



**LOCALIZACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS  
CUENCA CAUCA-PATIA**

**CONTRATO No. 055 de 2007  
LOCALIZACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS EN CADA UNA DE LAS  
SIGUIENTES CUENCAS: CHOCÓ, CESAR-RANCHERÍA, SINÚ (ZONA SUR),  
CAUCA-PATÍA, LLANOS ORIENTALES Y CAGUÁN**

**PRESENTADO POR:**



**GEOCONSULT LTDA**

**DICIEMBRE 12 DE 2007**

## TABLA DE CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS .....	3
LISTA DE TABLAS .....	4
INTRODUCCIÓN .....	5
1. OBJETIVO .....	6
2. LOCALIZACIÓN.....	7
3. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA UTILIZADA.....	8
4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL .....	11
4.1 EVOLUCION DE LA CUENCA .....	11
4.2 PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES.....	11
4.3 ESTRATIGRAFÍA .....	16
4.3.1 Subcuenta del Patía.....	18
4.3.2 Subcuenta del Cauca.....	19
4.4 SÍSTEMA PETROLÍFERO .....	20
4.4.1 Roca Generadora. ....	20
4.4.2 Roca Almacenadora. ....	20
4.4.3 Roca Sello.....	21
5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL.....	22
5.1 SUBCUENCA DEL CAUCA .....	22
5.2 SUBCUENCA PATIA .....	25
6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS.....	28
6.1 POZO PATÍA ESTRATIGRÁFICO-1 .....	30
6.2 POZO PATÍA ESTRATIGRÁFICO-2.....	33
7. PROGRAMA DE PERFORACION.....	34
7.1 POZO PATIA ESTRATIGRÁFICO-1 .....	34
8. INCERTIDUMBRES.....	37
9. CONCLUSIONES .....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
<b>Figura 1.</b> Localización de la Cuenca Cauca Patía	7
<b>Figura 2.</b> Información sísmica disponible subcuenca del Cauca	9
<b>Figura 3.</b> Información sísmica disponible subcuenca del Patía	10
<b>Figura 4.</b> Mapa geológico Cuenca Cauca-Patía	12
<b>Figura 5.</b> Evolución geológica regional Cuenca Cauca Patía	13
<b>Figura 6.</b> Mapa de estructuras Cuenca Cauca Patía	14
<b>Figura 7.</b> Interpretación estructural subcuenca Patía	15
<b>Figura 8.</b> Carta de correlación cronoestratigráfica Cuenca Cauca Patía	17
<b>Figura 9.</b> Cortes estructurales subcuenca del Cauca	23
<b>Figura 10.</b> Línea Sísmica V-81-1080A, subcuenca del Cauca	24
<b>Figura 11.</b> Perfil Geosísmico línea CP-90-1450	26
<b>Figura 12.</b> Columna estratigráfica generalizada Cuenca Patía	27
<b>Figura 13.</b> Localización de los pozos Patía Estratigráfico-1 y 2	28
<b>Figura 14.</b> Localización de los pozos Patía Estratigráfico-1 y 2	29
<b>Figura 15.</b> Registro de velocidad pozo Candelaria-1	31
<b>Figura 16.</b> Estado Mecánico y Prognosis Pozo Patía-Estratigráfico 1	36

## LISTA DE TABLAS

	Pág.
<b>Tabla 1.</b> Topes de formación de los pozos perforados, subcuenca del Cauca	25
<b>Tabla 2.</b> Prognosis de las unidades litológicas, litologías y profundidades, pozo Patía Estratigráfico-1	32
<b>Tabla 3.</b> Prognosis pozo Patía Estratigráfico 1	32

## INTRODUCCIÓN

Cauca Patía es una cuenca que se ha mantenido marginada del proceso exploratorio en Colombia. Stutzer (1926), realiza los primeros estudios geológicos en la cuenca y la divide en tres zonas de acuerdo con su morfología y distribución de sedimentos en superficie: el trayecto Cartago-Cali, el altiplano ondulado de Popayán y el valle del río Patía. Los estudios de Stutzer, 1926, fueron seguidos por Grosse en 1935, quien detalló la geología del sur de Colombia. Posteriormente, los levantamientos de superficie fueron adelantados por Ingeominas en desarrollo de la cartografía de las planchas geológicas del área. De estos estudios se derivaron expectativas de explotación de carbones en el Valle, pero ninguna referencia se encuentra sobre posibilidades de acumulación de hidrocarburos en el subsuelo.

A pesar de que los primeros descubrimientos y estudios de exploración de hidrocarburos en Colombia se iniciaron en las primeras décadas del siglo XX, tan solo en la década del 60 se realizaron los primeros estudios magnetométricos y de sísmica en la Cuenca Cauca Patía. Posteriores evaluaciones y estudios geológicos realizados principalmente por ECOPETROL, muestran que esta joven cuenca de sedimentos replegados y fuertemente afectados por una tectónica de cabalgamiento sigue siendo esquiva al proceso exploratorio, pues tan sólo cinco pozos se han perforado al norte, en la subcuenca del Cauca. En la subcuenca del Patía al sur, los sedimentos siguen sin registro por perforaciones en el subsuelo, no obstante que las diferentes evaluaciones de carácter regional realizadas, argumentan que existen buenas posibilidades de encontrar acumulación de hidrocarburos.

La Cuenca Cauca Patía tiene muy bajo nivel de exploración, escasamente se han adquirido cuatro programas sísmicos que no superan los 1000 Km. de longitud, ubicados al norte de la ciudad de Cali, y al sur de la cuenca, en inmediaciones de la población del Patía. Dada la escasez de información en la porción sur de la cuenca y que los diferentes autores coinciden en afirmar que este es el sector más prolífico para la acumulación de hidrocarburos, es necesario realizar estudios de subsuelo que permitan perforar las unidades que han sido postuladas como roca fuente, sello y reservorio, caracterizarlas y definir su real potencial.

## 1. OBJETIVO

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) en su calidad de administradora del recurso hidrocarburífero del país visualizó la necesidad de adquirir información de subsuelo que le sirva como materia prima para el proceso exploratorio, parte de la cual consiste en la perforación pozos estratigráficos en cuencas sedimentarias que se consideran de bajo nivel exploratorio, buscando obtener muestras de roca que le permitan mediante análisis exhaustivos adquirir la mayor información geológica de los procesos evolutivos de la cuenca y del sistema petrolífero (rocas fuente, almacenadoras y sello).

En el presente documento se relaciona el análisis que la compañía Geoconsult Ltda realizó para la ANH en la Cuenca Cauca Patía en desarrollo del contrato ANH-055 “localización de pozos estratigráficos”.

## 2. LOCALIZACIÓN

La Cuenca Cauca Patía se encuentra localizada en el suroccidente Colombiano, **Figura 1**, y consiste en una depresión intramontana que genera un valle angosto entre las cordilleras Central y Occidental, en terrenos bañados por las aguas de los ríos Cauca y Patía. En la subcuenca del Cauca se han perforado 5 pozos exploratorios: Candelaria-1, Juga-1, Patacoré-1, Salsa-1 y Berejú-1, ubicados en inmediaciones de la capital de Valle del Cauca, mientras que en la subcuenca del Patía, hasta el momento no se ha explorado con pozos.



*Figura 1. Localización de la Cuenca Cauca Patía.*

### 3. INFORMACIÓN GEOLÓGICA Y GEOFÍSICA UTILIZADA

En la Cuenca Cauca Patía se han obtenido cuatro campañas sísmicas: en la subcuenca del Cauca los programas Valle del Cauca-1979 y Valle del Cauca-1980, al norte de la ciudad de Cali principalmente; y en la subcuenca Patía, los programas Patía-1981 y Cauca Patía-1990 (**Figuras 2 y 3**). La información sísmica obtenida en la subcuenca del Cauca, fue registrada en una malla irregular que cubre unos 80 Km. de longitud, principalmente al norte de la ciudad de Cali y hasta la población de Buga al norte, siguiendo caminos y carreteras que hicieran posible el tránsito de los equipos de vibradores con los cuales se registró la información.

En 1965, INTERCOL perforó sin éxito el pozo Candelaria-1 a una profundidad de 5,028 pies y posteriormente, TRINITY GAS, basado en información sísmica e información de muestras de gas obtenidas durante las perforaciones de agua en el sector, perforó en 1997 los pozos Salsa-1, Juga-1, Berejú-1 y Patacoré-1. Para la realización de este estudio, se analizaron los principales trabajos desarrollados en el área, que en su mayoría han sido adelantados por ECOPETROL.

