

GEOLOGÍA DE LA CUENCA TUMACO NORTE: REVISIÓN PREVIA DE INFORMACIÓN PETROLERA PARA PERFORACIÓN DE UN POZO ESTRATIGRÁFICO PROFUNDO

Alberto Ortiz¹, Joaquín Andrés Valencia²

RESUMEN

La Cuenca Tumaco representa una cuenca de ante arco ("*Forearc Basin*") asociada a un sistema de subducción terciario. En la parte terrestre, esta cuenca presenta fallamiento inverso poco intenso y en la parte marina presenta un estilo estructural de fallas extensionales. En esta cuenca afloran rocas del Cretáceo Superior que son las que constituyen el basamento y rocas sedimentarias cenozoicas, desde el Eoceno hasta el Plioceno, formadas en ambientes marinos profundos. El sistema petrolífero de esta cuenca ha sido probado sin éxito desde hace más de 30 años por varios pozos exploratorios que han perforado altos de basamento esencialmente de origen diapírico. Únicamente se registran manifestaciones de gas con producción no comercial. Es por sus características sedimentarias y de evolución tectónica, que en esta cuenca hay altas probabilidades de encontrar dominio de yacimientos estratigráficos sobre yacimientos estructurales en rocas depositadas en ambientes de turbiditas desarrolladas en zonas de talud y pie de talud. La perforación del pozo ANH-BVTURA-1-ST-P, intenta muestrear la columna estratigráfica hasta una profundidad cercana a los 3.048 m (10.000 pies), para contar con un mejor conocimiento del sistema petrolífero dominante en la zona.

Palabras clave: Cuenca Tumaco, Pozo estratigráfico profundo, Ambientes de sedimentación, Geología estructural, Correlación de pozos.

GEOLOGY OF THE NORTH TUMACO BASIN: A REVIEW OF OIL INFORMATION PRE STRATIGRAPHIC DEEP-WELL DRILLING

ABSTRACT

Tumaco Basin is a fore arc Basin type associated with Tertiary subduction system. Structural styles onshore are essentially thrusting faults and in the offshore part of the Basin is more extensional type. In this Basin the upper Cretaceous rocks outcrop are those which form the basement and Cenozoic sedimentary rocks from the Eocene to the Pliocene, deposited in deep marine environments. The petroleum system in this Basin has been tested without success for over 30 years by several exploratory wells that have drilled basement highs related to diapirism. Just a few only a registered shows of condensate non-commercial gas has been recovered. Because of its sedimentary and tectonic features this basin has greater chances of stratigraphic traps than tectonic traps because of the turbidites deposited in the slopes of this basin. Main target of perforation of stratigraphic well ANH-BVTURA-1-1-ST-P, is to sample the stratigraphic column to a depth of about 3.048 m (10.000 ft) for getting a better understanding of the petroleum system in the area.

Keywords: Tumaco Basin, stratigraphic deep-well, sedimentary environments, structural geology, well correlation

¹ ortalberto@gmail.com - Móvil: 317-6363781.

² andresval166@hotmail.com

INTRODUCCIÓN

Gran parte del subsuelo Colombiano se encuentra inexplorado en lo que se refiere a la búsqueda de hidrocarburos, particularmente en las áreas que no han registrado hallazgos petrolíferos de importancia (cuencas fronteras). La información geológica de subsuelo en estas zonas es muy pobre y por lo mismo su potencial petrolero es desconocido, lo cual desmotiva la inversión privada. En cumplimiento al Plan Estratégico 2020, la ANH (Agencia Nacional de Hidrocarburos) ha iniciado actividades de adquisición de información de subsuelo y superficie de las cuencas Colombianas, con el objeto de ampliar el conocimiento geológico de éstas, evaluar su potencial y de esta manera promocionar y promover la inversión privada en nuevos bloques.

En aras de aumentar el conocimiento geológico de la Cuenca Tumaco, la ANH junto con la Universidad Industrial de Santander-UIS han programado la perforación de un pozo estratigráfico profundo (ANH-BVTURA-1-ST-P), con el fin de adquirir información de subsuelo.

