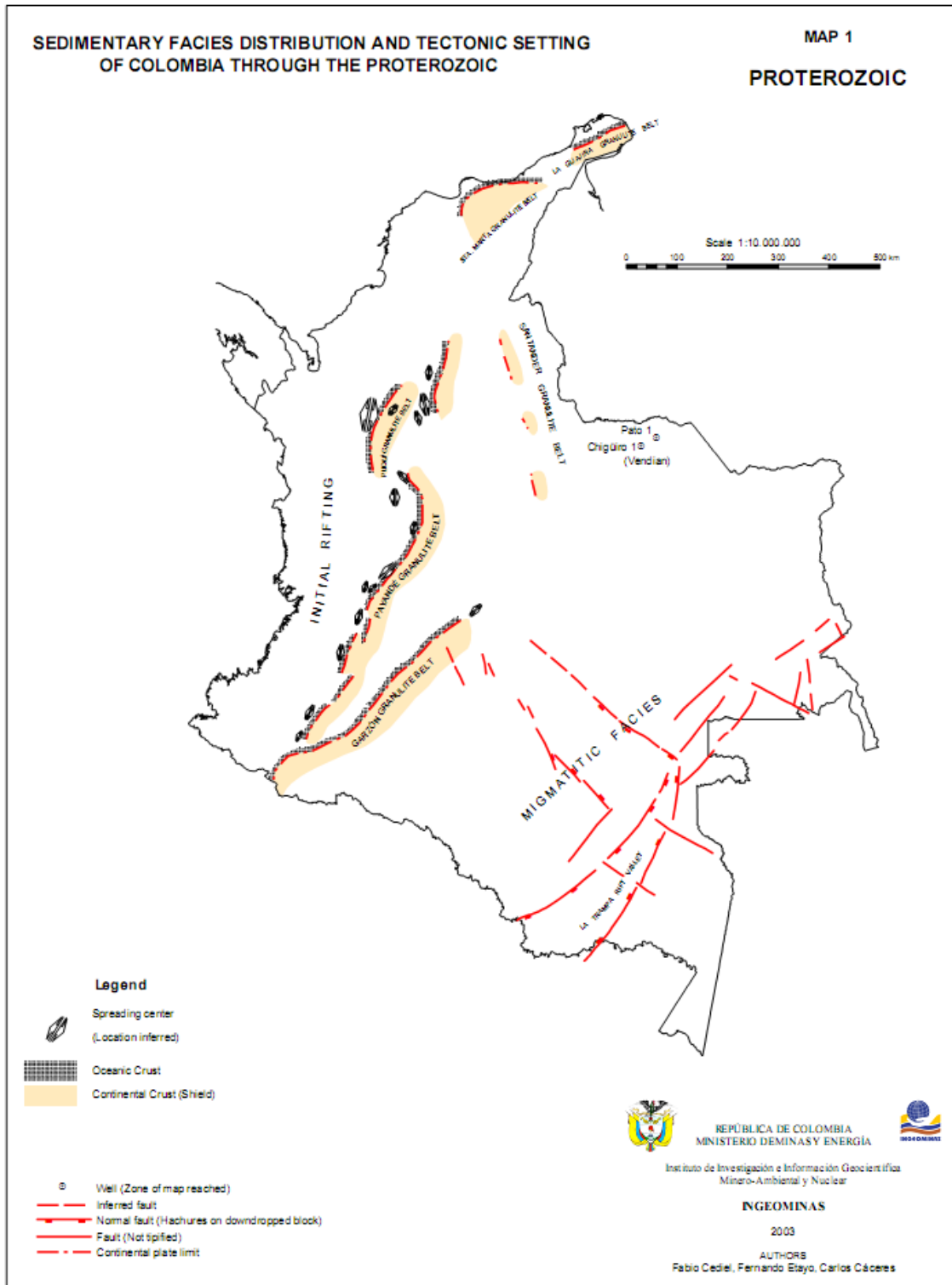


FIGURA 2. Distribución de facies sedimentarias y ambiente tectónico de Colombia durante el Proterozoico. (Cediel, *et al.*, 2003)

3.1.1 Paleozoico. El tectonismo paleozoico comenzó quizás, en el tiempo del silúrico tardío, inicialmente produjo plegamientos suaves de baja amplitud, un hundimiento bajo del eje, de dirección norte-noreste a sur sureste. Posiblemente se desarrollaron áreas de sinclinatorios y anticlinorios. Este evento de plegamiento puede estar relacionado con el movimiento Herciniano. Las crestas de los anticlinales fueron, posteriormente erosionadas, dejando las amplias estructuras sinclinales (Gálvis et al., 1979).

A comienzos de esta era el área sufre una leve subsidencia prominente hacia el occidente, presentándose una transgresión marina que produjo la sedimentación de la formación Araracuara.

Posteriormente, ocurre un evento magmático al occidente evidenciado por la Sienita Nefelínica de San José del Guaviare al noreste (430 a 449 M.a. Ordovícico, Pinzón, et ál. 1962), muy posible por la plutonita del Cerro Cumare al suroeste. Seguido a esta actividad ígnea se tiene un gran hiato, el área parece haber sufrido un levantamiento con posteriores basculamientos hacia el sur.

El Paleozoico Inferior está representado por rocas sedimentarias marinas, el régimen tectónico extensivo empieza a disminuir de sur a norte, el graben Güejar-Apaporis se encuentra completamente formado y es rellenado por sedimentos marinos de plataforma y sedimentos continentales(ver figura 3). El Paleozoico Superior está ausente. Durante el Cambro-Ordovícico, se afectó el borde occidental de la cuenca debido a una transgresión marina epicontinental. Esto permitió una sedimentación de plataforma (formación Araracuara) en una depresión que formaba un corredor de dirección aproximadamente N-S y que se extendió desde el departamento de Arauca al norte hasta el de Amazonas al sur (Toussaint, 1999).

Posteriormente a esta última actividad (Ordovícico) se tiene un largo periodo de tiempo sin depositación (hiato) para la región amazónica.

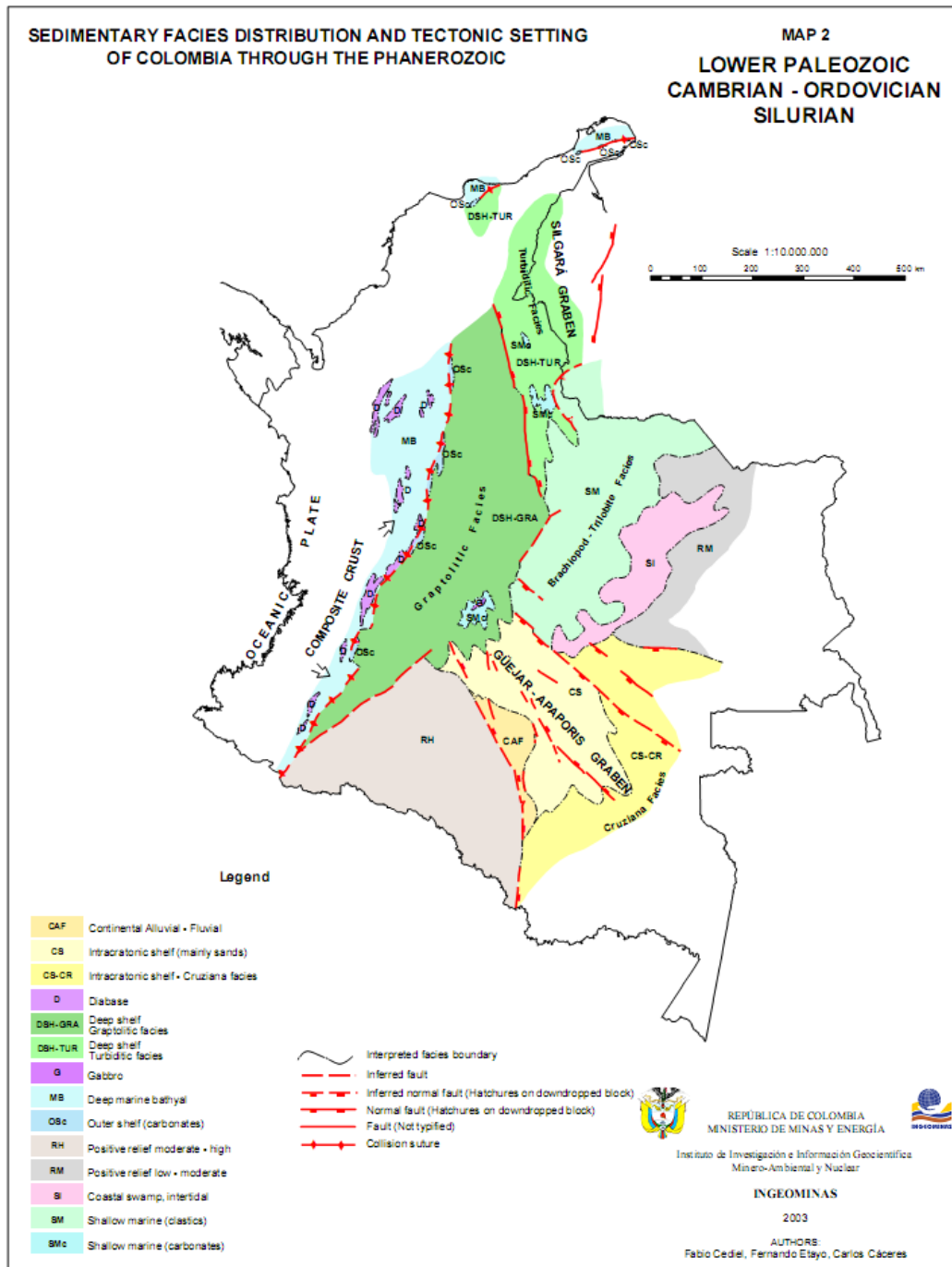


FIGURA 3. Distribución de facies sedimentarias y ambiente tectónico de Colombia durante el Paleozoico inferior, Cámbrico, Ordovícico y Silúrico. (Cediel, et al., 2003).

3.1.2 Mesozoico. En la Amazonia colombiana, la actividad tectónica durante la era mesozoica, al parecer, fue mínima. Levantamientos suaves, probablemente, ocurrieron en otras áreas de cuencas andinas, en respuesta a una mayor subsidencia, particularmente durante el cretácico, dando como resultado remanentes áreas positivas en la Amazonía.

Para la parte central de la cuenca, sector estructuralmente bajo, algunos autores postulan una depositación cretácica restringida, sin que hasta el momento se tengan datos concluyentes al respecto.

3.1.3 Cenozoico. La Amazonia en esta era presenta dominio de ambientes continentales y en menor proporción transicionales. Durante el Mioceno Temprano, la cuenca recibió aportes de sedimentos fluviales provenientes del Escudo de Guyana.

En el Mioceno Medio ocurre una gran transgresión, se forman grandes sistemas lagunares, pantanosos y depósitos cenagosos de ambiente costero. Estos depósitos según Gálvis et ál. (1979) constituyen el Terciario Inferior y Superior amazónico. La primera secuencia es de afinidad marina a salobre, y la segunda es de origen fluvio-lacustre (Hoorn, 1993).

Durante el Mioceno, la cuenca del Amazonas se encuentra bien definida como una cuenca de sedimentos de pantano costero, siendo este un ambiente transicional. Estos sedimentos son ideales para la generación de gases a partir de carbones (Ver figura 4).

Hacia finales del Terciario el clima se fue haciendo más seco, hasta que a principios del Pleistoceno la región, principalmente en la parte norte, tomara

características de un desierto. Posteriormente, una nueva variación climática llevó al régimen de alta pluviosidad vigente hoy.