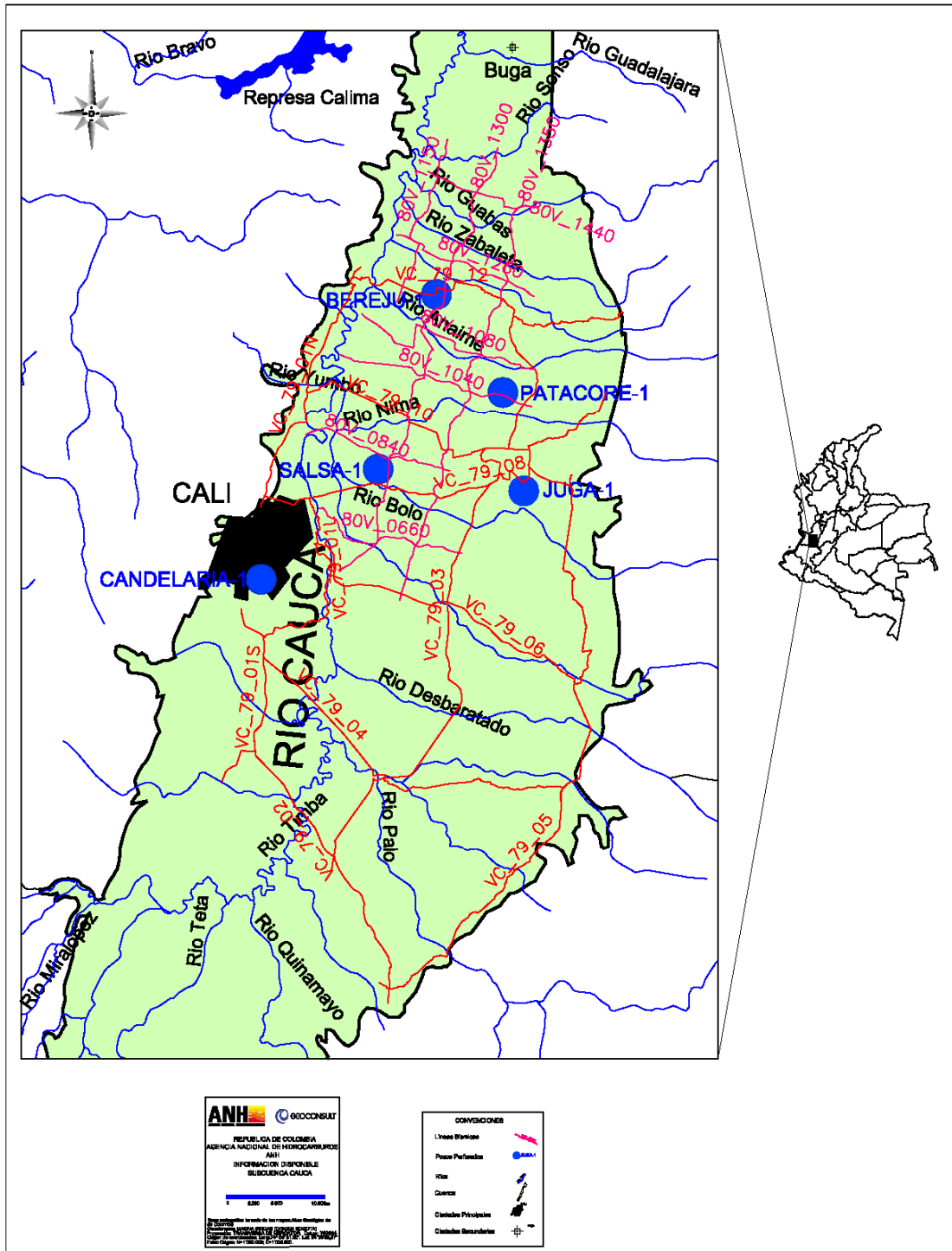


Figura 2. Información sísmica disponible subcuenca del Cauca

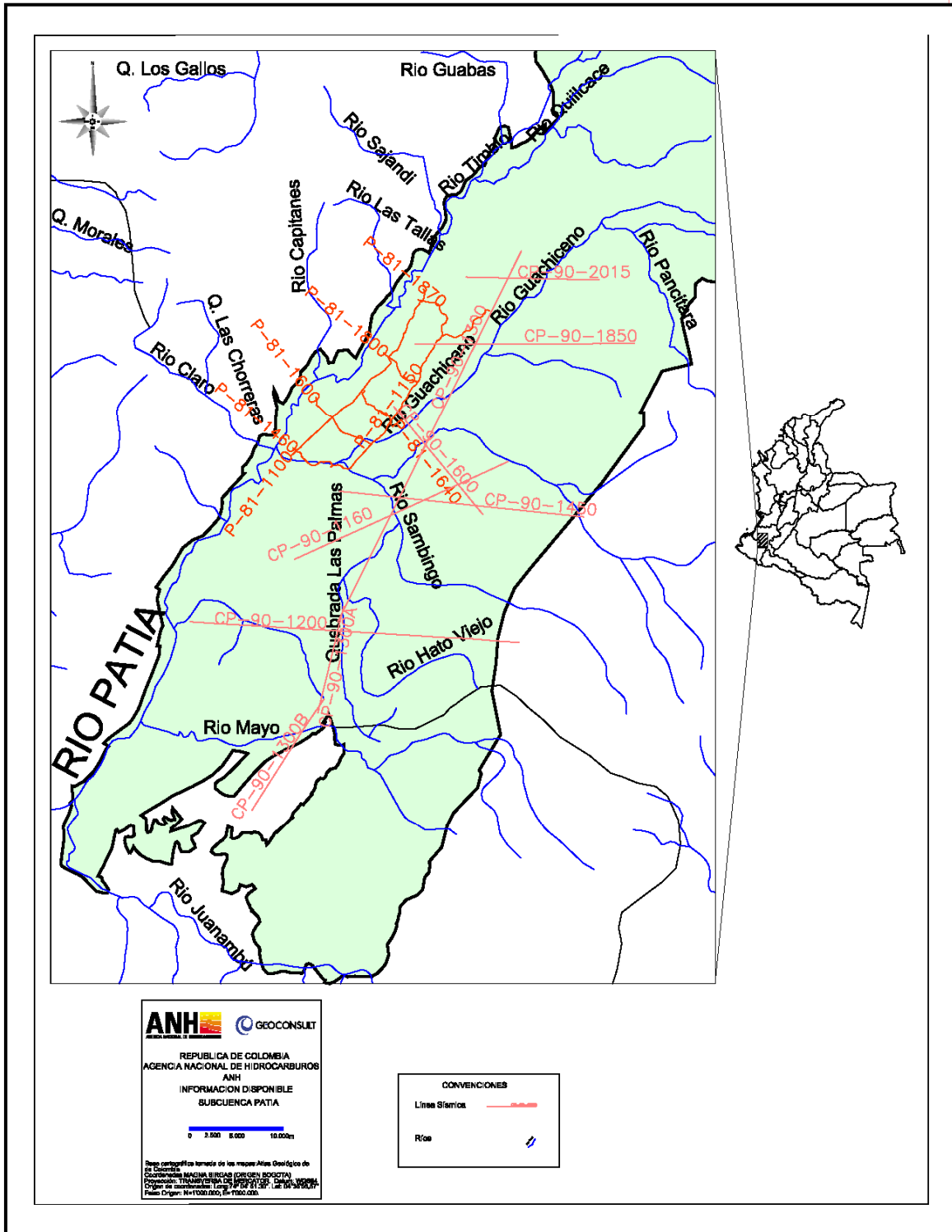


Figura 3. Información sísmica disponible subcuena del Patía

## 4. DEFINICIÓN DEL MODELO GEOLÓGICO REGIONAL

La Cuenca Cauca Patía es una cuenca intramontana ubicada entre las cordilleras Occidental y Central y comprende dos subcuencas, la del Cauca al norte y la del Patía al sur, separadas actualmente por el alto paleogeográfico ígneo metamórfico de Popayán-El Tambo (**Figura 4**). La cuenca está limitada geológicamente por los sistemas de fallas de Romeral al este y el de Cauca-Patía al oeste. Al norte limita con el Macizo de Anserma y al sur con el Nudo de los Pastos.

Como se observa en la **Figura 8**, la depositación de sedimentos en esta cuenca es posterior al Eoceno Medio? cuando se depositaron secuencias transgresivas seguidas por sedimentos marinos y fluviales, finalizando en el Plioceno-Pleistoceno con acumulaciones principalmente piroclásticas.

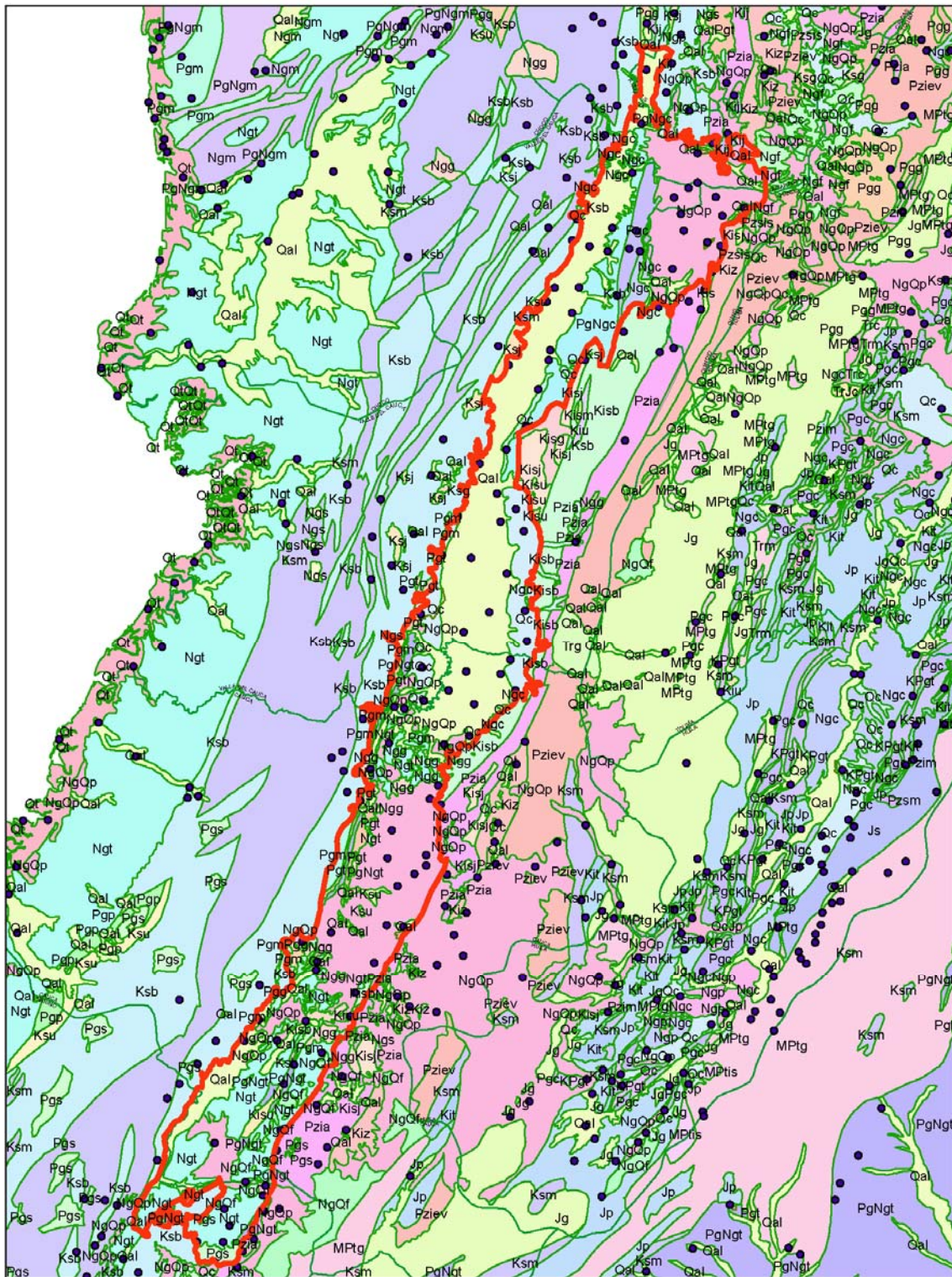
### 4.1 EVOLUCION DE LA CUENCA

En las reconstrucciones regionales realizadas en la Cuenca Cauca Patía, la evidencia de rocas más antiguas corresponde a corteza oceánica de edad Jurásico – Cretácico (Terreno Amaime y Cordillera Occidental), la cual debió ser acrecionada al continente en el Cretácico Temprano y en el Cretácico Tardío – Paleoceno. Sin embargo, existe mucha controversia en la explicación de la forma como esta corteza oceánica fue acrecionada al continente y varias hipótesis han sido enunciadas para explicar su origen (Geoling, 2000).

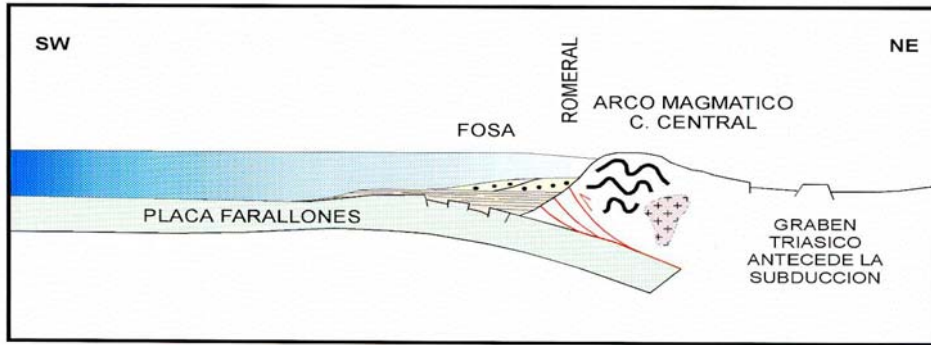
La evolución tectónica de la Cuenca Cauca Patía está relacionada a la compleja historia tectónica de colisión de la esquina noroccidental de Suramérica con la placa Pacífica y contiene todos los elementos estratigráficos, sedimentológicos y estructurales que permiten clasificarla como una cuenca producto de la colisión de un arco de islas con un margen continental (Ilex, 1998). Se presenta en la **Figura 5** la evolución de la cuenca según el concepto de Ilex, 1998.

### 4.2 PRINCIPALES RASGOS ESTRUCTURALES

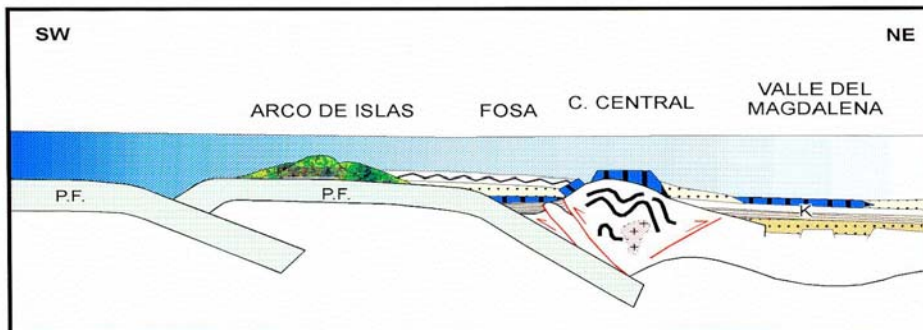
La Cuenca Cauca–Patía, desde el punto de vista estructural, está constituida por un sistema de grandes fallas inversas de bajo ángulo (*thrusts*) que buzan hacia el Oriente y presentan rumbo SW-NE (**Figuras 6 y 7**), son paralelas a subparalelas e involucran tanto a la secuencia Terciaria como a la secuencia Cretácica. La disposición paralela a subparalela de las fallas con respecto a la estratificación hace que a nivel regional esté aflorando prácticamente solo la formación Esmita (ICP, 1991; Geoling, 2000), con un buzamiento casi constante en dirección SE.