La información geológica disponible de la cuenca es relativamente escasa, por lo tanto es necesario contar con un modelo geológico preliminar que incorpore toda la información del subsuelo que esté disponible; para ello se tienen datos obtenidos en procesos de perforación de cinco pozos exploratorios perforados en la zona: Chagüi 1 (1955), Sandi 1 (1967), Tambora 1 (1967), Remolino Grande 1 (1980) y Majagua 1 (1981). Esta cuenca tiene un potencial relativamente alto desde el punto de vista exploratorio. La presencia de muestras de hidrocarburos (“oil shows”) en los pozos Remolino Grande-1, Majagua-1 y Chagüi-1 indica que la roca generadora pudo haber alcanzado la maduración térmica necesaria para producir petróleo y gas.

Se han realizado estudios aislados en torno a la Cuenca Tumaco. Ojeda y Calife (1987) definen la cuenca de Tumaco como una Cuenca tipo *fore-arc* (ante-arco) de margen convergente activo, ubicada entre la Cordillera Occidental y la zona de trinchera de Colombia en el Océano Pacífico que ha sido dividida en dos zonas: una ubicada en el continente

(“*onshore*”) y la otra costa afuera en el Océano Pacífico (“*offshore*”).

Suárez (1990a) caracteriza la región “*onshore*” como una cuenca poco complicada desde el punto de vista estructural, con un fallamiento suave y poco intenso. Por el contrario, la Cuenca Tumaco “*offshore*” se encuentra altamente tectonizada y presenta una serie de plegamientos estrechos, fallas normales y diapirismo de lodo.

Suárez (1990a), hace referencia que sobre las rocas Cretácicas de la cuenca, reposa un conjunto de rocas sedimentarias de edad Eoceno a Plioceno, de origen marino profundo que conforman el espeso relleno de la cuenca. Para Suárez (1990a) en la cuenca existen buenas posibilidades de generación de hidrocarburos, especialmente gas, sin descartar hidrocarburo líquido. Bedoya *et al.* (2009) definen la orientación de la cuenca y su longitud aproximada. Para ellos la cuenca Tumaco está compuesta por una mega secuencia premiocénica y tres secuencias posteriores al Mioceno inferior, depositadas en ambientes marinos de plataforma y talud.

LOCALIZACIÓN

La Cuenca Tumaco está localizada al Suroccidente de Colombia, en la región Pacífica y hace parte de la Cuenca Pacífica del Norte de Ecuador y suroccidente de Colombia (FIGURA 1). Su flanco Occidental está definido por un alto estructural que controla la geometría de la cuenca y que la separa en dos áreas; cuenca costa adentro (“*onshore*”) predominante y cuenca costa afuera (“*offshore*”). La Cuenca Tumaco (“*onshore*”) limita al norte con el sistema de Fallas de Garrapatas, al sur con la frontera Ecuatoriana (se prolonga al sur de este límite), al este con las rocas volcánicas de la Cordillera Occidental y al oeste con la línea de costa del Océano Pacífico.

La prolongación de la Cuenca en el Océano Pacífico (Tumaco *offshore*) limita al norte también con el sistema de Fallas de Garrapatas, al sur con Ecuador, al este con la línea de costa del océano Pacífico y al oeste con la fosa de subducción de Colombia en el Pacífico.