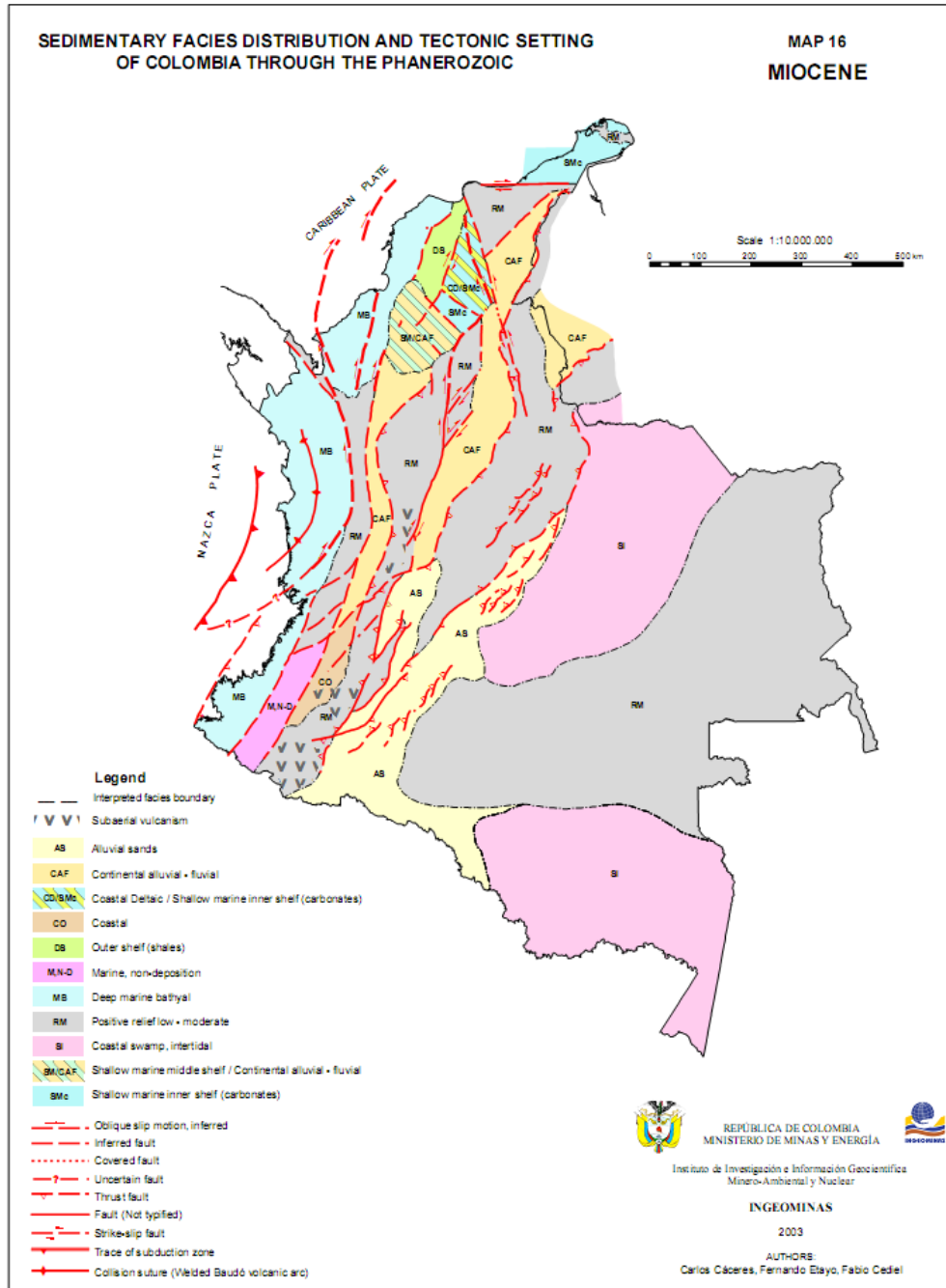
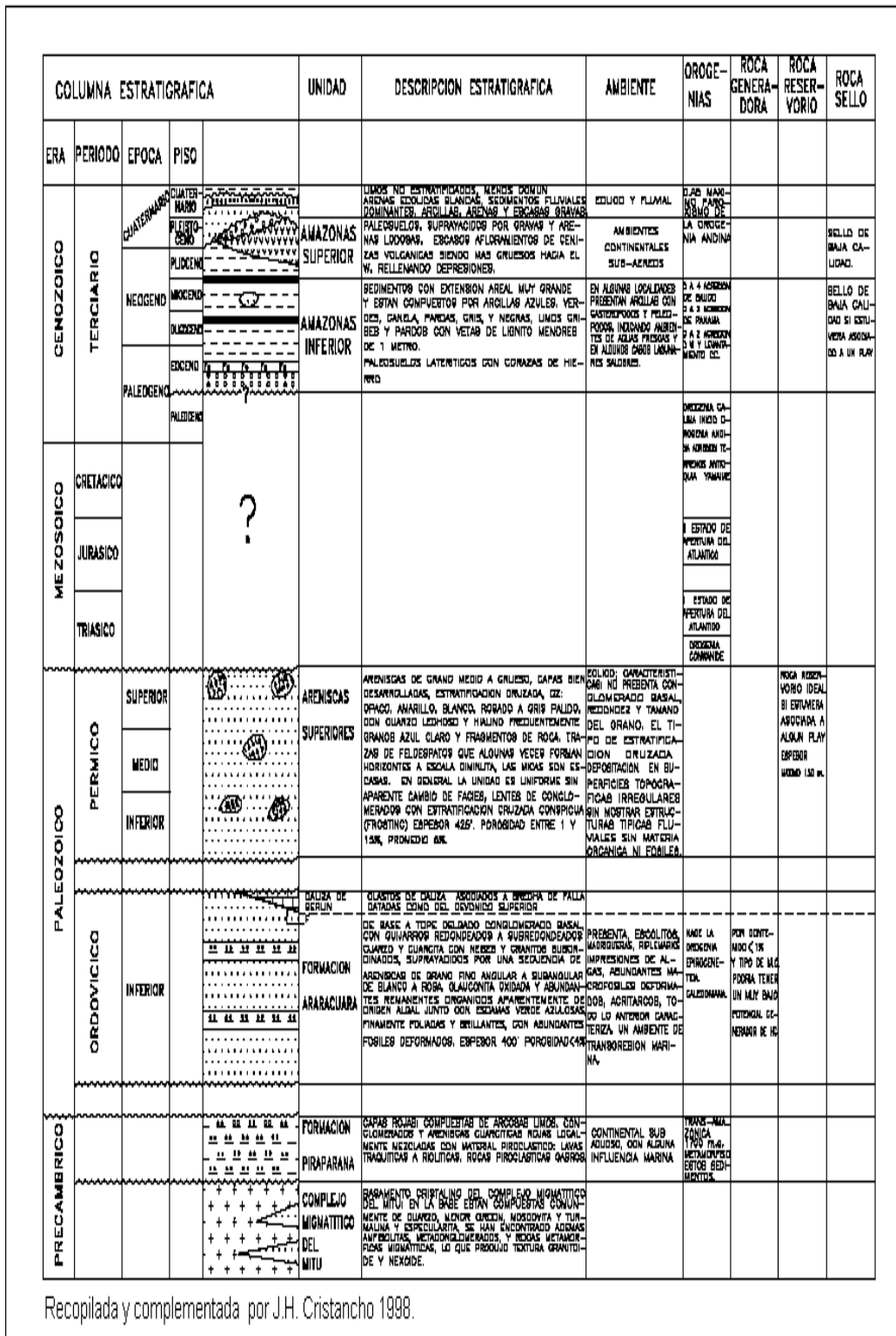


FIGURA 4. Distribución de facies sedimentarias y ambientes tectónicos de Colombia durante el Mioceno. (Cediél, *et al.*, 2003).



Recopilada y complementada por J.H. Cristancho 1998.

FIGURA 5. Evolución Geológica regional de la Cuenca Amazonas, tomada de ECP, 1996.

4. ESTRATIFRAFIA

La Cuenca del Amazonas desde el punto de vista litológico se encuentra conformada por rocas metamórficas, sedimentarias, ígneas y por depósitos sedimentarios, los cuales varían en edades desde el Precámbrico hasta el Cuaternario (Ver figura 6).

4.1 PRECAMBRICO

De acuerdo con Gálvis y Otros (1979) esta es una secuencia vulcanosedimentaria con un color rojizo dominante, que se encuentra plegada, aflora en un arco discontinuo desde el Norte del río Vaupés y hacia el sur el sitio Solarte, sobre el Río Caquetá.

Entre los raudales Gaebo y Pie en el Río Piriparaná se localiza la sección tipo, que se conforma de un conglomerado volcánico con cantos graníticos, feldespato y cuarzo; también de areniscas arcósicas hasta ortocuarzitas con intrusiones de rocas ígneas básicas como gabros, diabasas y riolacitas. Hablamos de conglomerado Volcánico debido a que los clastos son fragmentos heterogéneos de tipo detrítico soldados por tobas que son las que forman la matriz feldespática ferruginosa.

Las areniscas por su lado son de un color rojizo y ocre, se componen de clastos de minerales como el cuarzo, feldespato y de fragmentos de roca, su matriz es en algunas partes de sílice y en otras partes pelítica, conservando siempre alto contenido de material ferruginoso.

4.1.1 Formación la Pedrera. El nombre de esta formación se toma de un corregimiento situado en la margen derecha del Río Caquetá en cercanías a la confluencia con el Río Apaporis, conocido como La Pedrera (Galvis, Huguet y Ruge ,1979).

Es una secuencia de sedimentos del Precámbrico, arenosos-pelíticos (las facies arenosas predominan sobre la facies pelíticas) que se encuentran plegados y sometidos a un metamorfismo incipiente.

Sus afloramientos van desde el Sur del Río Caquetá, en dirección del corregimiento la Pedrera, hasta el Río Taraira en su parte alta, hacia el oriente se extiende hasta el territorio Brasileiro y en la parte occidente se limitan por el Río Apaporis.

Morfológicamente se encuentra en serranías estrechas, alargadas y un poco sinuosas, esto debido a pliegues “apretados” en dirección Noreste que constituyen estrechas estructuras afectadas por fallas perpendiculares casi al rumbo.

En cuanto a estructuras se tienen lentes conglomeráticos y areniscas marcadas de oleaje.

4.1.2 Complejo Migmatítico del Mitú. El complejo forma parte del Escudo de la Guayana, aflora al sur del río Guaviare en los departamentos de Guainía, Caquetá, Vaupés y Amazonas. Presenta una composición de cuarcitas, neises cuarzosos y cuarzofeldespaticos, granitos con variaciones de Alaskita y anfibolitas con estructuras migmatíticas, metaconglomerados y metasedimentos arenáceos y pelíticos (Gálvis *et al.*, 1979).

4.1.3 Formación Piraparána. Esta formación surge en la parte central del departamento del Vaupés sobre el río Caquetá en el departamento del Amazonas y en el departamento de Caquetá en la parte Sur-occidental de la Serranía de Chiribiquete, aflora principalmente en la parte norte y nororiental del departamento del Amazonas en tramos de los ríos Mirita-Paraná, Apaporis y Caquetá. Esta conformada por rocas Vulcano-sedimentarias, rocas piroclásticas, lavas riódacíticas, conglomerados que se encuentran compuestos por clastos de cuarcitas, granitos, cuarzoarenitas, feldespatos y otros.

Las rocas de la secuencia Vulcano-sedimentaria son de color rojizo y ocre contienen clastos de cuarzo, feldespato y fragmentos de cuarzo con una matriz en sitios pelítica y en otros silícea (Gálvis *et al*, 1979).

4.1.4 Formación Roraima. Los autores de la Formación Roraima son Aguerrevere y otros (1939), su litología es de arenisca conglomerática cuarzosa, arenisca ortocuarcítica con estratificación cruzada, conglomerado basal oligomictico con cantos de cuarzo, shale oscuro, areniscas con tamaños de grano medio, cemento silíceo y buena calibración, arcillolitas localmente filitosas de color rojo, verde o gris. Se presenta un tipo de metamorfismo dinámico hacia la parte basal. Referencia: Gálvis, Hugett y Ruge (1979).

4.1.5 Granófiros del Tijereto. Se encuentra al Oeste de la formación Piraparaná, desde el río Vaupés hasta el Caquetá. Presenta una composición variable.

4.2 PALEOZOICO

El registro geológico que se tiene comprende principalmente sedimentación y un tectonismo suave, aunque luego del Proterozoico la Amazonia parece que no fue afectada por actividad ígnea fuerte, excepto la presencia de tobas del Terciario.

4.2.1 Sienita Nefelínica de San José del Guaviare. Aparecen en la parte Sur y Sur-Occidente de San José del Guaviare, son rocas ígneas, constituidas como, sienita Nefelínica biotítica, sienitas biotíticas, pegmatitas de sienita nefelínica, magnetitas y filitas.

4.2.2 Formación Araracuara. Autores de esta Herrera y Velásquez (1978), esta formación tiene como litología: conglomerado de cuarzo lechoso, arenisca de grano medio, micacea con abundante perturbación vertical con intercalaciones de arcillolitas a limolitas verdes-rojizas. Referencia: Bogota, J (1982).

Se encuentra aflorando en una franja NO-SE en la región de Araracuara, sobre el Río Caquetá, hacia el Norte en los Ríos Mesa y dos Ríos, en el Sur hacia la Chorrera y en el este se encuentra en contacto discordante con la Formación Piriparaná conformando geomorfológicamente una serie de “mesas”. Esta se encuentra en contacto intruído por la Sienita Nefelínica de San José descrita por Vesga y Castillo (1972).

La sección tipo, descrita en el Caño de Araracuara es de aproximadamente 120 metros de espesor y se compone de areniscas con un tamaño de grano medio a grueso, glauconitas con un delgado conglomerado basal y de limolitas arenosas, de una edad Ordovícica de acuerdo a la información obtenida.

4.2.3 Formación Macaya. Definida por Bogotá (1982), su edad es del Ordovícico y presenta una litología de cuarzo lechoso, areniscas, conglomerado de cantos de cuarcita, limonitas de color rojo, rocas volcánicas y ocasionalmente fragmentos de gneis a esquistos (Bogotá, 1982).

4.2.4 Formación Huitoto. Definida por Bogotá, J.(1982), su edad es del Ordovícico y esta compuesta por areniscas de color rojo, tamaño de grano grueso,

mal seleccionadas, con una matriz arcillosa y de composición arcosa.(Bogotá, 1982).

4.2.5 Calizas de Berlín. En el caserío de Berlín, sobre el Río Caquetá aflora una brecha de falla con grandes fragmentos de caliza con contenido de materia orgánica.

La edad de estas calizas según reportes de dataciones es Devoniano Superior-Fameniano (Roberston R., 1988).

4.2.6 Areniscas Superiores. Estas areniscas descansan sobre una superficie irregular de la Formación Araracuara, y en algunos lados sobre rocas del Precámbrico. Según Amoco (1998) se les asigna una edad Pérmico-Mesozoico.

Cierta evidencia sugiere que estas areniscas son de origen eólico, la ausencia de un conglomerado basal, consistencia de facies sin sedimentos pelíticos, lenticularidad de conglomerados interestratificados, sílice como cemento y estratificación cruzada.

Bogota, R. J. (1982) subdivide estas areniscas en dos Formaciones: Formación Huitoto y Formación Macaya. Sin embargo no aclara la relación estratigráfica entre estas y la Formación Araracuara, no obstante las considera del Paleozoico Inferior.