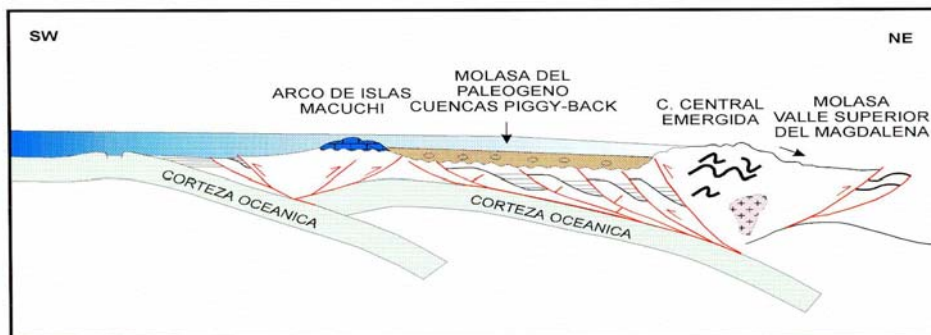
**Figura 4. Mapa geológico Cuenca Cauca-Patía. Tomado de Atlas Geológico de Colombia, 2007.**



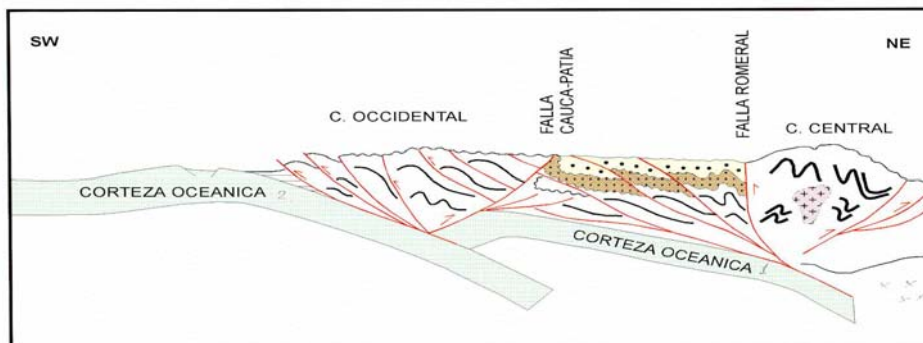
**Jurásico-Cretácico Temprano**



**Cretácico Superior**



**Eoceno Medio**



**Mioceno Medio-Tardío**

**Figura 5. Evolución geológica regional Cuenca Cauca Patía. Tomado de: Ilex, 1998**



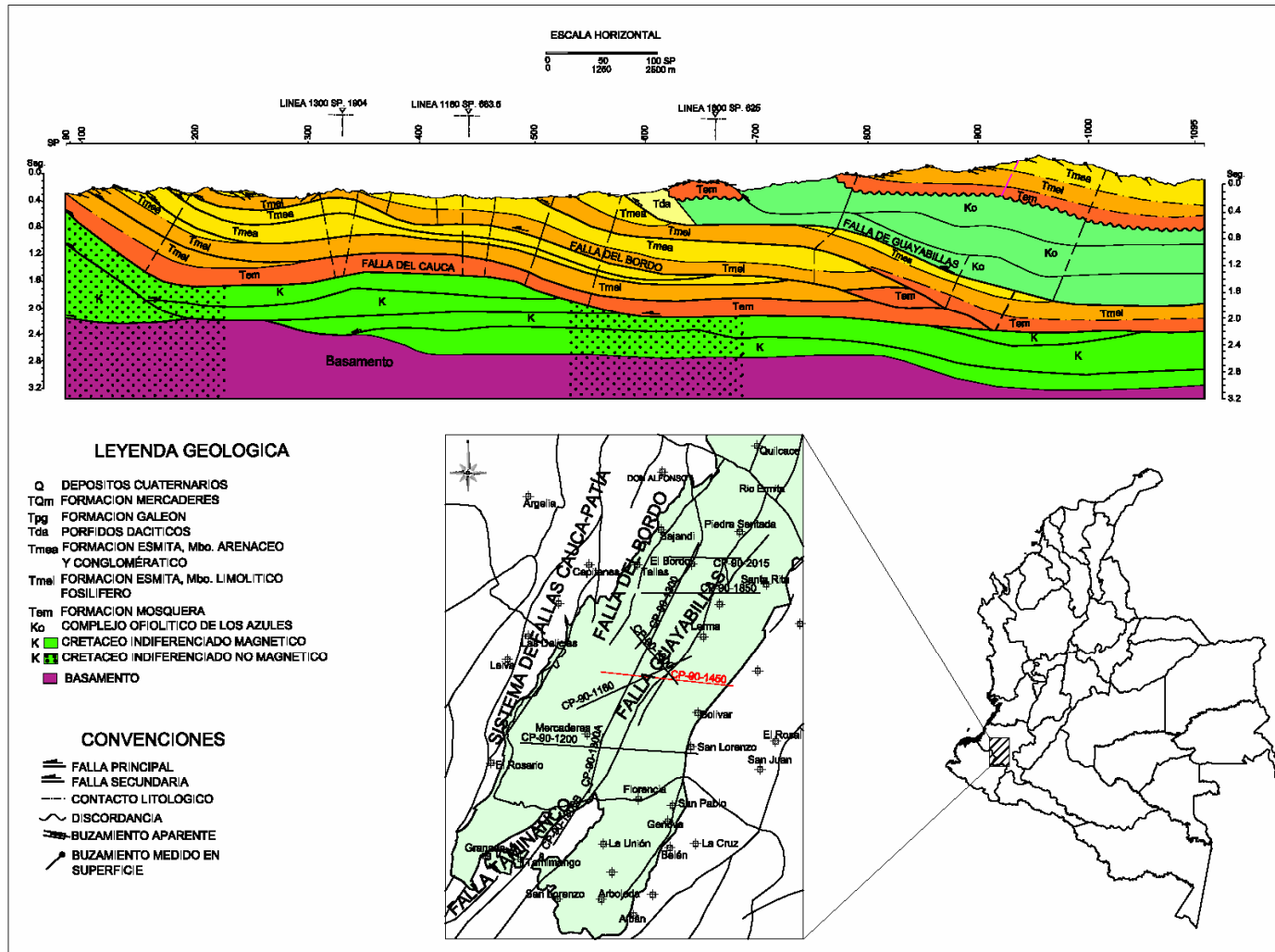


Figura 7. Interpretación estructural línea CP-90-1450 subcuenca Patía. Modificado de ECOPETROL- ICP, 1991.

Dos importantes límites tectónicos separan la cuenca de las cordilleras Central y Occidental: al oriente el sistema de fallas de Romeral (**Figura 6**), el cual presenta una serie de eventos tectónicos superimpuestos, el último de los cuales se manifiesta por fallamiento inverso tipo *thrust*. El límite occidental está constituido por las asociaciones ofiolíticas de la Cordillera Occidental, afectadas por fallamiento normal, producto de la acreción de un antiguo arco de islas al continente, durante la orogenia Calima, siendo la más importante de ellas, la Falla Cauca-Patía (Barrero 1979, en: Caribbean Oil Services, 1994).

A nivel local, se presentan algunos pliegues asociados a las fallas como son el anticlinal y sinclinal de Mercaderes y el sinclinal de Mojarras (**Figuras 6 y 7**). Las fallas más representativas de oriente a occidente identificadas en superficie y subsuelo a partir de interpretación sísmica son: el sistema de cabalgamiento de Romeral, Guayabillas, Guachicono, El Bordo y Cauca-Patía. Localmente, se presentan fallas de retrocabalgamiento (*backthrusts*), especialmente en la subcuenca del Patía.

### 4.3 ESTRATIGRAFÍA

La sedimentación en la cuenca inició con una transgresión de proporciones limitadas en el Eoceno Medio (Formación Mosquera). Las características marinas se acentuaron durante el Mioceno Inferior y Medio; en el Mioceno Superior se produjo el retiro definitivo del mar (Formación Esmita). La colmatación de la cuenca se llevó a cabo con aporte piroclástico en el Plioceno-Holoceno: formaciones Galeón, Popayán y Tobas de Mercaderes (ECOPETROL, 1980).

A continuación se presenta la descripción de las unidades que subyacen la cobertera sedimentaria en la Cuenca Cauca Patía de acuerdo con Ilex (1998), y de forma independiente las diferentes formaciones que han sido identificadas en la Cuenca Cauca y Patía, entre el Eoceno Medio y el Reciente. La **Figura 8** muestra la correlación estratigráfica generalizada para la cuenca.

#### **FORMACION AMAIME** (Jurásico Superior- Cretácico Inferior)

Las rocas más antiguas están constituidas por basaltos, diabasas y chert generadas en una corteza oceánica y siliclastitas, turbiditas, hemipelagitas y olistostromas. Su ocurrencia se restringe al flanco occidental de la Cordillera Central, Ilex (1998).

#### **GRUPO DAGUA** (Cretácico Superior)

Bajo esta denominación se agrupan todas las rocas que presentan evidencias de acumulación por procesos sedimentarios durante su génesis, pero que han sido deformadas en mayor o menor grado por procesos tectónicos. Está conformada por conglomerados, arenitas y lodolitas compuestas por clastos de

sedimentitas, plutonitas, metamorfitas y vulcanitas básicas, arcillolitas laminadas, tobas y brechas volcánicas, Ilex (1998).

### GRUPO DIABASICO (Cretácico Superior)

Secuencia espesa de rocas volcánicas básicas (diabasas, basaltos y lavas almohadilladas) de origen submarino intercalada con sucesiones delgadas de rocas sedimentarias, Ilex (1998).

### FORMACION MARILOPITO (Campaniano-Maastrichtiano)

Sucesión sedimentaria con un conglomerado a la base con clastos de limolita, chert, cuarcita, basalto y metaareniscas, suprayacida por areniscas, limolitas y margas. Estas rocas están expuestas en el río Marilopito, Ilex (1998).

### FORMACION AGUA CLARA (Campaniano-Maastrichtiano)

Arcillolitas, limolitas, grauwackas, chert, porcelanitas, algunos niveles de conglomerados intraformacionales y pequeñas sucesiones de diabasas. Se ha reportado en el sinclinal de Agua Clara, Ilex (1998).

### FORMACION NOGALES (Campaniano-Maastrichtiano)

Secuencia de grauwackas y cherts dividida en tres segmentos: arenitas en el inferior, chert y lodolitas silíceas en el segmento medio y lodolitas y arenitas fosilíferas en el superior que afloran en el río Tulúa, quebrada Nogales y río San Marcos, en el margen occidental de la cordillera Central, Ilex (1998).

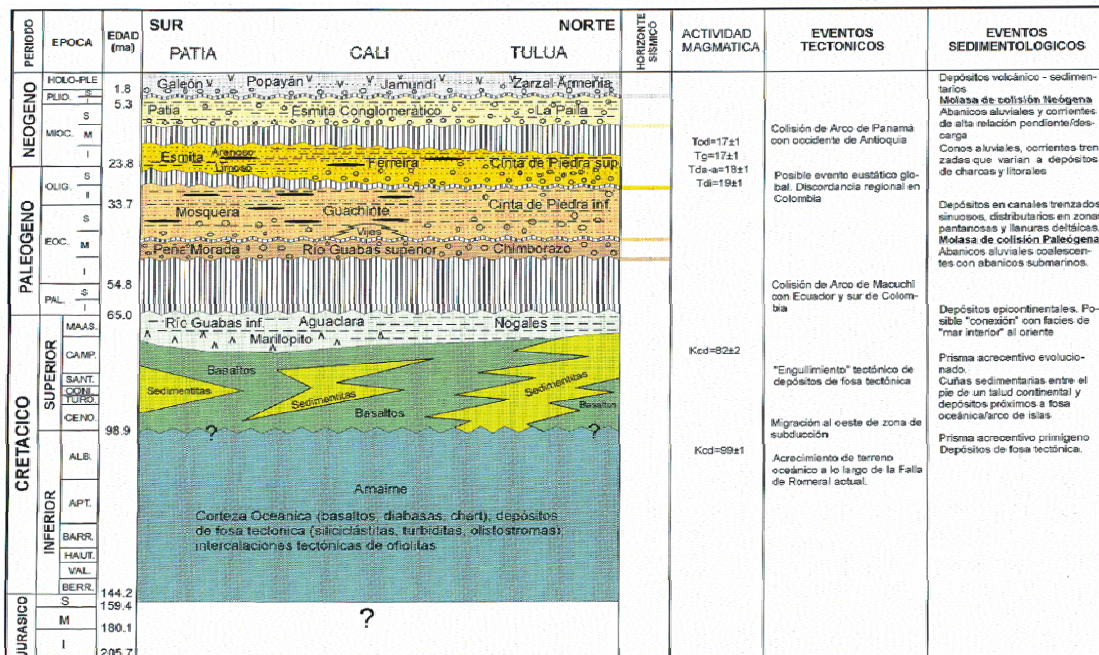


Figura 8. Carta de correlación cronoestratigráfica Cuenca Cauca Patía. Tomado de Ilex-Ecopetrol, 1998.