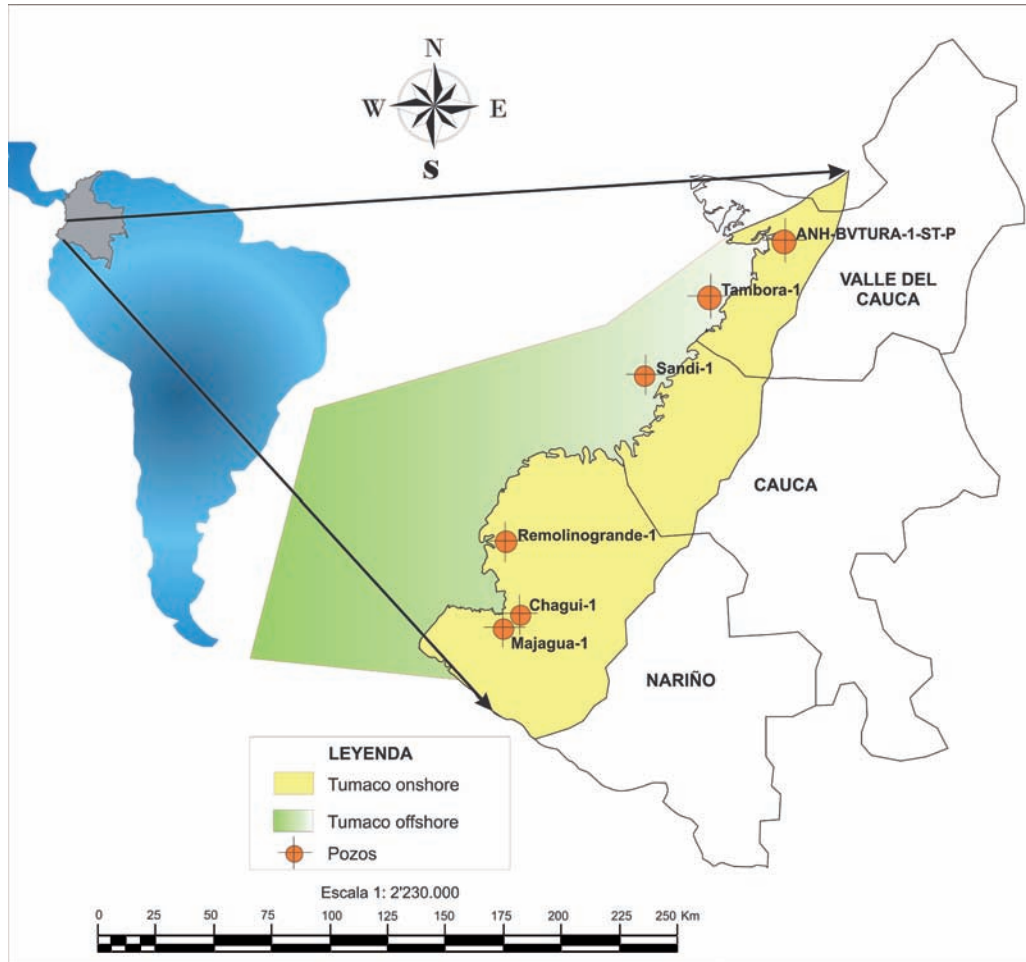


FIGURA 1. Ubicación geográfica de la Cuenca Tumaco. Punto del pozo a perforar (ANH) y los pozos vecinos que han sido perforados.

JUSTIFICACION DE LA PERFORACION DEL POZO ANH-BVTURA-1-ST-P

La Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) se encuentra coordinando el desarrollo de diferentes estudios con el ánimo de establecer el conocimiento potencial del Subsuelo Colombiano y lograr un mejor aprovechamiento de los recursos que se tienen en este, ya que la mayoría del subsuelo se encuentra inexplorado.

La ANH clasifica las Cuencas en tres grupos: 1) Cuencas inexploradas o tectónicamente complejas; 2) Cuencas sub-exploradas y 3) Cuencas exploradas. La Cuenca Tumaco, es una Cuenca inexplorada casi en su totalidad, razón por la cual la Agencia y la UIS se encuentran interesados en coordinar diferentes estudios con el ánimo de evaluar y desarrollar estrategias de exploración que permitan conocer la geología del subsuelo presentes en este sector del país. Por esta razón se va a realizar la perforación del pozo estratigráfico ANH-BVTURA-1-

ST-P, con el fin de conocer la estratigrafía predominante en este sector del país.

En los primeros 3.048 m (10.000 pies) de espesor de la columna sedimentaria y según la correlación de los pozos estratigráficos Tambora-1 y Sandi-1 se asume que a una profundidad aproximada de los 762 a los 1.219 m (2.500 a los 4.000 pies) se pueden encontrar intercalaciones de arcillolitas, lodolitas y conglomerados de color gris a gris oscuro, que entre los 1.372 y los 1.981 m (4.500 y los 6.500 pies) de profundidad se puede encontrar una intercalación de arcillas, limolitas y areniscas con algunos capas calcáreas de color gris a gris oscuro, cerca de los 2.134 a los 2.591 m (7.000 a los 8.500 pies) se pueden encontrar conglomerados polimícticos compuestos por clastos de diversas rocas con pequeñas intercalaciones de arcillolitas, cerca de los 2.743 a los 3.353 m (9.000 a los 11.000 pies) de profundidad lo que se puede encontrar es una gran secuencia de arcillolitas con pequeñas intercalaciones de areniscas en donde algunas

capas muestran la presencia de carbonatos, y hacia los 3.688 m (12.100 pies) lo que debería encontrarse es el grupo diabásico con intercalaciones de *shales*, areniscas y arcillolitas de color gris a gris oscuro.