4.3 MESOZOICO

4.3.1 Mocoa. No se tiene conocimiento del autor que definió esta unidad, sin embargo se sabe que pertenece al Triásico, y que son capas rojas, Geyer (1982).

4.3.2 Formación Motema. Definida por compañías petroleras, su edad es del Triásico. Esta unidad esta compuestas por areniscas arcósicas con estratificación las cuales se encuentran intercaladas con arcillolitas que varían de color rojo a púrpura. (Arango, J., Ponce, A., 1980).

4.4 Terciario

Los depósitos terciarios más antiguos reconocidos hasta el momento corresponden a niveles de paleosuelos lateríticos considerados como el Eoceno.

El espesor de sedimentos se incrementa tanto al Norte como al Sur del área. Hacia el sur hay sedimentos del Mioceno y talvez del Oligoceno Superior, mientras que al norte hay sedimentos del Eoceno y mas recientes.

Estos sedimentos cubren grandes áreas y comprenden arcillolitas azules, verdes, pardas y grises, limolitas de color café y pardo, de un ambiente continental con facies definidas de subambiente lacustre y fluvial.

En algunos sitios las arcillolitas contienen abundantes conchas de pelecípodos y gasterópodos, los que son reemplazados por pirita o marcasita.

Gálvis y otros (1979) han subdividido informalmente el terciario en dos conjuntos: Terciario Inferior y Terciario Superior.

4.4.1 Terciario Inferior. El Terciario Inferior se encuentra en la parte Sur de la Amazonia Colombiana, entre Maria Manteca, el Raudal Córdoba y afloramientos locales hacia el suroeste, compuesto por arcillolitas azules al tope con abundantes lamelibranchios, depositados en un ambiente lacustre salobre.

4.4.2 Terciario Superior. Sedimentos aflorantes en el área en las regiones central, norte y occidental, hasta inmediaciones del Río Caquetá, con afloramiento locales hacia el trapecio Amazónico.

Conglomerado basal con cemento ferruginoso, localmente acumulaciones de hierro oolítico, arcillositas rijas, amarillas, con contenido de lentes de lignito del Mioceno y areniscas de matriz arcillosa o localmente ferruginosa.

Geocolombia (1986) en su informe fotogeomorfológico la divide en dos unidades, una textura gruesa formada por colinas alargadas y terminaciones subangulares y la segunda de textura reniforme.

4.5 DEPOSITOS DEL CUATERNARIO

Esta constituido por arenas eólicas, terrazas y aluviones. Las arenas se presentan en su mayor extensión en el departamento de Guainía hacia el oriente del departamento Vaupés, hacia el occidente de la Araracuara en el departamento del Caquetá.

Algunos criterios que se tienen para decir son su gran extensión, formas dunares que se observan en muchas zonas de sabanas, también se pueden observar esas formas en la parte media de la cuenca del Río Atabapo.

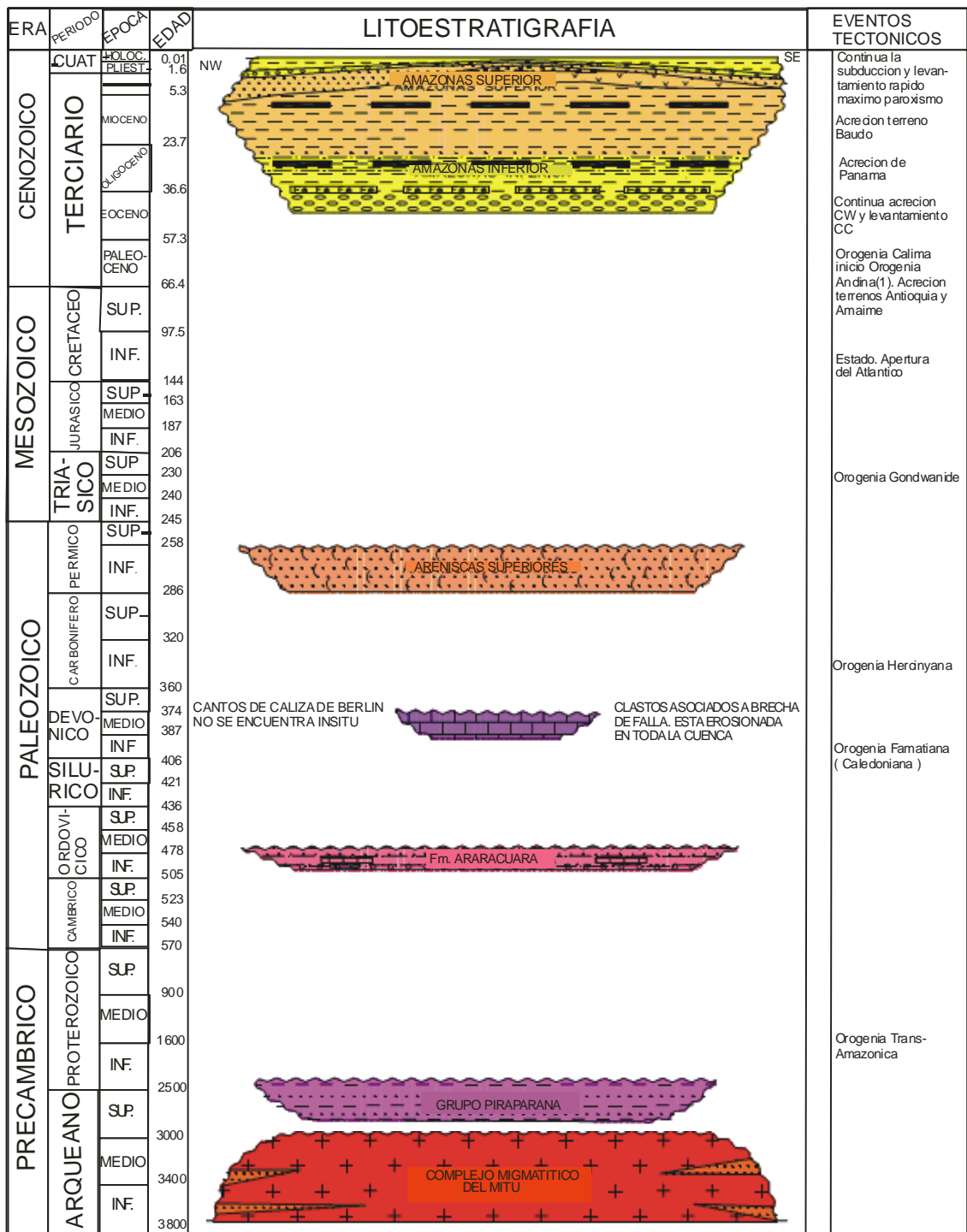


Figura 6. Miller *et al.*, 1987. Columna Cronolitoestratigráfica de la Cuenca del Amazonas Colombiano, tomado del Atlas del ECP.

De igual manera la zona se encuentra afectada por fallas en su mayoría inversas, las que tienen mayor actividad son las que se encuentran en la zona de la Cordillera y del Piedemonte con rumbos de dirección NE, el resto de la región presenta fallas y lineamientos con direcciones ONO-ESE, NNE-SSE, ENE – OSO y lineamientos con direcciones NNO – SSE y NNE – SSO.

Se encuentran tres fallas principales en la cuenca del Amazonas; Falla de Naquén, Falla del Querarí y la Falla del Río Aque, así mismo hacen parte de la zona otras fallas como; Falla del Caño Chaquita, Falla Caño Garza, Falla Aguazul.

LINEAMIENTOS REGIONALES

Una red de lineamientos regionales, con una distribución sistemática en sus orientaciones, ha sido estudiada mediante la morfología actual y es producto directo del tectonismo de grandes bloques (ver figura 7).

La expresión de esta red de lineamientos regionales mediante la morfología actual, se debe probablemente en gran parte a su participación en un tectonismo relativamente reciente de bloques, el cual, al parecer, se relaciona con la formación del sistema andino. Sin embargo, la repetición de las mismas orientaciones en una misma variedad de estructuras de diferentes tipos en rocas del basamento cristalino y la asociación de unos lineamientos tectónico-magmáticos del precámbrico y del Paleozoico, indica que existían las mismas orientaciones estructurales en una u otra forma hace largo tiempo atrás.

5.1 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN ONO – ESE

5.1.1 Lineamiento del Carurú. Este lineamiento se dedujo de una serie de escarpes de la Formación Araracuara, las rocas de esta formación se encuentran en posición horizontal o sub-horizontal, en esta zona las capas presentan buzamiento entre 10° a 25° hacia el suroeste, el rumbo varia entre WNW-ESE y NNW-SSE (Ver figura 8, donde se muestran los lineamientos NO- SE).

5.1.2 Lineamiento de Guanía central. El lineamiento se encuentra ubicado entre el Río Inírida y los principios del Caño Naquen con una distancia de 190 Km., corta la estructura occidental de la Formación Roraima en dos partes siendo esta su manifestación principal, con una componente horizontal de 35-40 Km. en sentido lateral izquierdo.

5.1.3 Lineamiento del Apaporis. Este lineamiento se limita al norte del curso medio del Río Apaporis, entre la Frontera de Brasil y las cabeceras del Río Pacoa, por una distancia aproximadamente de 200 km.

Hacia el extremo de su parte noroccidental son algunos caños los que sugieren este lineamiento, en la parte del corregimiento la Pedrera se encuentran tres lineamientos subregionales de los cuales dos parecen afectar las colinas de la Formación la Pedrera mediante el componente horizontal de un desplazamiento.

En la Formación Araracuara también se observan grandes lineamientos pero sin brechamientos ni desplazamientos, entonces podrían considerarse planos de debilidad.

5.2 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN NNE-SSE Y ENE – OSO

En este sector se agrupan siete lineamientos principales que en conjunto sugieren un sistema tectónico de unos ochocientos kilómetros de largo, entre la parte media del río Igara Paraná y el río Atabapo bajo.

5.2.1 Lineamiento de Paunaua. En su extremo suroccidental esta definido por una densidad de microlineamientos, con algunos lineamientos discretos al noreste, así definido el lineamiento sigue el curso del Río Papunua y después se ubica en las márgenes del Río Inírida.

5.2.2 Lineamiento de Mitú y del Cuiari. Las Fallas del Mitú y del Cuiary son de edad Fanerozoica, con direcciones N40°E a N50°E. Determinan una amplia franja de montes islas en dirección noreste, separada de sectores bajos al noreste y sureste.

Estas fallas forman una especie de “horst” que se observa claramente hasta el noreste del Río Isama.

5.2.3 Lineamiento de La Trampa. Este lineamiento presenta su máxima expresión en las mesetas de la Sierra de la Trampa, entre el Pacoa y el Río Apaporis y el Raudal Yurupari en el Río Vaupés, mediante unos cañones de rumbo entre N20°E y N40°E.

Hacia la parte norte el rumbo de los lineamientos cambian a N10°E y N5°E y hacia el suroeste se observan unos caños, afluentes del Río Caquetá con rumbos de N40°E.

5.2.4 Lineamiento del Alto Cahuinarí. Este lineamiento tiene un rumbo de N55°E, paralelo a la parte central del sistema conformado por las fallas de Mitú y del

Cuiary y el lineamiento Papunaua. Esta formado por lineamientos cortos, y esta definido por un desvío abrupto del cauce del Río Cahuinarí sobre una distancia aproximadamente de 20 Km. Tiene una extensión mínima de 125 Km. Entre el Río Igaraparaná y el Río Caquetá.

5.2.5 Lineamiento del aguazul. Este lineamiento se encuentra ubicado entre los Ríos Apaporis y Caquetá, sobre una distancia de 125 Km. con un rumbo de N40°E. Afecta rocas del Complejo Migmatítico del Mitú con presencia de brecha de falla en un sector de Caño Aguazul.

5.2.6 Lineamiento del Yaunas. Se deduce del cauce del caño Yaunas, de afluentes del Apaporis y de algunos lineamientos al norte del corregimiento de la Pedrera. Al oriente del Raudal se presenta un lineamiento con rumbo N30°E que parece una falla que enfrenta rocas cratónicas con la Formación Araracuara.

5.3 LINEAMIENTOS DE ORIENTACIÓN ENTRE NNO – SSE Y NNE – SSO

5.3.1 Fallas de Naquen y del Aque. Son fallas importantes de dirección aproximada Norte-Sur. Al parecer en la falla de Naquen ocurrió un movimiento relativo de elevación del bloque occidental y descenso del oriental. Así la formación Roraima al este enfrenta un bloque al oeste donde se encuentra erosionada.

En la falla del Río Aque el bloque Oriental de la Formación Roraima se encuentra levantado y sin cubierta, enfrentando un bloque occidental cubierto por ésta. Prácticamente estas dos fallas vienen a formar una dovela constituida por la Serranía de Naquén.

5.3.2 Falla del Querarí. El movimiento relativo es indeterminable debido a que se encuentran rocas del Complejo Migmatítico del Mitú, se presenta un sistema con

direcciones N70°W a N80°W, que afecta las rocas del cratón. En este sistema de fallas se encuentra una muy importante como la Falla de Puerto Colombia.