### **SEGMENTO INFERIOR DE LA SECUENCIA DEL RIO GUABAS (Cretácico Superior)**

Secuencia constituida por calizas bituminosas a la base, intercaladas con limolitas calcáreas, suprayacida por una sucesión de chert negro intercalada con limolitas verdosas. Esta secuencia ha sido reconocida en el río Guabas, Ilex (1998).

#### **4.3.1 Subcuenta del Patía**

##### **FORMACION PEÑA MORADA (Eoceno Medio?)**

Sucesión de conglomerados compuestos por clastos de basaltos, diabasas, tobas, pórfidos dacíticos y granitoides. Su nombre se deriva del sitio Peña Morada, localizado sobre el río Esmita, donde alcanza un espesor de 211m. OAKS, 2001.

##### **FORMACION MOSQUERA (Eoceno Medio – Oligoceno Inferior)**

La parte inferior y media está constituida por capas macizas de conglomerados de cuarzo que varían a cuarzoarenitas y delgadas ocurrencias de conglomerados polimícticos. La parte superior consiste de cuarzoarenitas, arcosas y subarcosas intercaladas con lodolitas y lentes carbonosos. Esta unidad fue inicialmente definida por Grosse (1935) como Neoterciario de Mosquera por presentarse cerca del caserío del mismo nombre, sobre la margen derecha del río Timbio (Martínez y Rubio, 1991).

##### **FORMACION ESMITA (Oligoceno Superior y Mioceno Medio)**

Aflora en los flancos de las cordilleras y en la subcuenca del Patía y se extiende hacia el sur, en el departamento de Nariño. La localidad tipo se encuentra en el río Esmita. Martínez y Rubio (1991), la dividen en dos unidades tectonosedimentarias: la unidad inferior compuesta por arenitas cuarzosas seguidas por facies finas intercaladas con niveles de arcillolitas carbonosas y la superior, compuesta por conglomerados que presentan variación de facies, arenitas gruesas al este y conglomerados al oeste. Murcia *et al* (1981), definieron el miembro conglomerático (Martínez y Rubio, 1991).

##### **FORMACION PATIA (Mioceno Superior-Plioceno Inferior)**

Se ha descrito la sección tipo entre las localidades de Patía y el Bordo. Murcia *et al* (1981) definieron el Miembro Conglomerático de la Formación Esmita como Formación Patía y la describieron como una secuencia de conglomerados con estatificación cruzada en lentes o en cuñas, con capas de lodositas (Martínez y Rubio, 1991).

##### **FORMACION GALEÓN (Plioceno)**

Esta unidad esencialmente volcánica hace parte de la secuencia volcano-sedimentaria definida al noreste y suroeste de El Bordo y está compuesta por arenitas y aglomerados intercalados con niveles de cenizas y tobas de lapilli.

Localmente se han encontrado capas de conglomerados polimícticos y grauwackas. La localización tipo se encuentra en el cerro Galeón al sur de Quilcacé, Ilex, 1998.

#### **FORMACIÓN POPAYÁN (Pleistoceno)**

Está compuesta por conglomerados intercalados con tobas y sedimentitas, conglomerados, aglomerados tobas y cenizas. La localización tipo se encuentra en el área de Cajibío – Morales. Está dividida en tres conjuntos litológicos: el conjunto inferior está constituido por lavas andesíticas, el conjunto medio por flujos de ceniza y el superior por flujos de ceniza y flujos de lodo, OAKS, 2001.

### **4.3.2 Subcuenca del Cauca**

#### **SEGMENTO SUPERIOR DE LA SECUENCIA DEL RIO GUABAS (Eoceno Medio?)**

Secuencia de brechas, conglomerados polimícticos intercalados con arenitas y lodolitas.

#### **FORMACION CHIMBORAZO (Eoceno Medio)**

Grauwackas, limolitas, brechas sedimentarias, shales carbonosos y conglomerados polimícticos con clastos de diabasa chert y limonitas; secuencia que ha sido reconocida en el caserío Chimborazo y en el río Guachinte.

#### **FORMACION GUACHINTE (Eoceno Medio a Oligoceno Inferior)**

Esta formación está constituida por arenitas conglomeráticas de cuarzo, que varían a cuarzoarenitas, lodolitas, arcillolitas y mantos de carbón. Se subdivide en los Miembros La Cima, Los Chorros, La Leona y La Rampla. Ha sido reconocida en el río Guachinte, en las localidades de Baraya, El Hoyo y en el cerro La Bandera en inmediaciones de Cali.

#### **FORMACION VIJES (Eoceno Superior a Oligoceno Inferior)**

Consiste de capas de packstones de algas, wackestones terrígenas, micritas terrígenas y arenitas con restos carbonáceos. La sección tipo ha sido reconocida en los alrededores de la población de Vijes.

#### **FORMACION CINTA DE PIEDRA (¿Eoceno Superior-Mioceno Inferior)**

Consiste de un segmento basal con alternancia de cuarzoarenitas de grano grueso, conglomerados arenosos y arenitas ligeramente conglomeráticas, con escasas capas de lodolitas de apariencia lenticular. Al tope, lodolitas intercaladas con arenitas de grano grueso ligeramente conglomeráticas. Esta formación constituye la unidad más notoria por su grosor y extensión en el norte del Valle del Cauca.

**FORMACION FERREIRA (Oligoceno-Mioceno Inferior)**

Está compuesta por una secuencia granodecreciente de conglomerados cuarzosos, areniscas, limolitas, shales carbonosos y capas de carbón. Está dividida en los miembros: Suarez, Bucarica, San Francisco y El Palmar, que varían gradualmente en el contenido de arcillas y carbón. Esta unidad ha sido reportada en la quebrada La Ferreira al noroccidente del corregimiento de Timba.

**FORMACIÓN LA PAILA (Mioceno Superior-Plioceno Inferior)**

Potente sucesión de conglomerados, arenitas, lodolitas y sedimentitas tobáceas que se encuentran suprayaciendo en relación discordante la Formación Cinta de Piedra.

**4.4 SISTEMA PETROLÍFERO**

En la subcuenca del Patía se presentan manifestaciones de hidrocarburos en la quebrada Matacea y cerca de San Joaquín, quebrada Sachamates en la carretera Mercaderes-San Joaquín. Adicionalmente, en el extremo sur del área se presenta un rezumadero de gas y un rezumadero de agua salada cerca al río San Jorge (OAKS, 2001).

**4.4.1 Roca Generadora.** En la Cuenca Cauca Patía se postula generación de hidrocarburos a partir de las unidades formaciones Chapungo y Peña Morada, que corresponden con las formaciones Nogales y Agua Clara de la subcuenca del Cauca (hidrocarburos líquidos y gas), formaciones Mosquera-Guachinte (gas principalmente) y formaciones Esmita-Ferreira (gas principalmente). La generación y migración de hidrocarburos se postula a partir del Mioceno Superior cuando se estructuró la cuenca y las rocas del Cretácico alcanzaron profundidad de enterramiento mayor a 10,000 pies. En el caso del Terciario, se han reportado profundidades hasta de 7,500 pies, por lo tanto su interés mayor está asociado a la producción de gas biogénico (ECOPETROL, 1999).

TRINITY (1997) asume que la roca que tiene más posibilidades de generar hidrocarburos en la subcuenca del Cauca es la Formación Vijes y afirma que hacia el norte se presume la existencia de sedimentos de edad Cretácico, de ambiente marino, que se consideran excelentes generadores de gas.

**4.4.2 Roca Almacenadora.** En la subcuenca del Cauca, Trinity (1997), considera como rocas almacenadoras las formaciones Guachinte y Uribe, donde se presentan capas masivas de conglomerados y arenitas, aptas para acumular hidrocarburos.

En la subcuenca del Patía se consideran como roca almacén las facies gruesas de la Formación Mosquera y el Miembro arenoso de la Formación Esmita. Análisis básicos hechos por ECOPETROL-ICP (1991) en rocas de las

formaciones Mosquera y Esmita muestran porosidades variables entre 6.0 y 19%.

La posibilidad de tener acumulación de hidrocarburos en yacimientos no convencionales ha sido documentada en diferentes estudios, que indican que podrían existir acumulaciones importantes en mantos de carbón del Miembro Los Chorros de la Formación Guachinte (ECOPETROL-ICP, 1997).

**4.4.3 Roca Sello.** Se asume que la roca sello es el Miembro Limolítico Fosilífero de la Formación Esmita, para el Patía y los sedimentos finos de la Formación La Paila en el Cauca (ECOPETROL, 2001). Diferentes autores han recomendado la perforación de pozos estratigráficos que permitan obtener rocas en profundidad a las que se les realice estudios necesarios para establecer con mayor certeza su carácter sellante, dado que éste ha sido considerado como el factor de mayor riesgo en la exploración de hidrocarburos.

## 5. INTERPRETACIÓN SÍSMICO-ESTRUCTURAL

Con el objetivo de seleccionar la mejor ubicación para recomendar la perforación de uno o dos pozos estratigráficos en la Cuenca Cauca-Patía se integró la información geológica, regional, geofísica y de pozos suministrada por la Agencia Nacional de Hidrocarburos. La calidad de la información sísmica es variable, de buena a regular.

En la Cuenca del Cauca la información sísmica se puede considerar de regular calidad. Llama la atención la malla irregular sobre la cual se adquirieron los datos, generando probablemente problemas de ruidos fuera del plano que disminuyen la continuidad de los eventos sísmicos. La información sísmica del Patía se cargó en el sistema interactivo Geographix, mientras que la del Cauca fue evaluada en imágenes digitales ya que existe un problema con las coordenadas que no fue superado, impidiendo la carga de las mismas al sistema.

En la Cuenca del Patía la calidad de la información sísmica está estrechamente relacionada con la intensidad de deformación estructural. En el sector oriental, donde es mayor la presencia de fallas de cabalgamiento (en inmediaciones de la Falla de Romeral), la calidad es de regular a mala y la interpretación estructural de subsuelo es necesario realizarla con base en modelos de deformación y siguiendo el tren estructural presente en la franja comprendida entre las fallas de Guayabillas y del Bordo.

Teniendo en cuenta que la nomenclatura estratigráfica utilizada por los diferentes autores para cada una de las subcuencas es diferente y observando que el estilo estructural presenta mucha más deformación en la subcuenca del Patía trataremos a cada subcuenca por separado.

### 5.1 SUBCUENCA DEL CAUCA

La subcuenca del Cauca cuenta con 2 programas sísmicos, Valle del Cauca 1979 (VC-79) y Valle 1980 (V-80), **Figura 2**. Esta sísmica en general es de regular a mala calidad y el hecho de no ser disparada en línea recta hace ver los datos más distorsionados aún.

La **Figura 9** muestra el estilo estructural de la subcuenca del Cauca, tratándose básicamente de fallas de cabalgamiento con vergencia occidental, con deformación menos fuerte que en la del Patía. El ángulo de las fallas en este sector se hace más suave hacia la Cordillera Occidental y la edad de las escamas tiende a ser más joven al occidente (Ilex, 1998). Para esta subcuenca se evaluaron las imágenes digitales de las líneas sísmicas. La **Figura 10** presenta la interpretación hecha en una de las mejores líneas del Cauca.