EVOLUCIÓN GEOLOGICA DE LA CUENCA DE ANTEARCO TUMACO

Uno de los principales inconvenientes para el entendimiento de la evolución de las Cuencas de la región del Pacífico y entre ellas la Cuenca Tumaco es la poca claridad que se tiene de la estratigrafía de la misma, haciéndose necesario cuestionar la uniformidad deposicional a través de toda la región para tratar de identificar las secuencias sedimentarias asociadas a cada una de las cuencas (Suárez, 1990a).

La Cuenca Tumaco se presenta como una Cuenca de Antearco (*forearc basin*) asociada al sistema de subducción terciario (FIGURA 2A). En la parte terrestre se tiene fallamiento inverso poco intenso y en la parte marina un estilo estructural de fallas extensionales. También se

presentan diapirismo de lodo tanto en la parte terrestre como en la parte marina (Earth Satellite Corporation, 1999).

La Cuenca empieza su evolución en el Cretáceo Tardío donde la Orogenia Calima (Barrero 1979) produce un régimen compresivo que afecta la sección Cretácea produciendo un desplazamiento de la Corteza oceánica en la zona de subducción y corteza continental debido al movimiento dextral de la placa a lo largo de la mega cizalla Tumbes-Guiana al sur de Ecuador (FIGURA 2B). De esta manera la zona de subducción fue localizada a lo largo del lineamiento Dolores-Guayaquil. Se presentaron también levantamientos del basamento constituido por los grupos Dagua y Diabásico (Ojeda y Calife, 1987).

Posiblemente desde el Paleoceno y hasta el Mioceno Temprano se presentaron depósitos en un ambiente marino profundo (mega secuencia pre-Tmm). Aún es incierto cuantos pulsos tectónicos se presentaron en este lapso de tiempo (Suárez, 1990a).