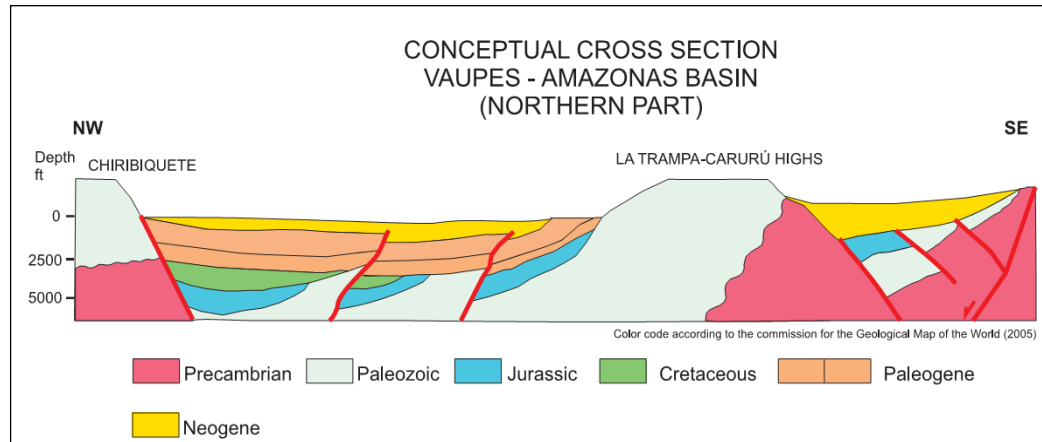


FIGURA 8. ANH, 2007. Corte estructural de la Cuenca Vaupés-Amazonas (Parte Norte), lineamientos NW-SE.

5.4 SINCLINAL DEL ARARACUARA

Es una estructura ligeramente asimétrica y amplia, de orientación más o menos norte-sur. El flanco este está muy bien expuesto a lo largo del cañón de Araracuara, en los rápidos de La Gamitana en el Río Yari. El flanco occidental constituye los estrechos de Angostura sobre el Río Caquetá entre Araracuara y el caserío Berlín. Ver figura 9.

5.5 SINCLINAL DEL CARURÚ

Localizado entre Mitú y Miraflores, es una estructura ligeramente asimétrica amplia y muy suave, de dirección noroeste, con el cierre sur cercano a Pacoa sobre el Río Apaporis. Los flancos de este sinclinal tienen un buzamiento muy suave.

5.6 SINCLINAL DE CUMARE

Esta estructura está ubicada al oeste de Berlín y el Cerro Cumare. Aparentemente es un sinclinal largo y asimétrico de orientación norte. El flanco oriental se extiende desde los rápidos de Santander y Huitoto, en el Río Yari hacia el Río Caquetá en el sur. El flanco occidental está probablemente hundido y localizado al este del Cerro Cumare.

5.7 ANTICLINAL DEL YARI

El anticlinal del Yari es un plegamiento asimétrico de dirección norte, cuyo eje va desde los rápidos de Santander y Huitoto en el Río Yari, hasta el Río Caquetá en el sur. El flanco oriental está localizado en el estrecho de Angostura, sobre el Río Caquetá, y el occidental hacia el oeste de Berlín. El eje del anticlinal, aparentemente se hunde hacia el norte, entre el Río Yari y la Serranía de Chiribiquete al sur de Dos Ríos.

5.8 ANTICLINAL DE UNILLA

Esta es una estructura asimétrica, muy suave localizada entre los sinclinales de Carurú y Araracuara. El eje se orienta hacia el noroeste entre Dos Ríos y el Río Unilla.

6. GEOLOGIA DEL PETROLEO

No son muchos los trabajos que se han realizado en este aspecto, teniéndose como limitante principal la poca actividad exploratoria en el área, la cual ha estado restringida principalmente a métodos gravimétrico y magnetométricos y a la perforación de un solo pozo estratigráfico (Vaupés-1).

6.1 ROCA GENERADORA

No hay estudios detallados sobre roca generadora para la Cuenca del Amazonas. Solo el estudio de Robertson para Amoco (1988), especula sobre las posibilidades que pueden tener los niveles arcillosos ricos en materia orgánica en el tope de la Formación Araracuara, así como los niveles de caliza devónica, al oeste de Araracuara, de comportarse como roca madre potencial, sin aportar datos que lo sustenten.

Para la Cuenca del Solimoes, Da Cruz Cunha y otros, (1988), Amaro F.A. (1988) y De Oliveira N., (1989) definen la lutita del Devónico como roca generadora la cual maduró desde el Pérmico-Triásico, con kerógeno tipo II, carbón orgánico hasta de 8% y un índice de alteración térmica, (I.A.T.) hasta de 3,4.

Rivadeniera M., (1988) concluye que las rocas de las Formaciones Santiago y Napo (Cretáceo), presentan las mejores características como generadoras para la Cuenca Amazónica Ecuatoriana. La primera, con carbón orgánico total (C.O.T.) 1.2 – 1.3% para lutitas y 1.98 – 18.62% para calizas, y reflectancia de vitrinita (Ro) entre 0.5 y 1.87% con un potencial generador de 2.95 Kg. De HC/TON R., y Napo, con COT: 1.04 – 2.5% en lutita y 14.6% en calizas, kerógenos tipo I y II en

el norte y centro oriental, y un incremento de madurez hacia el oeste-sureste. Según el % Ro, hacia el SO se encuentra en la etapa de generación.

6.2 ROCA RESERVORIO

En general, se considera que hacia la Cuenca del Amazonas, son las areniscas de la Formación Araracuara y las Areniscas Superiores las que mejores características de roca almacenadora presentan (Geocolombia 1986, Robertson 1988). Según Da Cruz Cunha, y otros, (1988), para el área del río Urucú, Cuenca del Solimoes (Brasil), son los cuerpos arenosos de las Formaciones Carauari (Paleozoico Superior) y Juruá (Mesozoico) los mejores reservorios, con porosidad entre 10 y 28% y permeabilidad hasta de 1500 md.

6.3 ROCA SELLO

No existen datos que proporcionen este tipo de información para el Amazonas. Sin embargo, las características de los sedimentos terciarios descritos les da la posibilidad de comportarse como buen sello. Hacia el área de Juruá, Cuenca del Solimoes, (Brasil), los sellos para las secuencias paleozoicas están representadas por niveles evaporíticos y lutíticos de esta misma edad.

6.4 TRAMPA

Los pocos estudios exploratorios en la Cuenca del Amazonas, no han definido claramente el tipo de trampa potencialmente existente. No obstante, las características del área permiten postular la existencia de trampas tanto de tipo estructural como estratigráfica para toda la secuencia sedimentaria.

Según Ramos B. (1989), las principales acumulaciones de hidrocarburos en la Cuenca del Solimoes, están relacionadas con alineamientos estructurales NE-SO que definen trampas de tipo anticlinal, afectado por fallas inversas, para la secuencia paleozoica. La migración se habría dado durante el Jurásico, a través de dichas fallas.

7. PETROGRAFIA

De los análisis realizados por la Geol. Alba Mesa en el estudio petrológico y dataciones radiométricas del pozo Vaupes-1R, se seleccionaron 12 muestras sedimentarias y una ígnea que fueron corazonadas aproximadamente a unos 5000 pies para realizarles análisis petrológico. Ver tabla 1. De las 12 muestras se destacan las principales características y las fotos correspondientes de las secciones delgadas de las muestras con profundidades 3612, 4448, 4810,25, 5160, 2715 y 1856,16 (ver anexos).

Muestra	Profundidad	Litología
1	1856,16	Arenisca
2	1857,66	Arenisca
3	2715,91	Arenisca
4	2848,33	Arenisca
5	3306	Arenisca
6	3612	Arenisca
7	3810,16	Arenisca
8	4448	Arenisca
9	4739	Arenisca
10	4810,25	Arenisca
11	4836,41	Arenisca
12	5051,16	Arenisca
13	5161	Anortocita

Tabla 1. Profundidades y Litologías de las muestras seleccionadas para análisis petrográfico del pozo Vaupes-1.

El estudio petrográfico mostro que la roca ígnea es una roca intrusiva holocristalina, compuesta por minerales como plagioclasa, olivino, piroxeno, horblenda, clorita como mineral de alteración y apatito, Augita e Ilmenita como minerales accesorios.

Las areniscas están formadas por granos de tamaño arena medio –fino y raras veces a grueso, moderadas a bien seleccionadas, la compactación es moderada y los contactos entre granos varían de puntuales a longitudinales.

El armazón de las areniscas esta compuesto en su mayor parte por granos de cuarzo y feldespato y en una cantidad menor plagioclasa y líticos ígneos. El porcentaje de cuarzo varia entre un 60%-80%, con abundancia de cuarzo monocristalino.

8. SÍSMICA

La información sísmica que se tiene se encuentra distribuida entre el Río Amazonas, Río Putumayo, Río Caquetá, Guaviare oriental, Guaviare Occidental para un total de 1500 Km. De sísmica 2D.

Los programas sísmicos reportados para esta zona son :

Putumayo River-73.(Texaco), Caquetá – 88(Shell), Mitú – Vaupés – 88 (Amoco 87-88), Ríos 91 (ECOPETROL).

Se cuenta también con un registro sísmico vertical VSP del pozo Vaupés-1 llevado a cabo para Amoco en 1998. Las velocidades obtenidas en este pozo fueron convertidas de tiempo a profundidad para interpretar las líneas sísmicas. Debido a la distancia entre el pozo y las líneas no se tiene control detallado sobre esta conversión.

INTERPRETACION SISMICA

Las líneas interpretadas fueron: RA-1991-03, RP-1991-14, RC-1991-01, las cuales pertenecen al programa Ríos 91(ver figuras 10, 11 y 12).

En la sísmica de estas líneas identificamos tres horizontes discordantes entre si, denominados del mas antiguo al mas reciente según la escala del tiempo geológico, basamento, calizas de Berlín y Areniscas Superiores.

Horizonte A:

Corresponde al basamento, los reflectores muestran amplitudes de onda menor a los del Horizonte C que corresponde a las Areniscas Superiores. Se encuentran en contacto discordante con la formación que la suprayace.

Horizonte B:

La secuencia de las Calizas de Berlín pueden reconocerse como un grupo de reflectores dispuestos en forma discordante al basamento. Los reflectores son horizontales, paralelos y se pueden seguir claramente.

Horizonte C:

Esta formado por un paquete de reflectores continuos que conforman las Areniscas Superiores, se encuentra en contacto discordante con las Calizas de Berlín, muestra reflectores claros y de amplitud considerable.

También se reconocen unos lineamientos locales de tipo normal e inverso (ver figura 10, línea RA-1991-03), que afectan las rocas Paleozoicas de la sección.

Esta capa de areniscas se podría dividir en dos: Areniscas Superiores basales y Areniscas Superiores del tope teniendo en cuenta la estratigrafía y composición litológica .