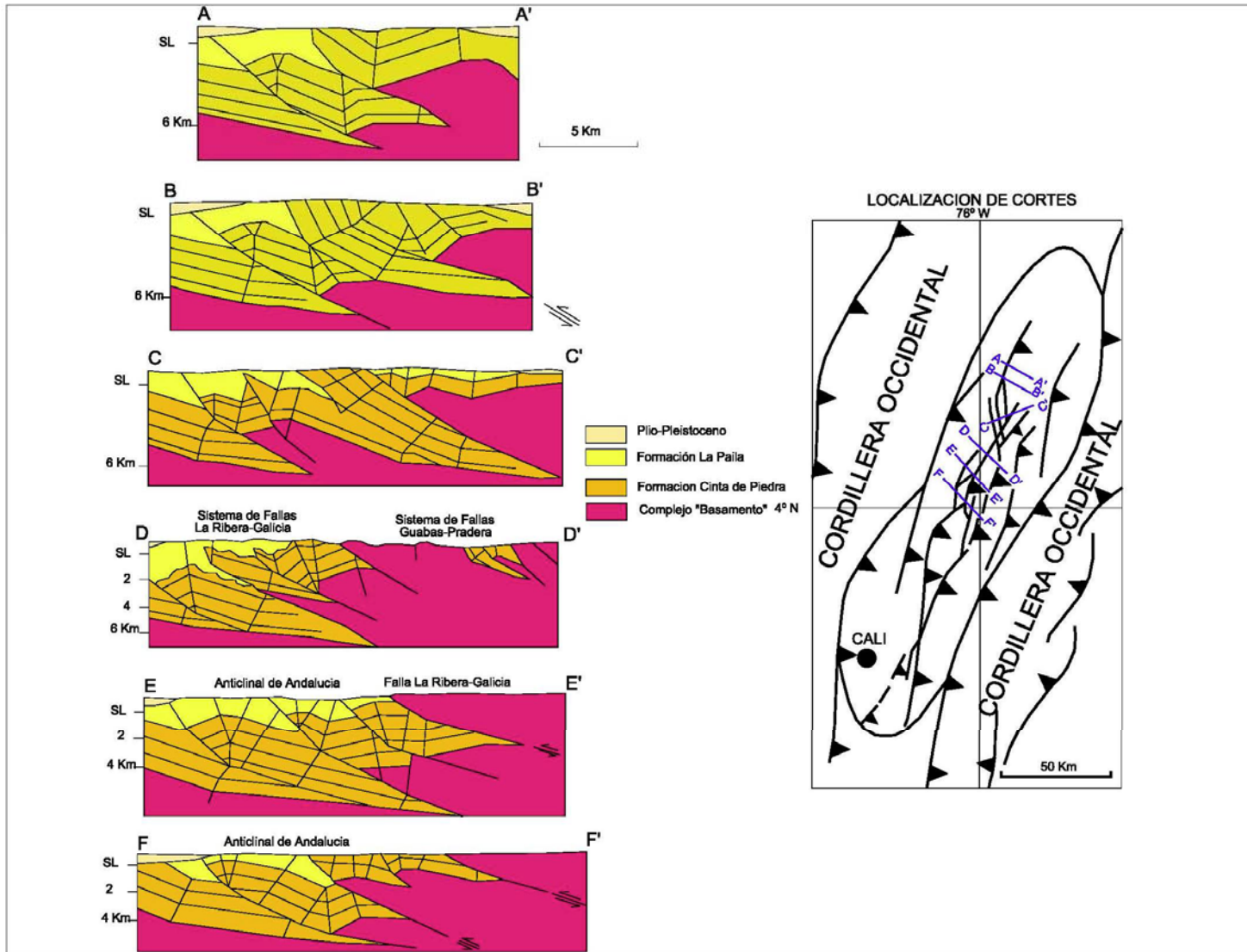


Figura 9. Cortes estructurales subcuenca del Cauca. Modificado de Beicip Franlab, 1998.

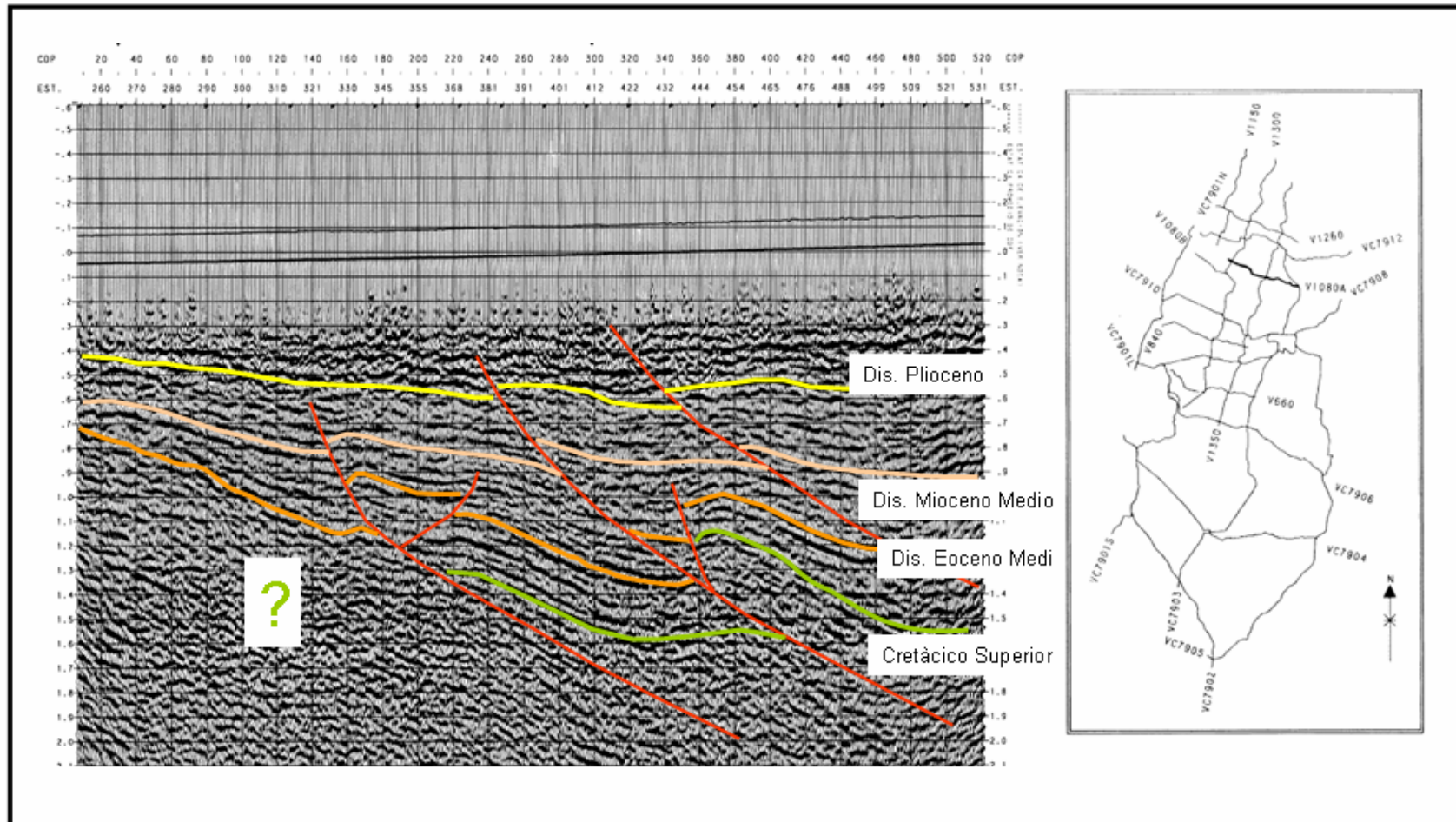


Figura 10. Interpretación sísmica línea V-81-1080A, subcuenca Cauca.

En la subcuenca del Cauca, aunque existen 5 pozos perforados, es poca la información que se tiene sobre ellos. El pozo Candelaria-1, perforado en 1965, presentó manifestaciones (shows) de gas metano en la Fm. Guachinte (OXY, 1991), probablemente asociado a los carbones presentes en el área. Los pozos Salsa-1, Berejú-1 y Patacoré-1 no cuentan con datos de topes ni otro dato que ayude a integrarlos en la interpretación regional, **Tabla 1**.

Edad	Formación	Candelaria-1	Juga-1
Pleistoceno - Holoceno	Cuaternario	Superficie	Superficie
Plioceno - Pleistoceno	Popayán	800'	1440' Terciario Indiferenciado
Mioceno	La Paila	966' Buga	
Oligoceno	Guachinte / Ferreira	1150' Mioceno Indiferenciado	
Eoceno			
Cretácico	Fm. Volcánica		2030'
Cretácico	Fm. Amaime		2330'
Cretácico	Grupo Diabásico	4576'	
TD		5028'	3.761'

**Tabla 1. Topes de formación de los pozos perforados, subcuenca del Cauca (Tomado de Intercol, 1965; Trinity Gas Colombia, 1997 y Ecopetrol, 2000).**

Con base en los análisis de pozo hechos por Crishlow *et al.* (1997), quienes afirman que el pozo Patacoré-1 muestra significativo potencial de producción de hidrocarburos y el pozo Juga-1 un menor potencial, se recomienda obtener la información de dichos pozos y hacer una evaluación completa de geología y petrofísica.

## 5.2 SUBCUENCA PATIA

En la subcuenca Patía se han registrado 2 programas sísmicos, Patía-1981 y Cauca Patía-1990. El programa CP-1990 fue cargado en el software Geographix y se utilizó para la definición de la localización del pozo estratigráfico. El programa Patía-81, es muy corto y su aporte en la interpretación regional no es significativo (**Figura 3**).

La evaluación geológica y geofísica de la subcuenca Patía nos muestra que se trata de una cuenca *foreland* afectada por fuerte compresión manifiesta por el cinturón de cabalgamiento (*thrust fault system*) con vergencia occidental,

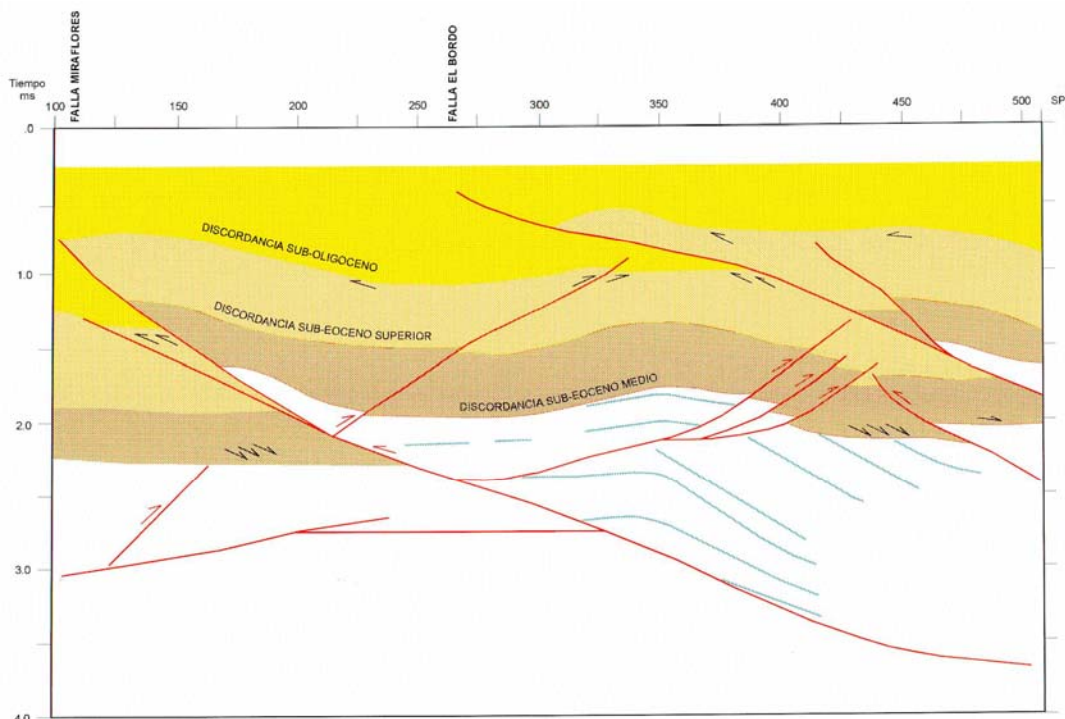
retrocabalgamientos (*back thrusts*) y presencia de fallas de rumbo con dirección principal NWW-SEE como se observa en los mapas geológicos del Ingeominas, 1979 y 1999.