RA-1991-03

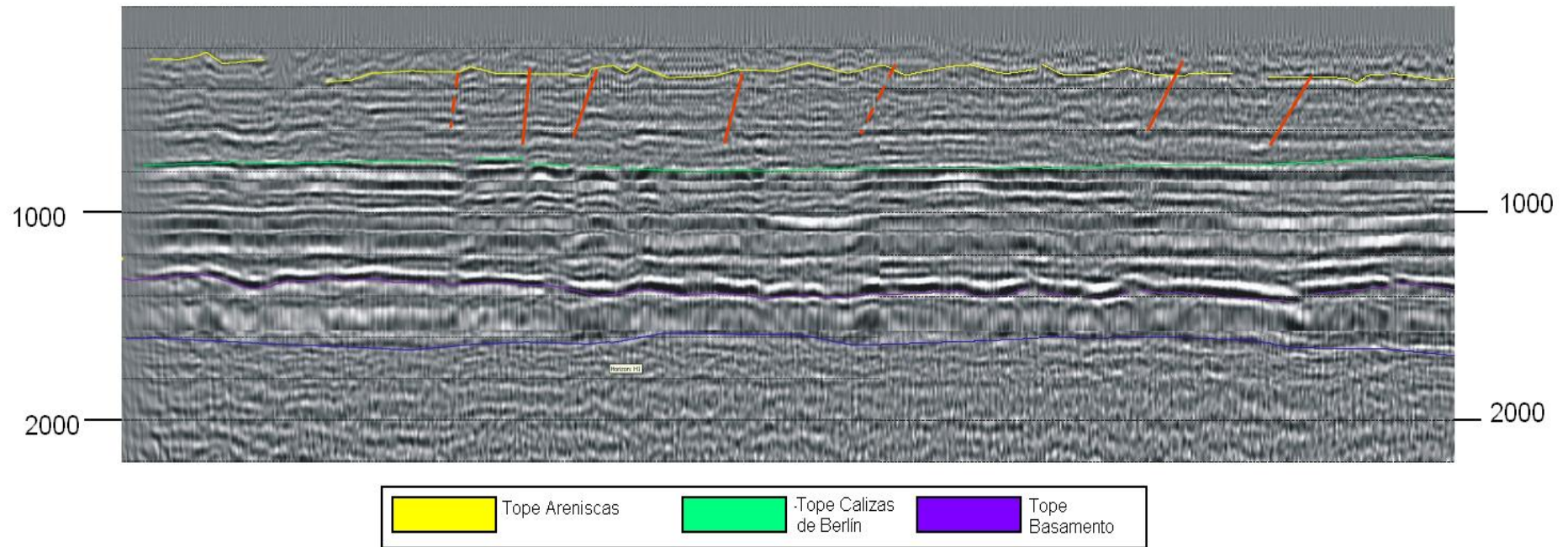


FIGURA 10. Linea sismica RA-1991-03

RP-1991-14

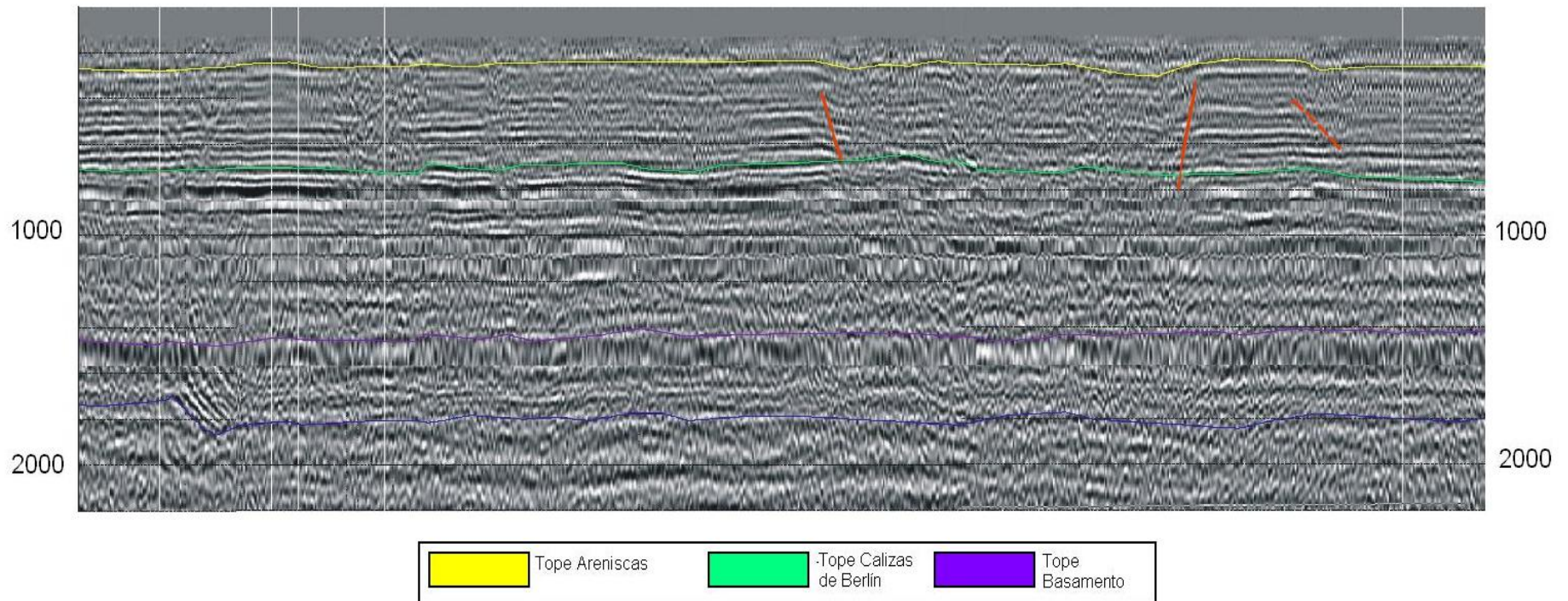


FIGURA 11. Línea sísmica RP-1991-14

RC-1991-01

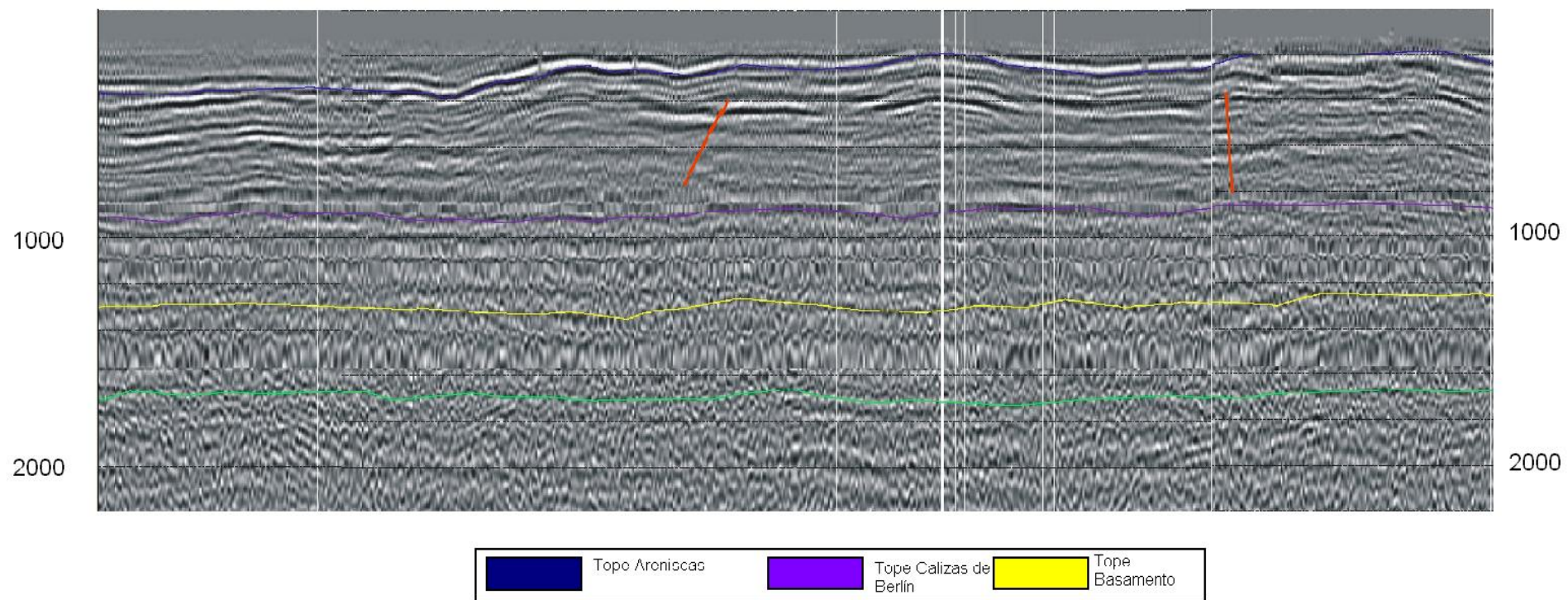


Figura 12. Línea sísmica RC-1991-01

9. CUENCA SOLIMOES

La Cuenca Solimoes es una productora de petróleo y gas. Esta cuenca limita con la Cuenca Amazonas Colombiana, en el presente trabajo se muestran las principales características de dicha cuenca debido a las similitudes que tienen estas cuencas entre si.

9.1 LOCALIZACION

La cuenca Solimoes es una cuenca Paleozoica intracratónica ubicada en la parte Norte de Brasil, tiene una extensión aproximadamente de 950.000 Km 2, de área sedimentaria total, limita al Norte con el escudo de Guayana, al Sur con el Escudo de Brasil, al Occidente con la Cuenca Acre que se encuentra separada por el Arco de Iquitos y al Este por la Cuenca Amazonas (Ver figura 13).

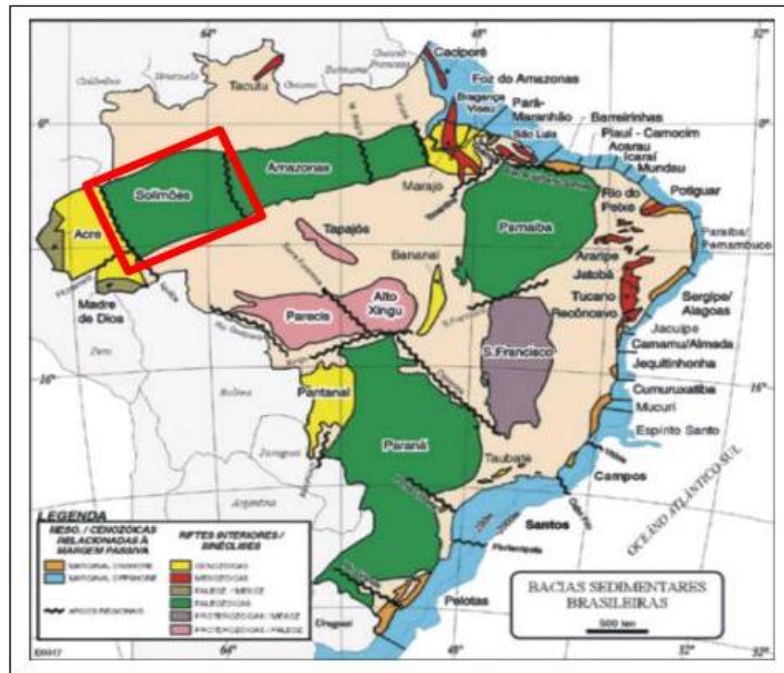


FIGURA 13. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitações Bacia Do Solimoes, Mapa localización Cuenca Solimoes.

9.2 ESTRATIGRAFIA

Esta cuenca se encuentra dividida en dos sub-cuencas por el Arco Caruari, la sub-cuenca Jandiatuba al Oeste y la sub-cuenca Juruá al Este. La subcuenca Juruá es la mejor conocida desde el punto de vista geológico y geofísico para la búsqueda de petróleo, en ella se encuentran los principales campos exploratorios de la Cuenca Solimoes (Clark, 2002), (Ver figura 14).

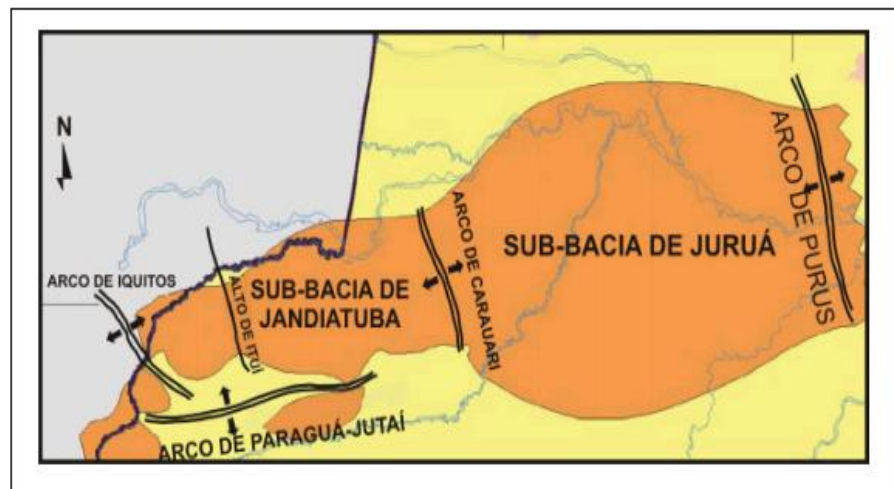


FIGURA 14. Pietrobron, M.O., Michelon, D., Vicecentelli, M.G., 2006. Mapa de localización de las Sub-cuencas jandiatuba y Juruá en la cuenca Solimoes.

Las principales secuencias estratigráficas de la Cuenca Solimoes se han definido gracias a la evaluación litoestratigráfica realizada por Eiras et al. (1994), basado fundamentalmente en Silva (1998). (Ver figura 12 de la secuencia).

Se tienen dos secuencias de 1er orden, Paleozoica, Mesozoica/Cenozoica, La secuencia Paleozoica esta formada por cuatro secuencias de 2do orden (Ordovícico Inferior, Silúrico Superior-Devónico Inferior, Devónico Medio-Carbonífero Inferior y Carbonífero Superior-Pérmico Inferior) y la secuencia Mesozoica/Cenozoica por dos secuencias de 2do orden (Cretácico y Terciario-Cuaternario) (Becker, 1997). Las rocas sedimentarias Paleozoicas

corresponden las formaciones Benjamín Constant, Jutaí, el Grupo Marimari (Formación Uere y Jandiatuba), Grupo Tefe (Formaciones Juruá, Caruari y Fonte Boa). La secuencia Pos-Paleozoicas esta representada por el Grupo Javari (Formación Alter do Chao y Formación Solimoes).

El Paleozoico se muestra intruído por tres cuerpos principales, de sills diabásicos, que se encuentran cortando la secuencia evaporítica uniformemente.

El evento magmático responsable de esas intrusiones tuvo lugar aproximadamente hace 220 Ma, coincidiendo con el evento magmático Penatecaua, con el cual se dio la apertura del Océano Atlántico Norte. Con la apertura del Océano Atlántico Sur durante el Neojurasico la región NO de América del Sur es sometida a esfuerzos horizontales compresivos de gran magnitud, causando así el megacizallamiento de la Cuenca Solimoes (Caputo y Silva, 1990). Este tectonismo fue el responsable de la formación de las trampas estructurales de la cuenca.

9.2.1 Formación Prosperança. Según Silva (1987), se limita en la parte occidental de la Cuenca Solimoes, en cercanías de la región del Arco de Purus, siendo más notable en la Cuenca del Amazonas. La litología más común son los conglomerados compuestos por guijarros de cuarcita, cuarzo y rilolitas con diámetros que varían de 1 a 25 cm. Los sedimentos presentan coloraciones oscuras debido a la película ferruginosa que los cubre.

La formación Prosperança, alcanza aproximadamente 5000 metros de espesor y tiene como contacto discordante con las Formaciones Uerê, Urucu y Juruá (discordancia angular).

9.2.2 Benjamín Constant. Silva (1987), la edad de esta formación es del Ordovícico, su litología son areniscas cuarzosas de cemento silíceo , con variedad en el tamaño de grano mal seleccionadas y que presenta

estratificación tanto plano-paralela como cruzada en la parte basal. La depositación de estos sedimento se debió a una trasgresión marina.

9.2.3 Formación Jutaí. Esta compuesta por areniscas gruesas a conglomeráticas, cuarcitas, mal seleccionadas. La depositación de los sedimentos se dio durante un evento transgresivo en un ambiente marino proximal (ver figura 12).

9.2.4 Formación Jandiatuba. Según Silva (1987), la litología de esta formación comprende arcillas de dos tipos , uno micropiritoso, síliceo, con laminación incipiente y con bajo contenido de materia orgánica. Y otro carbonoso, también piritoso con alto contenido de materia orgánica. A Su vez esta formada por areniscas síliceas finas a muy finas. Los sedimentos se depositaron en un ciclo transgresivo en la parte basal, y hacia la parte superior por un ciclo regresivo.

9.2.5 Formación Uerê. Silva(1987) la litología comprende rocas síliceas con material arcilloso, con altos valores de resistividad. Los sedimentos fueron depositados por efectos de una glaciación.

9.2.6 Miembro Urucu-Araúá. Según dataciones realizadas la edad es del Frasniano. Su litología son areniscas cuarzosas y feldespáticas, de tamaño de grano medio a grueso, bien seleccionadas y con buena porosidad. Los depósitos se formaron por barras de marea en un ambiente marino costero.

9.2.7 Miembro Jaraquí. Denominada por Silva (1987) como Formación Jaraquí, su sección tipo esta entre los intervalos de 2743 a 2768 metros en el pozo nº 1 (1-JI-1-AM). Compuesta por areniscas de tamaño de grano grueso cuarzofeldespáticas, mal seleccionadas con estratificación plano-paralela, cruzada y tabular. Su espesor puede llegar aproximadamente a los 50m.

9.2.8 Formación Juruá. Es la principal roca reservorio de la cuenca, su sección tipo se encuentra en el intervalo entre 2626 a 2746 metros en el pozo Juruá nº 1. Se diferencian cuatro litologías diferentes:

- 1) Areniscas conglomeráticas de tamaño de grano medio a grueso, mal seleccionadas, con estratificación cruzada.
- 2) Areniscas de tamaño de grano fino a muy fino, bien seleccionada, con presencia de estratificación cruzada.
- 3) Areniscas Silíceas con estratificación cruzada.
- 4) Areniscas finas con bioturbación, grietas de desecación, estructuras flaser y estructuras hummocky.

9.2.9 Formación Caruari. Esta formación tiene su sección tipo en el intervalo entre 1570 a 2552 metros en el pozo caruarí nº 1 (1-CI-1-AM). Se encuentra marcada por la presencia de carbonatos. Su litología comprende areniscas medias, areniscas cuarzosas, micritas, calcarenitas y anhidritas. Los sedimentos fueron depositados en ambiente marino restringido.

9.2.10 Formación Fonte Boa. Esta formación es del Pérmico Superior, La litología comprende, areniscas silíceas, areniscas finas a muy finas, arcillas, anhidritas, puede llegar a tener un espesor de 377 mts.

Los sedimentos de esta formación fueron depositados por flujos de agua salina en un ambiente lacustre.

9.2.11 Formación Alter do Chão. La litología comprende areniscas finas, caolinitas, arcillas de color rojo laminadas, conglomerados con guijarros de cuarzo. Se encuentra en contacto con depósitos del Cuaternario a lo largo del Río Amazonas, donde los sedimentos están cubiertos por sedimentos finos y bien consolidados. El espesor puede llegar a ser de unos 1250 mts.

9.3 GEOLOGIA ESTRUCTURAL

La Cuenca Solimoes presenta estructuras plegadas como anticlinales asimétricas en los que se da acumulación de petróleo (ver figura 20) y fallas inversas en sentidos NE-SW y NW-SE. Las estructuras que se destacan en esta cuenca son: Arco de Carauari, Trend do Jurua, Trend do Urucu, Trend do Jandiátuba y Trend do Jutuai (ver figuras 16 y 17).

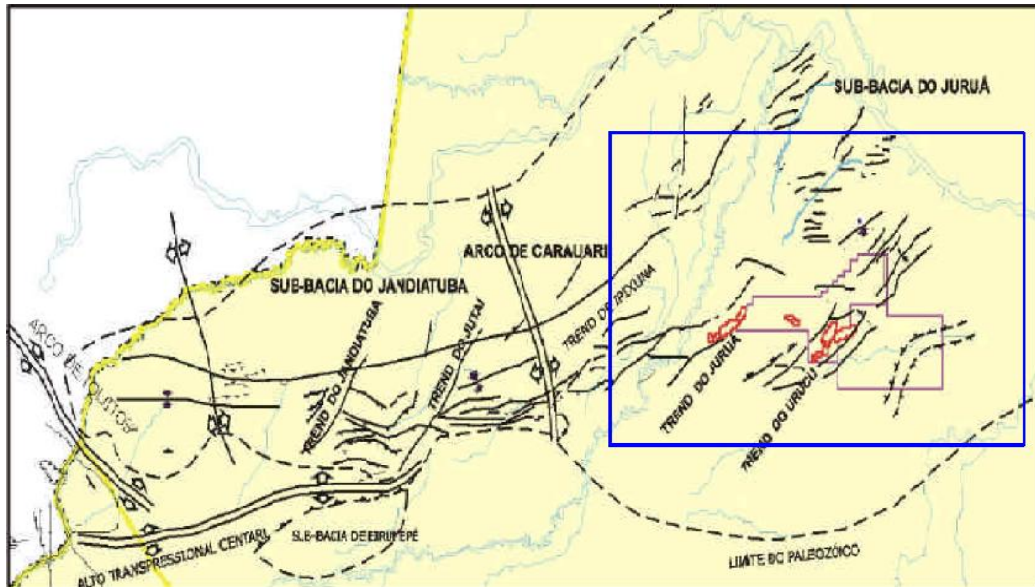


FIGURA 16. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa estructural de la Cuenca Solimoes.

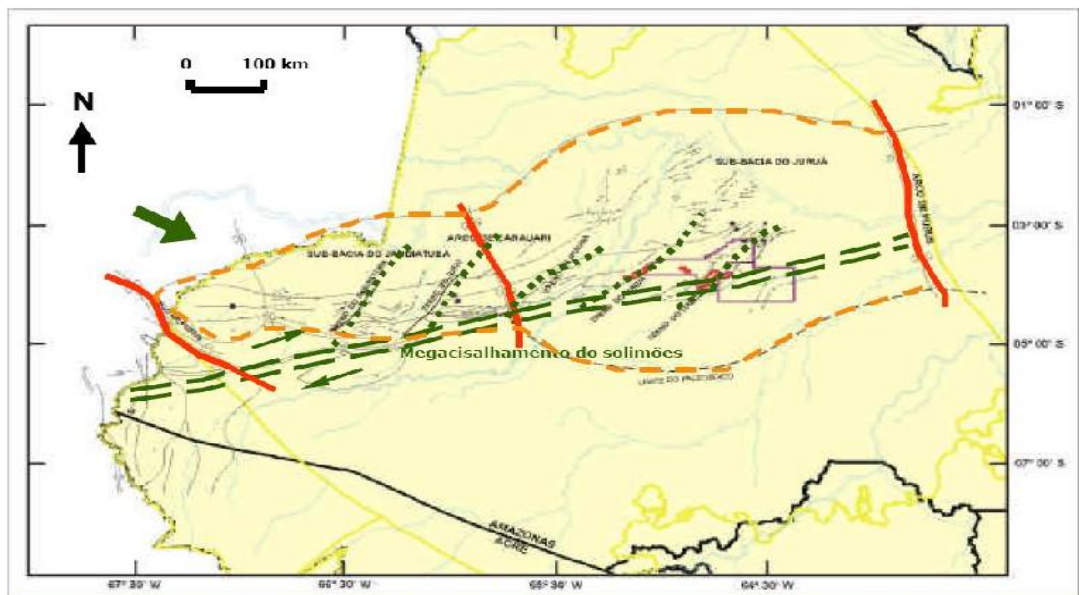


FIGURA 17. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa estructural de la Cuenca Solimoes.

9.4 SISTEMA PETROLIFERO DE LA CUENCA SOLIMOEES

Dos sistemas petrolíferos son identificados en la Cuenca, Jandiatuba-Juruá (!) y Jandiatuba-Uere (.), siendo el primero el mas importante, con el 99,8% de las acumulaciones comerciales.

La Cuenca de Solimoes sufre la influencia de un evento ocurrido en el mesozoico conocido como la Tectónica de Juruá, este evento contribuyo para la formación del sistema petrolífero mas importante de la Cuenca Solimoes el Jandiatuba-Jurua (!), este evento transgresivo es el responsable de la reactivación de estructuras generadoras como los pliegues anticlinales y las fallas inversas.

Este evento tectónico afecto las capas Paleozoicas de la cuenca, así como a las capas que se depositaron después de este, como las del Cretácico, Terciario y Cuaternario que se encuentran deformadas. Las rocas Paleozoicas que afloran se encuentran intruídas por diques y sills diabásicos que influyen fuertemente en la evolución térmica de la materia orgánica contenida en la roca generadora y en el petróleo concentrado en la roca reservorio compensando así la baja efectividad de la sobrecarga y el bajo gradiente geotérmico .

9.4.1 Roca Madre. Tiene como roca madre principal los shales Devónicos radiactivos de la Formación Jandiatuba que presentan características de TOC máx.: 8.25% y con espesores máximo de 40-50m (ver figura 18).

La roca madre secundaria son los shales Devónicos del Miembro Jaraqui con porcentajes de TOC: 0.65-1.45% y los shales silíceos de la Formación Uere con porcentajes de TOC que varían entre 1.48-3.07%.

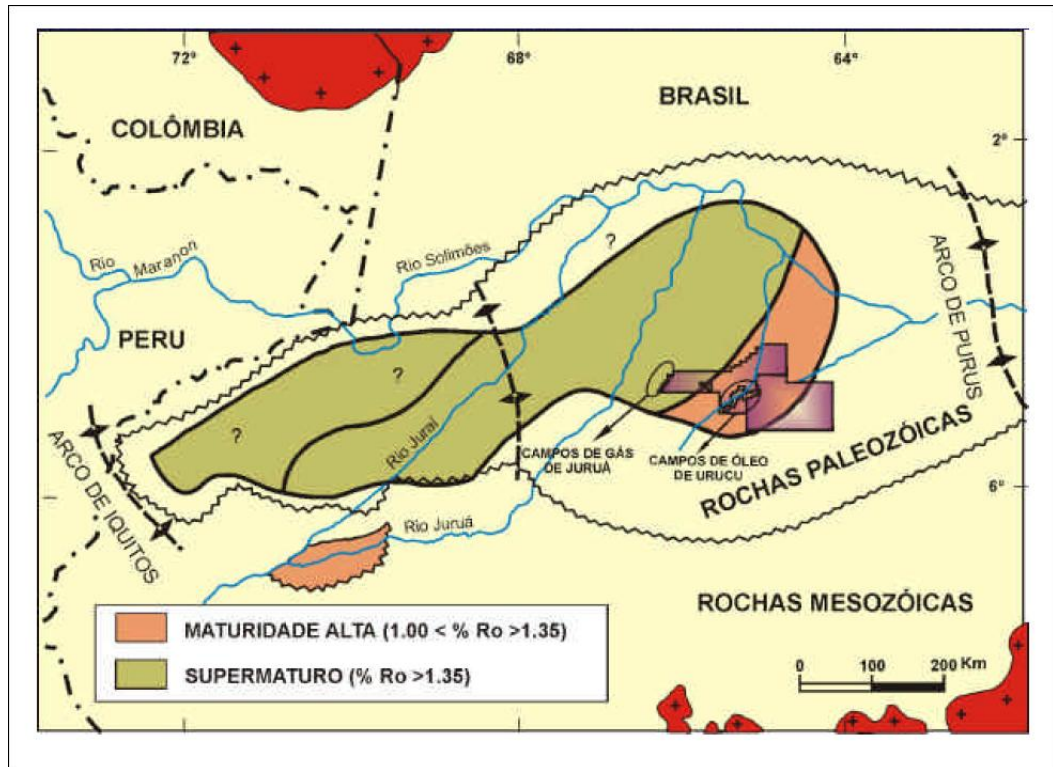


FIGURA 18. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Mapa de maduración de la Formación Jandiataba.

9.4.2 Roca Reservorio. Las areniscas de la Formación Juruá actúan como roca reservorio (ver figura 19) en esta misma cuenca siendo de un ambiente eólico en el tope de la sección, estas areniscas presentan porcentajes de porosidad por encima de 22.5% y permeabilidades de 100 a 320 mD. En la parte basal son de ambiente y fluvio-deltaico con porosidades de 9-11% y permeabilidad de 1-350 mD.

9.4.3 Roca Sello. A su vez las calizas presentes en la Cuenca de Solimoes corresponden a Evaporitas (anhidrita y halita) de la formación Juruá de ambiente fluvio-eólico y marino y Formación Caruari del Carbonífero las cuales actúan como sello en dicha cuenca (ver figura 19).