La subcuenca del Patía no cuenta con pozo alguno, por lo que se hace prioritario conocer la estratigrafía del subsuelo dadas las expectativas exploratorias que existen en la subcuenca, sustentadas por estudios de varios autores (ICP, 1991; Buzar, 1993; Caribbean, 1994; Ilex, 1998; Geoling, 2000; Oaks, 2001).

### **SECUENCIAS SÍSMICAS SUBCUENCA PATIA:**

Aunque existen discordancias regionales como son las del Plioceno, Mioceno Medio y Eoceno Medio-Paleoceno, debido a la gran deformación y estructuración presente en el área no fue posible seguir con certeza ninguna discordancia o límites de secuencia. Se presenta en la **Figura 11**, un perfil geosísmico realizado por Ilex (1980), que corresponde a la interpretación de la línea sísmica CP-90-1450.

La sísmica se amarró con los datos de superficie consignados en la interpretación hecha por ICP (1991), que a su vez se basó en los mapas geológicos de Ingeominas. Para la interpretación de horizontes se tomó la columna más representativa y usada por la mayoría de autores, **Figura 12**. Es de anotar que aún existe incertidumbre en cuanto a la edad de la Formación Peña Morada, ya que hay autores que la ubican como Cretácico Superior – Paleoceno y otros como Eoceno Medio.



**Figura 11. Perfil Geosísmico línea CP-90-1450. Tomado de Ilex, 1980.**

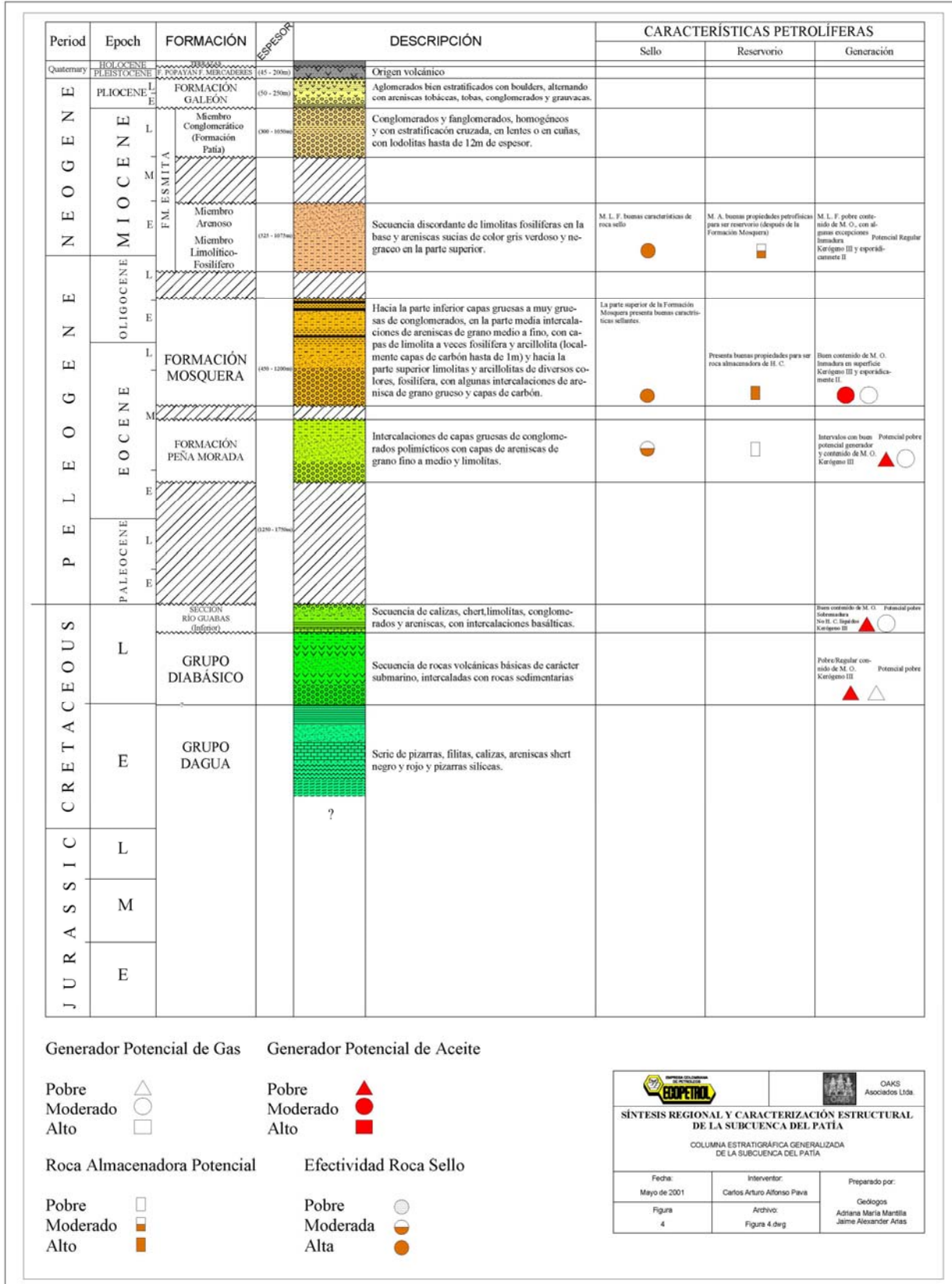
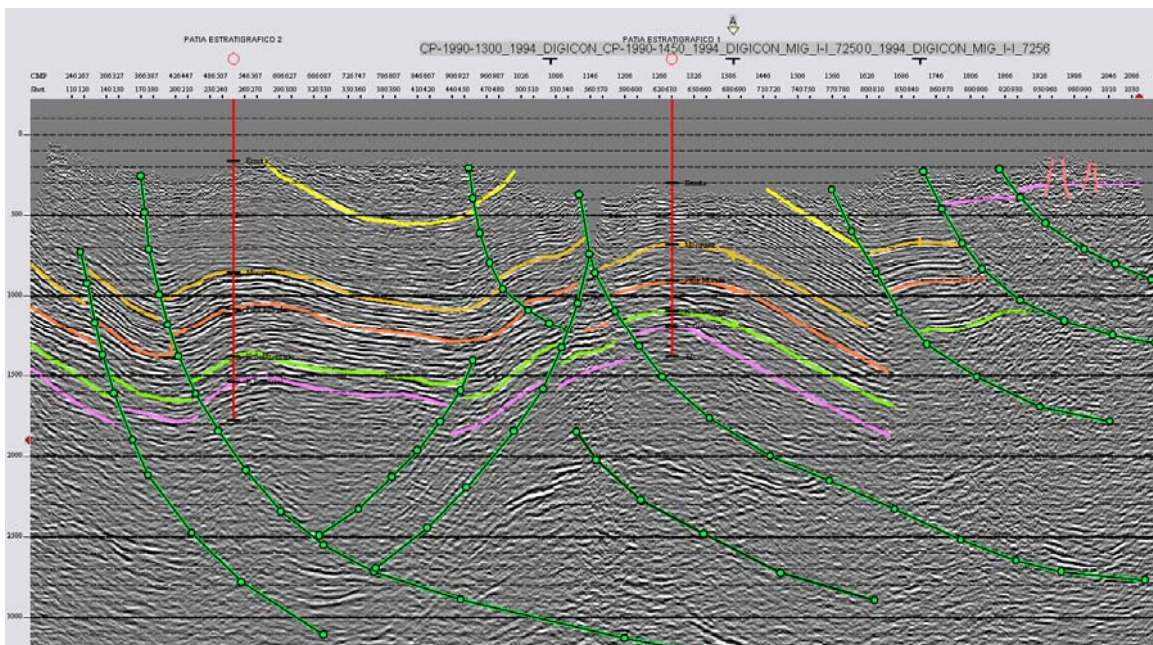


Figura 12. Columna estratigráfica generalizada cuenca Patía. Tomado de OAKS, 2001.

## 6. RECOMENDACIÓN PARA LA PERFORACIÓN DE POZOS ESTRATIGRÁFICOS

Se decidió proponer la localización para la perforación de un pozo estratigráfico en la subcuenca del Patía, dado el interés exploratorio manifiesto por varios autores, su alta estructuración, la presencia de rezumaderos al sur de la cuenca y los múltiples estudios geoquímicos donde presentan la roca generadora en ventana de generación y la correlación que existe entre el crudo encontrado y las rocas fuentes analizadas (Geochem Lab, 1980, 1981; Delinder, 1981; Core La, 1989; Williams, 1990a, b, c.; DGSI, 1991; ICP, 1991, 1992).

Para la localización del pozo estratigráfico en esta cuenca se trabajó principalmente con el programa sísmico Cauca Patía-90. Aunque existen varias interpretaciones del mismo, para este trabajo se elaboró una interpretación propia. Se definieron dos posibles localizaciones para la perforación de pozos estratigráficos en la subcuenca del Patía denominados: Patía Estratigráfico-1 y Patía estratigráfico-2, ubicados en la línea CP-90-1160, **Figuras 13 y 14**.



**Figura 13.** Localización de los pozos Patía Estratigráfico 1 y 2. Línea sísmica CP-90-1160.

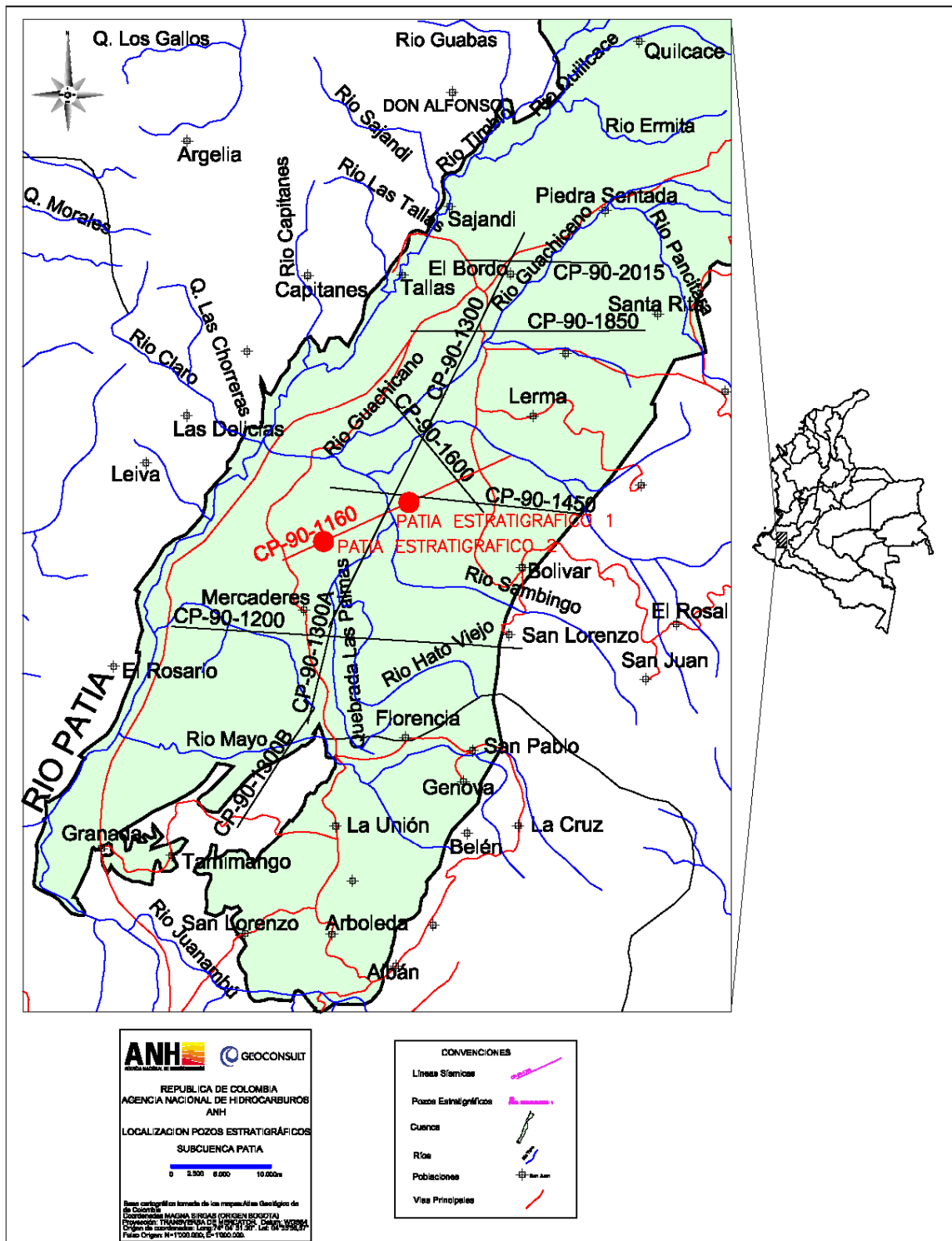


Figura 14. Localización de los pozos Patía Estratigráfico 1 y 2. Línea sísmica CP-90-1160.

## 6.1 POZO PATÍA ESTRATIGRÁFICO-1

La estructura del pozo Patía Estratigráfico-1 corresponde a un anticlinal limitado al occidente por una falla buzante al oriente, **Figura 13** y **Anexo 1**. Aunque la estructura corresponde a un play usualmente perforado con intereses exploratorios para hidrocarburos, en este caso, no se conoce el ápice, su extensión, el relieve estructural, etc.

### Prognosis pozo Patía Estratigráfico-1

El pozo Patía Estratigráfico-1 tiene como objetivo perforar litologías desde el basamento hasta el Mioceno Medio que aflora en superficie, de acuerdo con la cartografía geológica de superficie e interpretación sísmica.

En ausencia de datos de pozo en esta parte de la cuenca se tomó como base la litología descrita en las columnas estratigráficas levantadas en campo por varios autores, principalmente las de Martínez y Rubio (1991) e ICP (1991).

Para la conversión a profundidad y cálculo de la prognosis se utilizaron los datos de velocidad del pozo Candelaria-1, que aunque lejano, es el único pozo con este tipo de datos, **Figura 14**. Se tuvo en cuenta la correspondencia litológica existente entre las dos subcuencas.

La **Tabla 2** presenta la prognosis de las unidades litológicas, litologías y profundidades a perforar en este pozo, tomando como referencia básica las descripciones litológicas de campo hechas por Martínez y Rubio (1991) e ICP, (1991) y la interpretación sísmica de la línea CP-90-1160.

La **Tabla 3**, presenta las profundidades estimadas o marcadores geológicos a encontrar durante la perforación del pozo Patía Estratigráfico 1. Es de anotar que la precisión de la conversión tiempo-profundidad depende principalmente de la calidad y cantidad de datos geológicos y geofísicos incluidos para su determinación y de los cambios de velocidad relacionados a posibles cambios laterales de facies.

La prognosis se basa en los cálculos de velocidad realizados para el pozo Candelaria-1. Los tiempos dobles son tomados directamente de la línea sísmica en el punto donde fue interpretado el horizonte.

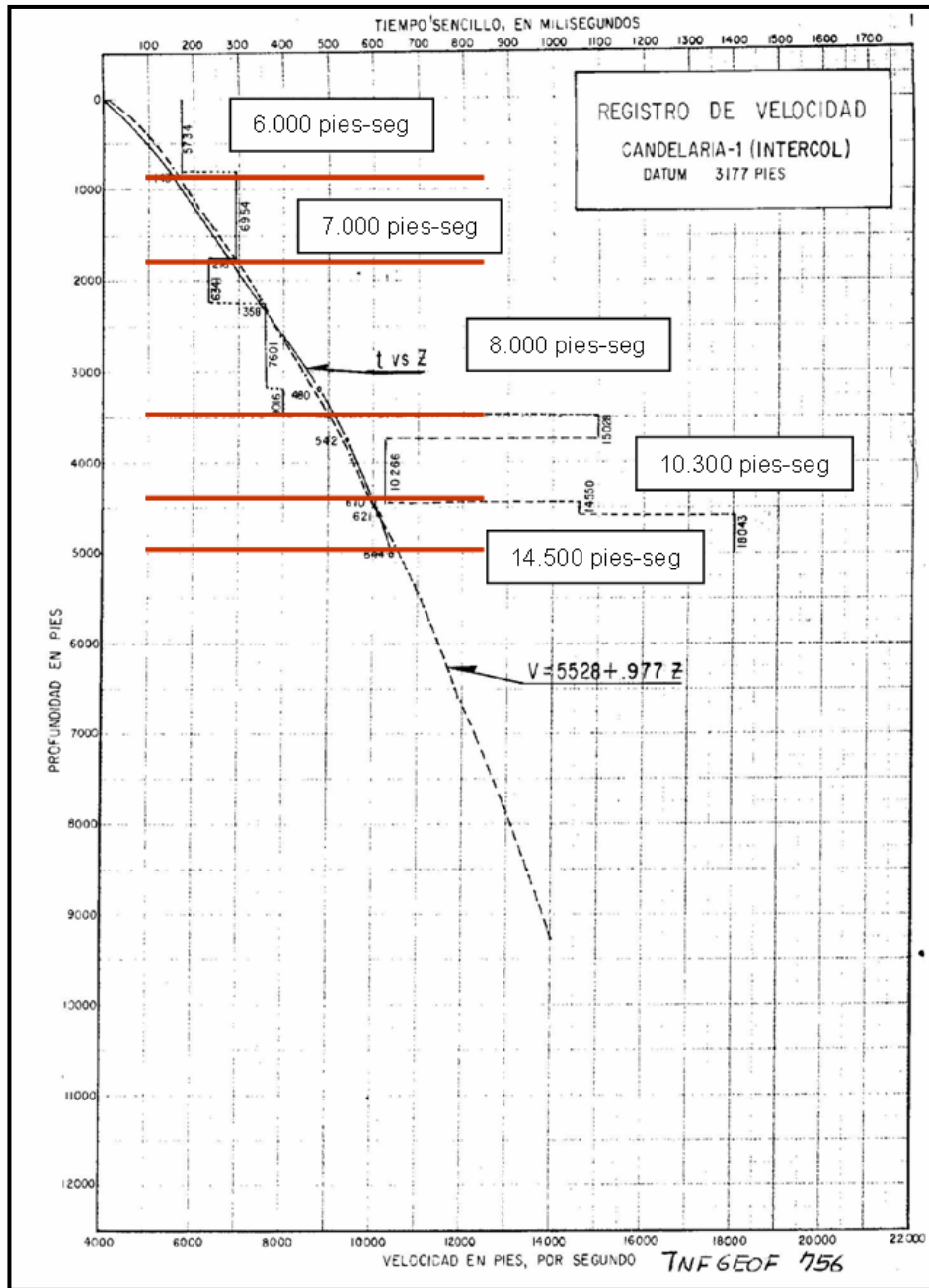


Figura 15. Registro de velocidad pozo Candelaria 1. Tomado de Intercol, 1965.

Formación	Tope (md, pies)	Litología a encontrar
Esmita Miembro. Arenoso y Limolítico -Fosilífero	Superficie 0.00	Intercalaciones de areniscas de grano medio a fino, de grano medio a grueso, eventualmente conglomeráticas con limolitas, arcillolitas y areniscas de grano fino a muy fino. Hacia la base, secuencia de limolitas y arcillolitas gris oscuras a negras intercaladas con areniscas de grano fino. Niveles de calizas biomicríticas y calizas lumaquélicas con pelecípodos, gasterópodos y lamelibranquios.
Mosquera	1.350	Hacia el tope arcillolitas y limolitas intercaladas con areniscas de grano fino. Areniscas de grano fino a medio intercaladas con delgadas capas de arcillolita, limolitas arenosas, shales carbonáceos y mantos de carbón. Hacia la base conglomerados polimícticos y cuarzosos con intercalaciones de areniscas de grano medio a grueso, localmente conglomeráticas.
Peña Morada	2.700	Conglomerados polimícticos con cantos de rocas volcánicas y sedimentarias, intercalados con delgadas capas de areniscas de grano fino a medio y limolitas. La matriz es areno arcillosa.
Chapungo / Río Guabas	3.800	En la parte superior conglomerados polimícticos con cantos de cuarzo, chert negro, líticos ígneos, metamórficos y sedimentarios, interestratificados con areniscas de grano fino a conglomeráticas y limolitas. Hacia la base intercalaciones de calizas micríticas, chert, lodolitas calcáreas, calizas negras bituminosas y capas basálticas.
Grupo Diabásico	4.700	Limolitas, chert, limolitas calcáreas, calizas, areniscas y en menor proporción flujos y diques básicos, basaltos y diabasas.
Profundidad final	6.250	

**Tabla 2. Prognosis pozo Patía Estratigráfico-1.**

Unidad Cronoestratigráfica	Formación	Tiempo doble (mseg)	V. Interv. (Pies/seg)	Tope (Pies)
<b>Mioceno</b>	Esmita	306	7.500	0.0
<b>Oligoceno</b>	Mosquera	660	10.300	1.350
<b>Paleoceno - Eoceno</b>	Peña Morada	910	11.500	2.700
<b>Cretáceo Sedimentario</b>	Chapungo / Río Guabas	1.100	12.500	3.800
<b>Cretáceo Volcánico</b>	Grupo Diabásico	1.190	14.500	4.700
<b>Profundidad Final</b>		1.400		6.250

**Tabla 3. Prognosis pozo Patía Estratigráfico-1**

El pozo Patía Estratigráfico-1 propuesto, se localiza en el departamento del Cauca, al norte de la población de Mercaderes, en el anticlinal del mismo nombre, sobre la línea sísmica CP-90-1160, SP 630. El caserío más cercano es

Capellanía. Las coordenadas fueron tomadas directamente del software Geographix y son:

Coordenadas origen 3º Oeste (3W)

NORTE: 702.623

OESTE: 999.962

Coordenadas Magna Sirgas origen Bogotá

NORTE: 702920,7

ESTE: 666013,9

Magna Sirgas Magna Sirgas origen 3º Oeste (3W)

NORTE 702.629,5

ESTE 999.942,1

## 6.2 POZO PATÍA ESTRATIGRÁFICO-2

Es el segundo pozo propuesto en la subcuenca del Patía y se encuentra localizado sobre la línea sísmica CP-90-1160, en el SP 250, **Figura 13**. Este pozo perforaría básicamente la misma secuencia del pozo Patía Estratigráfico 1 más la parte superior conglomerática de la Formación Esmita, por lo que la profundidad a la cual atravesaría las secuencias litológicas sería mayor, resultando un pozo más profundo para perforar las mismas rocas que el 1.

Este pozo está ubicado en un anticlinal limitado al occidente por la falla de El Bordo. Las coordenadas para este pozo fueron tomadas directamente del sistema de interpretación Geographix y son:

Coordenadas origen 3º Oeste (3W)

NORTE: 698.666

OESTE: 991.311

Coordenadas Magna Sirgas origen Bogotá

NORTE: 698.972,9

ESTE: 657.343,9

Magna Sirgas Magna Sirgas origen 3º Oeste (3W)

NORTE 698.672,3

ESTE 991.291,1

## 7. PROGRAMA DE PERFORACION

### 7.1 POZO PATIA ESTRATIGRÁFICO-1

#### TAMAÑO DEL HUECO

INTERVALO	DIMENSIÓN
0 – 40´	26"
40 – 300´	17 1/2"
300 – 3000´	12 1/4"
3000 – 6250´	8 1/2"

Tomar corazones en los intervalos arenosos de las formaciones Río Guabas, Peña Morada y Mosquera.