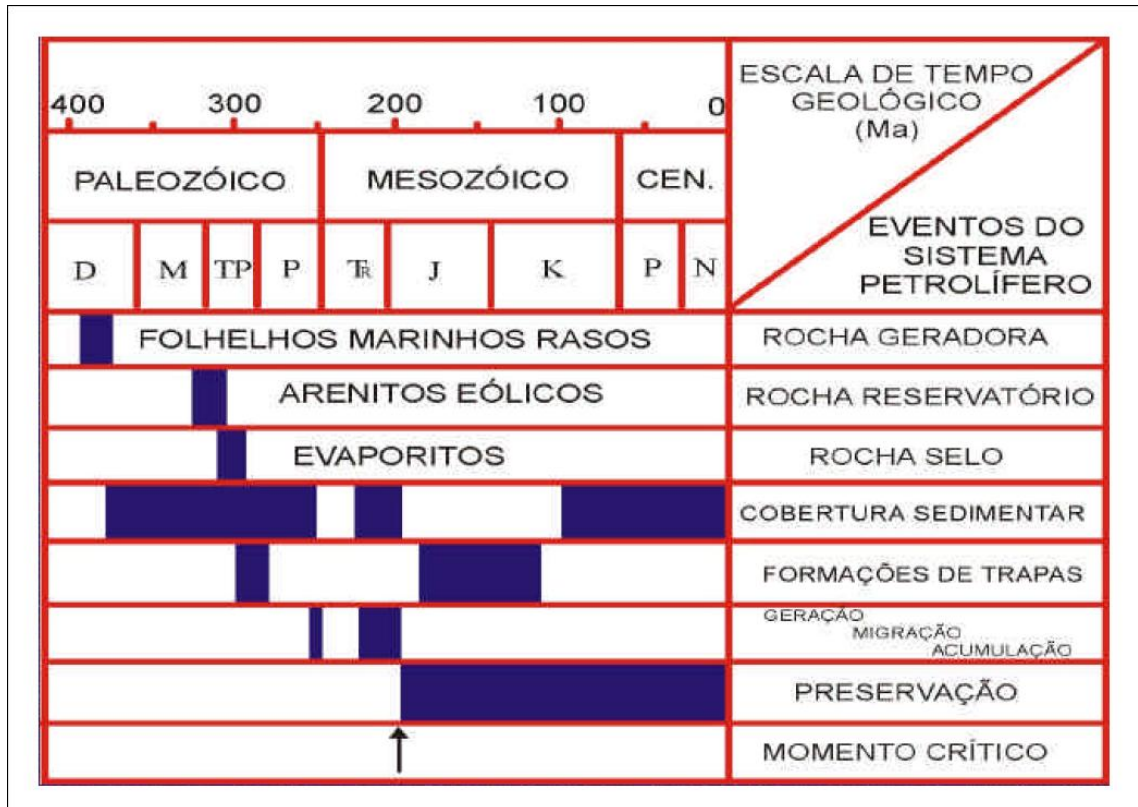


FIGURA 19. Furtado, Cleber. Caputo, Vicente. GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA BACIA DO SOLIMÕES. O “ESTADO DA ARTE”. Carta de eventos del Sistema petrolífero de la Cuenca Solimoes, 2007.

9.5 ACUMULACION Y MIGRACION

El sistema petrolífero de la cuenca solimoes presenta un tipo de trampa estructural, la migración ocurre a través de los planos de fallas inversas y la acumulación se da en anticlinales asimétricos. Estas trampas son las responsables de la acumulación de gas, petróleo y condensado (ver figura 17).

Estas fallas inversas presentan ángulos altos y direcciones NE-SW y NW-SE se desarrollan a lo largo de un mega cizallamiento dextrógiro ENE-WSW que corta la cuenca en casi toda su extensión. Además estos pliegues y fallas son estructuras de segundo orden formadas por esfuerzos compresivos.

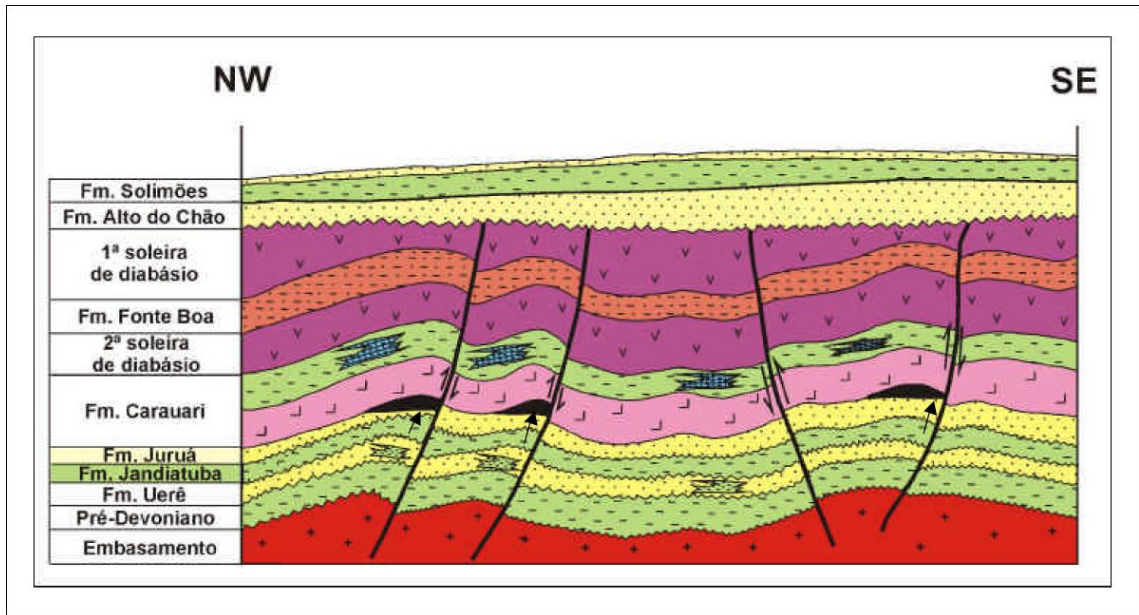


FIGURA 20. Ribeiro, R.B, Lima, T.C.S. EVIDÊNCIA DA TECTÔNICA DO JURUÁ EM LINHAS 2D REPROCESSADAS DA BACIA DO SOLIMÕES. Modelo de acumulación Cuenca Solimoes, 2007.

9.6 SISMICA CUENCA SOLIMOEES

La cuenca Solimoes por ser productora actualmente de petróleo y gas cuenta con estudios geofísicos que permiten conocer la sísmica de esta cuenca, entre estos los datos administrados por la Agencia Nacional de Petróleo (ANP).

Las líneas sísmicas de la Cuenca Solimoes (ver figuras 22 y 23) hacen parte de los bloques BT-SOL-1 y BT-SOL-2(ver figura 21) que se encuentran ubicados en la parte Norte de la Cuenca de Solimoes en la sub-cuenca Juruá.

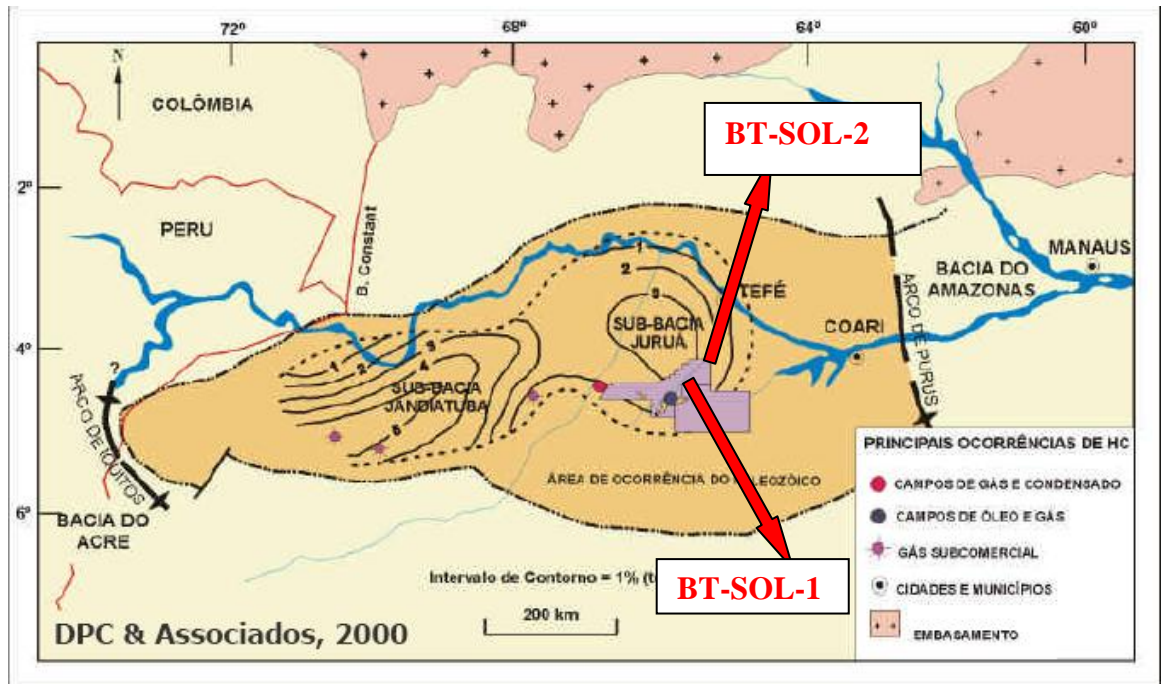


FIGURA 21. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitaciones Bacia Do Solimoes, Localización de los Bloques BT-SOL.2 y BT-SOL-1.

Las Líneas sísmicas 212-RL-212 y 254-RL-0011 de la Cuenca Solimoes muestran cierta homogeneidad a lo largo de la sección, los contactos son discordantes entre las formaciones, sus reflectores sísmicos son marcantes, se observa La presencia de fallas inversas. (ver figuras 22 y 23).

Las Fallas de las líneas de la Cuenca Solimoes van desde el basamento hasta el pre-cretaceo.

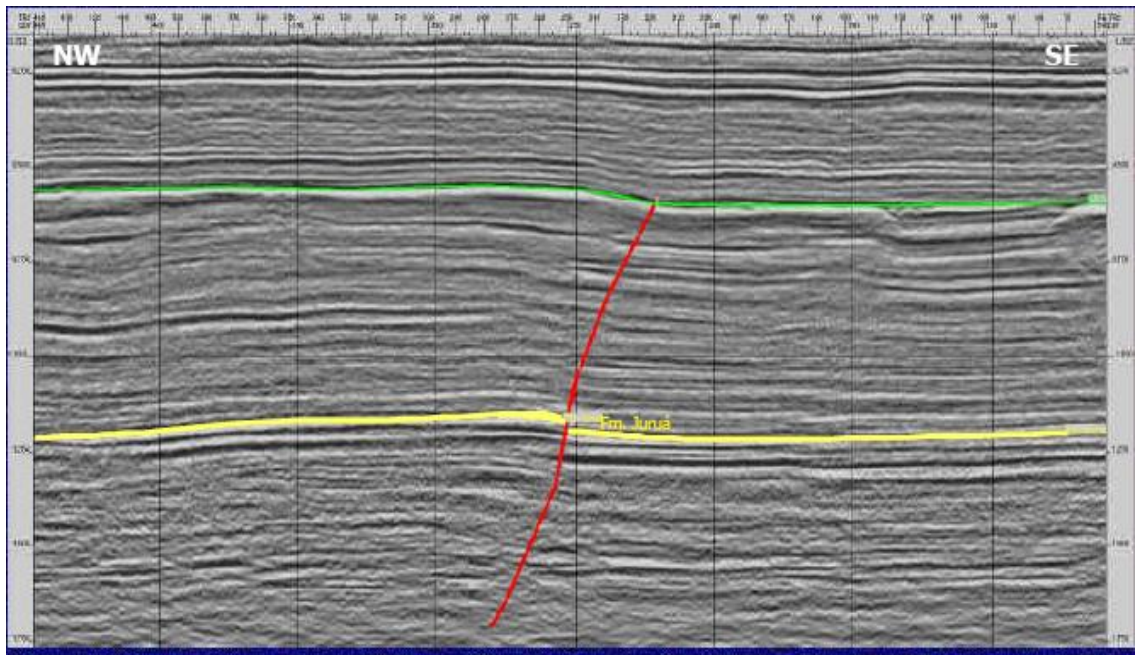


FIGURA 22. . Clark Joao, Quarta Rodada de Licitações Bacia Do Solimoes, Linha sísmica 212-RL-212 de la Cuenca de Solimoes.

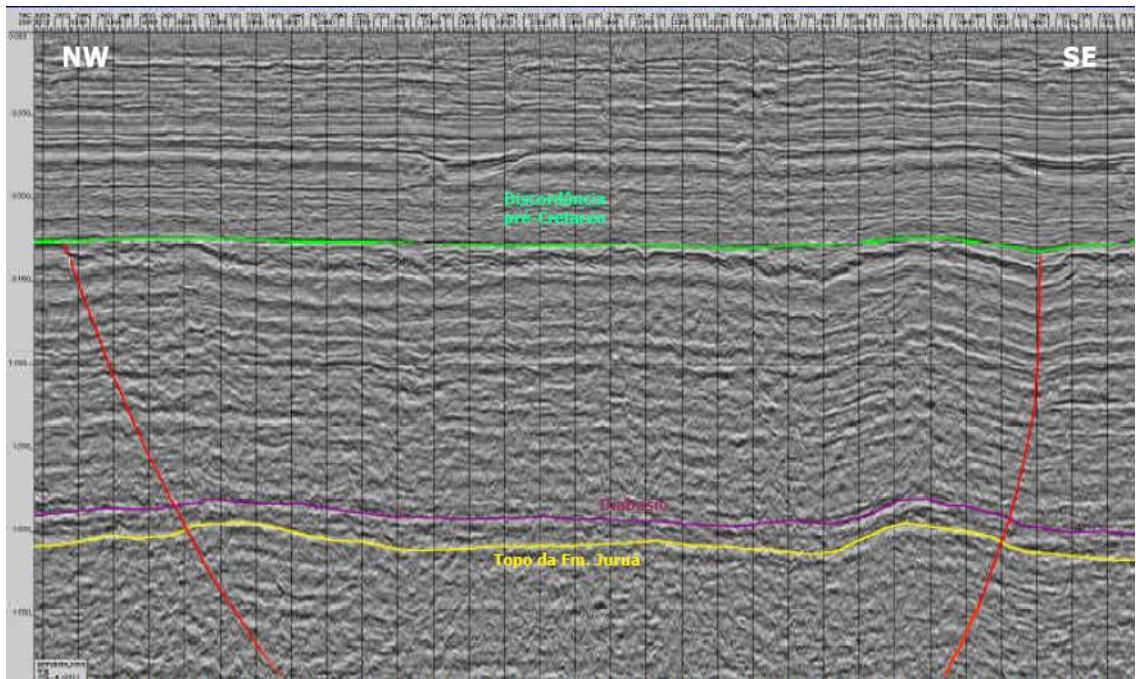


FIGURA 23. Clark Joao, Quarta Rodada de Licitações Bacia Do Solimoes, Linha sísmica 254-RL-0011 de la Cuenca de Solimoes.