Tomar registros de pozos:

Corrida-1 de 0 – 300´  
Induction log o Similar

Corrida-2 de 300´ - 3000´  
Induction log o Similar

Corrida 3 de 3000´ - 6250´  
Induction log o similar, GR, Sónico, Densidad-Neutrón, Velocidad, Dipmeter, VSP-CHECK SHOT, Desviación.

#### REVESTIMIENTOS

Conductor

Para estabilizar infraestructura de pozo, controlar formaciones no consolidadas.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
20"	94	K-55	BUT	0 – 40´

Accesorios  
Zapato Guía.

Superficie

Para prevenir contaminación de acuíferos, conectar equipos de cabeza de pozo y prevenir pérdidas de circulación.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
13 3/8"	54.5	J-55	STC	0 – 400´

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizador

Intermedio

Para proteger el hueco en zonas de discordancias detectadas.

Tamaño	Peso	Grado	Unión	Intervalo
9 5/8"	40	J-55	BUT	0 – 3000'

Accesorios

Zapato Guía, collar flotador, centralizadores

Liner

Asentar Liner para proteger derrumbes y condiciones de inestabilidad en el pozo, según las condiciones de la perforación y registros.

**CEMENTACIONES**

Revest	Tamaño	Hueco	Sacos	Clase	Tope
Conductor	20"	26"	50 sx	A	Superficie
Superficie	13 3/8"	17 1/2"	450 sx	C	Superficie
Intermedio	9 5/8"	12 1/4"	1000 sx	G	Superficie
		8 1/2"	a definir según registros		

Usar aditivos para controlar la pérdida de circulación y control de filtrado.

**LODO DE PERFORACION**

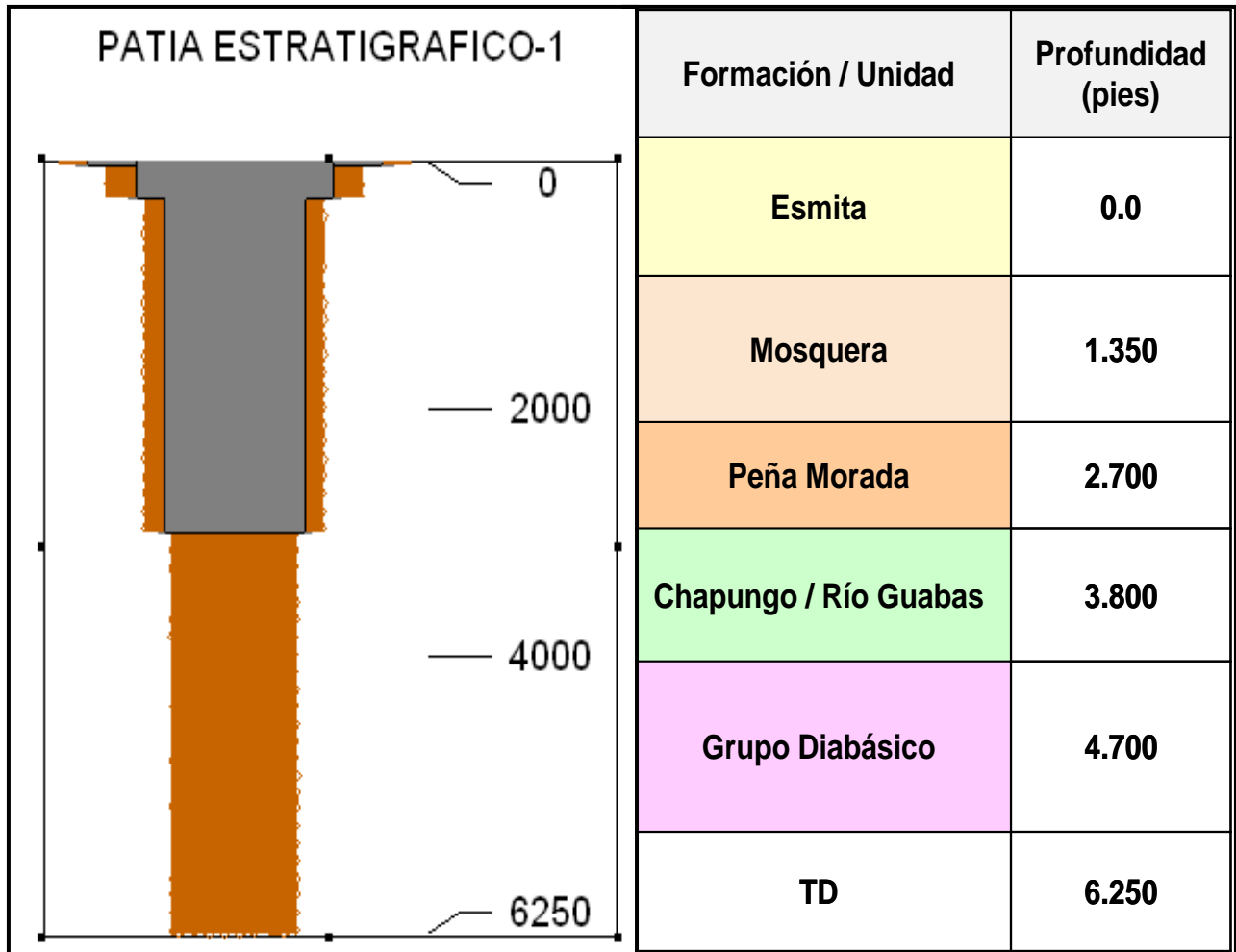
Usar lodo base agua bentonita hasta asentar revestimiento conductor y superficial con bajo contenido de sólidos y 9 Lbs/galón.

Después de asentar revestimiento de 13 3/8 usar lodo base agua-bentonita bajo en sólidos hasta 3500 pies con las siguientes propiedades:

Densidad	9.5 Lbs/galón
Viscosidad	40 seg max
Filtrado	< 7 cc

Perforar hueco de 8 1/2" con lodo las siguientes propiedades con 3% de aceite en volumen e inhibidores de hinchamiento de arcilla:

Densidad	10 Lbs/galón
Viscosidad	45 seg max
Filtrado	< 5 cc



*Figura 16. Estado Mecánico y Prognosis Pozo Patía - Estratigráfico 1.*

## 8. INCERTIDUMBRES

Las principales incertidumbres para la perforación del pozo Patía Estratigráfico-1, están relacionadas con:

- Conversión tiempo – profundidad: las velocidades calculadas para diseñar la prognosis del pozo fueron estimadas con base en datos lejanos al área de estudio, pozo Candelaria-1 en la subcuenca del Cauca.
- El modelo estructural: existe la posibilidad de encontrar repeticiones de las unidades estratigráficas superiores, producidas por cabalgamiento (*thrusting*).
- La no presencia de la secuencia Chapungo / Río Guabas ya que solamente se ha observado en la parte occidental y sur de la subcuenca del Patía.

### MUESTREO Y REGISTROS A TOMAR

Es importante y necesario que se tomen muestras de pared en las formaciones almacenadoras y fuente con el objetivo de hacer los análisis correspondientes para su calificación y determinación de su poder almacenador y/o generador respectivamente.

Si es posible, se recomienda corazonar la Formación Mosquera para verificar su carácter de roca reservorio.

Es indispensable que se haga un control riguroso en la toma de los ripios en el momento de perforar, con el fin de poder usar los mismos con alguna confiabilidad en los análisis bioestratigráficos y geoquímicos recomendados al final de la perforación, como aporte al conocimiento geológico de subsuelo en la cuenca.

Se recomienda tomar el set de registros básicos más el dipmeter y uno de velocidad para poder amarrar la sísmica con datos reales y pertenecientes a la cuenca.

## 9. CONCLUSIONES

1. La evaluación regional de información geológica y geofísica permite recomendar la perforación de un pozo estratigráfico en la Cuenca del Patía.
2. Comparando el conocimiento geológico actual existente entre las subcuencas del Cauca y del Patía se considera que la perforación estratigráfica en el Patía aportaría información imprescindible para acometer un programa exploratorio en la cuenca.
3. El objetivo del pozo estratigráfico propuesto es conocer y verificar la estratigrafía, el modelo estructural, la calidad de las rocas almacenadoras, sello y generadora, abriendo así las posibilidades a una nueva área exploratoria de hidrocarburos en el país.
4. La Cuenca Cauca Patía es una cuenca *foreland* afectada por fuerte compresión manifiesta por un cinturón de cabalgamiento (*thrust fault system*) con vergencia occidental y presencia de fallas de rumbo con dirección principal NW-SE.
5. Se propone perforar el pozo Patía Estratigráfico-1, el cual registraría rocas desde el Mioceno Medio hasta el Cretácico Superior, incluyendo basamento no sedimentario.
6. Se recomienda reprocesar la sísmica existente en la subcuenca del Cauca y/o adquirir nueva sísmica para conocer realmente la estructura de la cuenca.
7. Se recomienda realizar un exhaustivo análisis petrofísico a los pozos perforados en la subcuenca del Cauca con el fin de conocer su verdadero potencial.

## BIBLIOGRAFIA

- BEICIP – FRANLAB, 1998. Basin Overview, Valle del Cauca Basin, Poster.
- BUZAR CONSULTORES, 1993. Mapas de plays exploratorios cuencas del Patía, Valle del Cauca y Choco Pacifico. Para: ECOPETROL, 24 p.
- CARIBBEAN OIL AND SERVICES, 1994. Reporte Informe Final, Interpretación sísmica, Cuenca Cauca Patía, Bloque Cóndores, 27 p.
- CRICHLLOW, P., et al., 1997. Geological and Engineering analysis of Trinity Gas Colombia Wells in the Cauca Valley, Colombia using open hole well log data, Patacore 1 y Juga 1, 68 p.
- ECOPETROL, 1980. Cuenca del Patía Superior, Informe Geológico (Pérez y Numpaque)
- ECOPETROL-ICP, 1991. Evaluación de la cuenca Patía. Informe final, 4 tomos.
- ECOPETROL – ICP, 1997. Recursos preliminares de gas asociado al carbón en Colombia.
- ECOPETROL, 1999. Bloque Cañaduzales, Cuenca Cauca Patía Informe Técnico Anual 1997-1998.
- ECOPETROL, Gerencia Occidente, 2000. Resumen geológico y operacional del pozo Juga 1, prospecto Cauca-Patía. Por INTFODATO E.U., 36 p.
- ECOPETROL-ICP, 2001. Evaluación geoquímica de muestras de roca y un rezumadero de la cuenca del Patía.
- ESCOBAR, J., 1993. Análisis de los Play maps y evaluación de riesgo, cuencas: Guajira, Los Cayos, Sanjuán-Atrato, Tumaco, Patía, y Valle del Cauca.
- ESRI, 1989. Frontier Basins of Colombia, Valle del Cauca Basin, Final report, 4 volúmenes, 262 p. Para: ECOPETROL
- INGEOMINAS, 1979. Mapa geológico generalizado del Departamento del Cauca, escala 1:300.000.
- INGEOMINAS, 1999. Geología de la plancha 386, Mercaderes, escala 1:100.000.
- ILEX, 1998. Estudio integral de la geología y potencial de hidrocarburos de la cuenca intramontana Cauca-Patía. Para: ECOPETROL

INTERCOL, 1965. Registro de velocidad pozo Candelaria 1.

MARTINEZ,J., RUBIO, F., 1991. Arquitectura Facial de las unidades tectonosedimentarias Terciarias, con la evolución geodinámica de la subcuenca del Alto Patía, Cauca-Colombia. Tesis, Universidad Nacional de Colombia, 122 p.

MURCIA, A., ORREGO, A., PEREZ, G., 1981. Geologic reconnaissance of the Southernmost Cauca-Patía depression. Asociacion Colombiana de Geólogos y Geofísicos de Colombia, 20<sup>th</sup> field conference, Bogotá.

OAKS ASOCIADOS, 2001. Síntesis regional y caracterización estructural de la cuenca del Patía. Para: ECOPETROL.

OXY EXPLORATION, 1991. Cauca Block Association Contract Cauca Basin, Evaluation Report, nov, 123 p.

TRINITY GAS COLOMBIA, 1997. Informe geológico de perforación, pozo Juga 1, 111 p.

STUTZER, O., 1926 Contribución a la geología del foso Cauca Patía.