CONCLUSIONES

La Interpretación de las líneas sísmicas de la Cuenca Solimoes muestra fallas inversas, discordancias entre las formaciones Paleozoicas Inferiores y Paleógenas – Neógenas, reflectores continuos hacia el tope de la secuencia, con amplitudes considerables en unas zonas al sur de la cuenca y en otras más baja hacia el norte. Características semejantes a las interpretadas en las líneas de la Cuenca Amazonas (RA-1991-03, RP-1991-14), RC-1991-01) donde además se observan lineamientos regionales y canales.

Dada la baja resolución de la Sísmica en la Cuenca Amazonas no se observa con claridad que las fallas afecten el basamento, pero con la similitud existente entre esta cuenca y la Solimoes se podría inferir que las fallas en la Cuenca Amazonas también afecta el basamento.

El Sistema Petrolífero de la Cuenca Amazonas esta completo, actuando como Roca Generadora las Calizas de Berlín, areniscas de grano grueso y limonitas como Roca Reservorio y Roca Sello respectivamente, correspondientes a las Areniscas Superiores; la trampa son de tipo estructural, y están constituidas por fallas normales con componente de rumbo, que afectan la secuencia del Paleozoico Inferior.

El potencial de Hidrocarburos en la Cuenca Amazonas se considera bueno puesto que los elementos y procesos del sistema petrolífero parecen estar completos, siendo de especial interés las zonas correlacionables con los horizontes productores de la cuenca adyacente de Solimoes, en la cual hoy en día se encuentran campos con producción de crudo y gas.

RECOMENDACIONES

Realizar la sísmica de la Cuenca Amazonas, para obtener líneas sísmicas con mejor resolución y contar con mayor información sísmica.

Realizar modelamiento geoquímico 1D y 2D de la cuenca, para esto se necesitaría tener datos de TOC, Ro e interpretaciones de líneas sísmicas.

Obtener registros litológicos (SP Y GR), estructurales (Dipmeter) y Check Shots. En varias áreas de la cuenca para tener un adecuado control en la migración de líneas a profundidad.

Recolección de muestras de las Calizas de Berlín y Areniscas Superiores para realizarles análisis geoquímicos (% TOC, %Ro)

BIBLIOGRAFIA

Amoco (1998). Dataciones radiométricas, petrografía e historia térmica sobre muestras de corazones. *Ecopetrol*, A. 3.

ARANGO, J. y PONCE, A. 1980. Reseña explicativa del mapa geológico del departamento de Nariño. INGEOMINAS. Informe 1818. Bogotá. P. 37.

Barata, C.F., Caputo, M.V., 2007. GEOLOGIA DO PETRÓLEO DA BACIA DO SOLIMÕES. O “ESTADO DA ARTE”: Universidad Federal do Para.

Bogotá, R. J. (1982). Estratigrafía del Paleozoico inferior en el área Amazónica de Colombia, *Geol. Norandina*, 6: 29-38, Bogotá.

Clark, J., 2002. Bacia do Solimões. Quarta Rodada de Licitação– Superintendência de Definição de Blocos. Seminário Jurídico/Fiscal e Workshop Técnico da Quarta Rodada de Licitações. Petrobrás.

Córdoba, F.I., González, J.A., Meneses, M., Ruge, P., 1992. Proyecto Rio Guaviare y Cuenca del Amazonas: Informe de compilación y evaluación técnica.

Corpoamazonia., 2009, Departamento del Amazonas. Disponible en www.corpoamazonia.gov.co .

ECP, 1996. Evaluación Geológica regional de la Cuenca del Amazonas: Atlas: Base de datos GIGHC.

Elias, R.D., Ros, L.F., Figueiras, J.M., 2002. Diagenetics Control Upon the Quality of Giant Gas Reservoirs of Brazilian Amazonian: AAPG anual meeting, Houston, Texas.

Forero, H., 1985. Principales aspectos geológicos y mineros de la Amazonia Colombiana: Informe geológico No. 1284, p. 52-56.

Gálvis, J., Huguet, A., Ruge, P. 1979. Geología de la Amazonia Colombiana: Boletín geológico v. XXII, No. 3, p.23-81.

Geyer, O. (1982). Comparaciones estratigráficas y faciales en el Triásico Norandino. *Geol. Norandina*, 5: 27-31, Bogotá.

Hoorn, C., 1993. Marine incursions and influence of Andean tectonics on the Miocene depositional history of northwestern Amazonian: results of a palynostratigraphic study. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, v. 105, p. 267-309.

Ingeominas., 1983. Mapa de terrenos Geológicos de Colombia: Publicación No.14. Disponible en www.geomaps.files.wordpress.com/2008/01/terrenos.pdf

Jahoda, J.C., Ohearn, D.L., 1975. The reluctant Amazon Basin. P. 27-28.

Mesa, A. 2000. Estudio petrologico y dataciones radiométricas del pozo Vaupes-1R.

Ochoa, D., 2007. Palinología de los depósitos fluviales de la sección agua negra e implicaciones en la geología del NW de la Cuenca Amazónica.

Pietrobon, O., Michelon, D., Vicentelli, M.G., 2006. MODELAGEM CINEMÁTICA DA DEFORMAÇÃO DO JURUÁ, BACIA DO SOLIMÕES: Rio oil and gas 2006.

Pietrobon, M.O., 2006. MODELO ESTRUTURAL DA SUB-BACIA DO JURUÁ (BACIA DO SOLIMÕES/AM), BASEADO EM INTERPRETAÇÃO DE DADOS SÍSMICOS E INFLUÊNCIA DA TECTÔNICA PRÉ-ANDINA NA GERAÇÃO DE

TRAPAS: Instituto de Geociências e Ciências Exatas – UNESP, campus de Rio Claro, Monografia, p. 12-63.

Ribeiro, R.B., Lima, T.C.S., 2007. EVIDÊNCIA DA TECTÔNICA DO JURUÁ EM LINHAS 2D REPROCESSADAS DA BACIA DO SOLIMÕES.

Robertson Research Ltda., 1988. Geological reconnaissance of the Colombian Amazonas área: ECOPETROL, Informe geológico, No. 1781, v. 1.

Silva, O.B., 1987. Análise da Bacia do Solimões (revisão litoestratigráfica, magmatismo e geoquímica). Dissertação (Mestrado em Geociências)- Departamento de Geología, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto.

SINCHI., Geología de la Amazonia Colombiana. Disponible en www.sinchi.org.co/a5-swf .

Vesga, J., Castillo, L., 1972. Reconocimiento geologico y geoquimico preliminar del Rio Guaviare, entre la confluencia con los Rios Ariari e Iteviare: Informe No. 1631, Ingeominas, Bogota.

ANEXOS

A. Profundidad:3612 pies Aumento 2,5X Nicoles.PPL

Arenisca de grano fino a medio, bien seleccionada con buena porosidad.

B. Profundidad:4448pies Aumento 4X Nicoles.PPL

Arcosa de tamaño de grano medio, bien seleccionada.En esta profundida se observa aumento del feldespatos.

C. Profundidad:4810,25pies Aumento 4X Nicoles.PPL

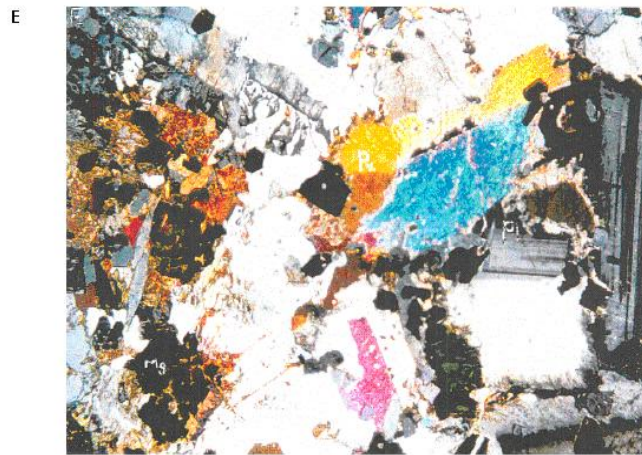
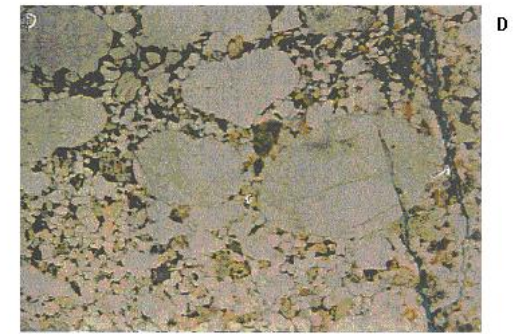
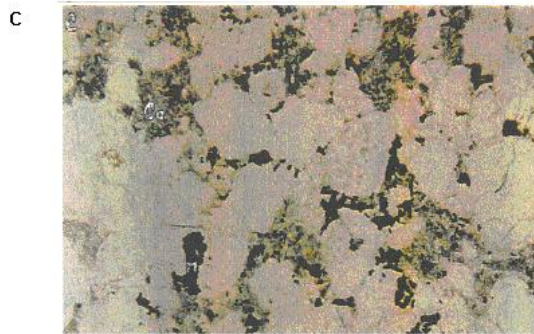
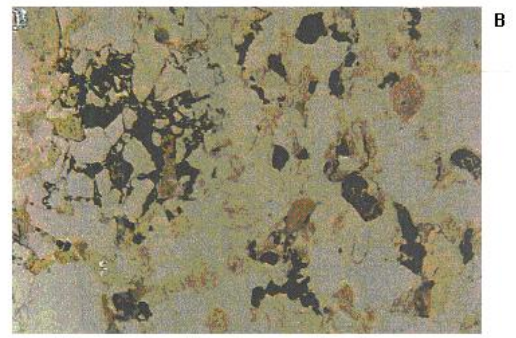
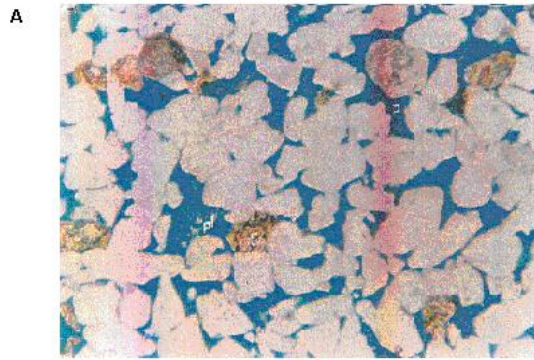
Cuarzoarenita de tamaño de grano medio, bien seleccionada, calcita como cemento .

D. Profundidad:4836,3pies Aumento 4X Nicoles.PPL

Subarcosa de tamaño de grano fino, mal seleccionada, con granos redondeados.

E. Profundidad:5160pies Aumento 4X Nicoles.XPL

Cristales de piroxeno y plagioclasa como minerales principales y magnetita como mineral accesorio.



A. Profundidad:2715pies

Aumento 4X

Nicoles.PPL

Arcillolita en la que se diferencian laminillas de cuarzo y mica, se presentan laminillas de arcilla con presencia de oxidos de hierro.

B. Profundidad:2715pies

Aumento 4X

Nicoles.PPL

Arenisca de tamaño de grano fino a medio, moderadamente seleccionada, cuarzo como material cementante.

C. Profundidad:1856,16pies

Aumento 2,5X

Nicoles.PPL

Subarcosa de tamaño de grano fino, bien seleccionada, se observa cuarzo y feldespatos.

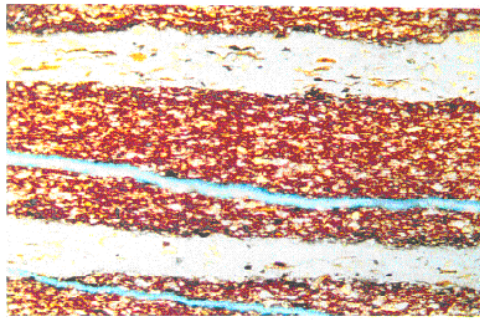
D. Profundidad:1856,16pies

Aumento 2,5X

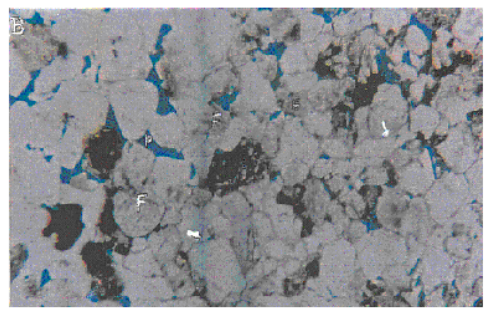
Nicoles.PPL

Es la misma foto anterior pero en nicoles cruzados con un delgado abrigo de arcilla, responsable de la preservación de la porosidad.

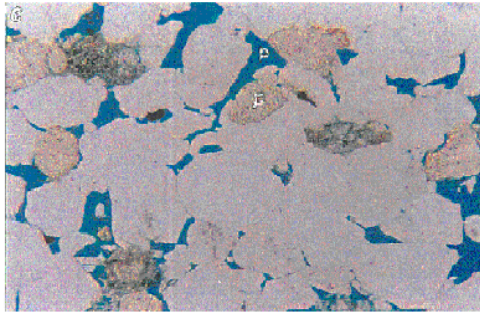
A



B



C



D