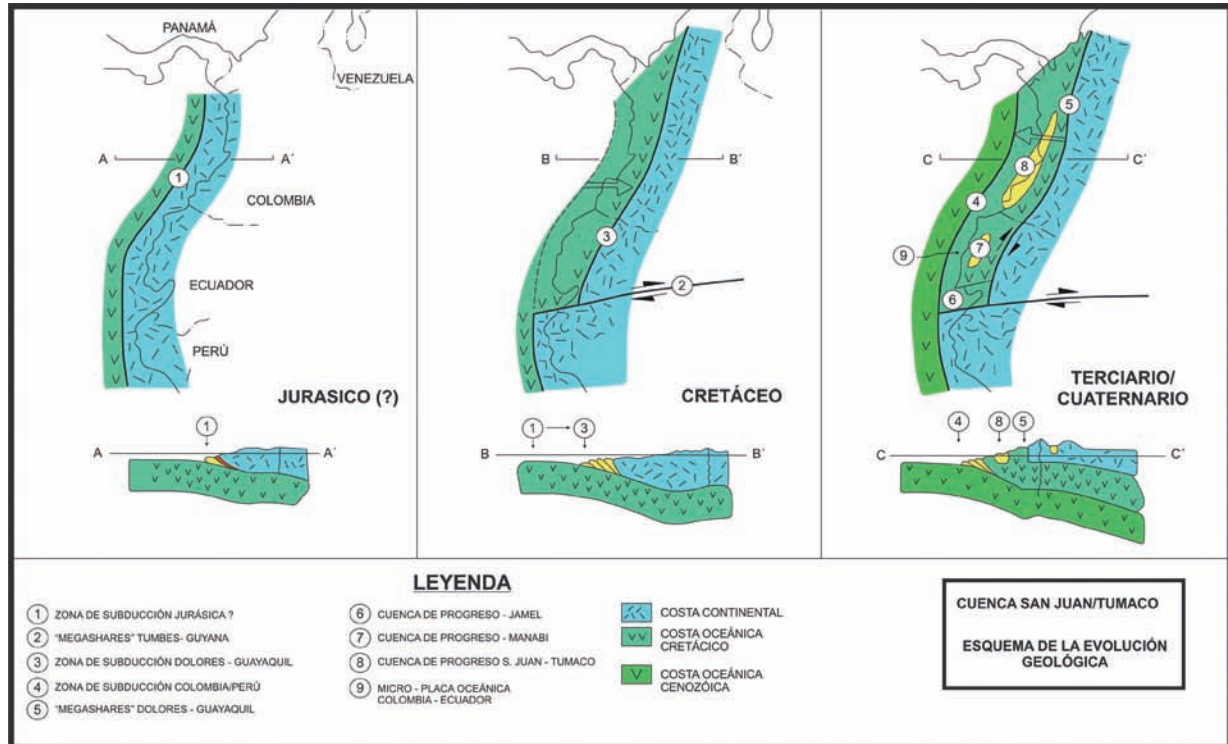


FIGURA 2: Evolución geológica de la cuenca de ante arco Tumaco. A) Cuenca asociada al sistema de subducción del Jurásico. B) Desplazamiento de la placa a lo largo de mega cizalla durante el cretáceo. C) Formación de la micro placa Colombia-Ecuador. Tomado de Ojeda y Calife (1987).

En el Paleoceno/ Eoceno se presenta una depositación constituida por sedimentos pelágicos intercalados con facies ofiolíticas (conjunto de rocas ultrabásicas, complejo de diques, lavas) que constituyen una corteza oceánica asociados a conglomerados volcanoclásticos. (Dewey and Bird, 1970). En esta misma época, la subducción de la Placa Farallón bajo la placa Suramericana se dio a lo largo de la alineación que sería la “mega-cizalla Dolores-Guayaquil, (Falla Romeral, departamento del Cauca-Colombia). Probablemente a partir del Oligoceno, comenzó una transferencia de la zona de subducción de la placa Pacífico Caribe de su posición a lo largo de la mega cizalla Dolores-Guayaquil para la zona de trinchera de Colombia. Así mismo fue definida y denominada la micro placa de corteza oceánica Colombia-Ecuador entre ambas zonas de subducción (FIGURA 2C) (Ojeda y Calife, 1987).

Como resultado de este proceso se dio lugar probablemente a los siguientes eventos:

- 1) La fragmentación de la micro placa en flancos fallados y la formación de un paleo alto.
- 2) El desarrollo de la cuenca “forearc”.
- 3) La sedimentación de paquetes de pizarras en aguas marinas profundas intercaladas con secuencias turbidíticas arenosas (formaciones Capayas y Viche).

A finales del Mioceno temprano se presenta un pulso tectónico importante que queda registrado por las formaciones Viche y Angostura depositadas al sur de la cuenca (Wainoco, 1980), y por la Formación Naya (Van Der Hammen, 1958) que se deposita al norte de la

misma; estas formaciones son de ambientes turbiditas. A partir del Mioceno medio se inicia un proceso de diapirismo de lodo. A comienzos del Mioceno tardío ocurre otro pulso tectónico significativo que produce nuevamente depósitos turbidíticos en un ambiente batial, que se manifiestan en las formación Chagüi y San Agustín (Suárez, 1990a).

En el Plioceno se presenta el último pulso y el más intenso de la Orogenia Andina. Dicho pulso produce somerización de la cuenca teniéndose depósitos en un ambiente nerítico a continental (Formación Guapi) (Van Der Hammen, 1958).

MODELO TECTONICO DE LA CUENCA

Esta cuenca puede ser clasificada tectónicamente como un complejo de acreción de antearco, asociado con procesos de subducción que han estado activos desde tiempos del Paleogeno. Este complejo tiene la capacidad para albergar dos cuencas cenozoicas de antearco, una en tierra firme y la otra en costa afuera. Las dos cuencas estan separadas por una cresta de corteza de composición oceanica.

La cuenca que esta en tierra firme (“onshore”), se considera un residuo de la cuenca de antearco en la que los sedimentos muestran una secuencia de somerización ascendente de un segmento remanente de la corteza oceánica del Cretácico. La cuenca del mar (“offshore”), es una cuenca de acrecion de antearco desarrollada dentro del complejo de subducción que estuvo activo desde el Neógeno hasta la actualidad (FIGURA 3).

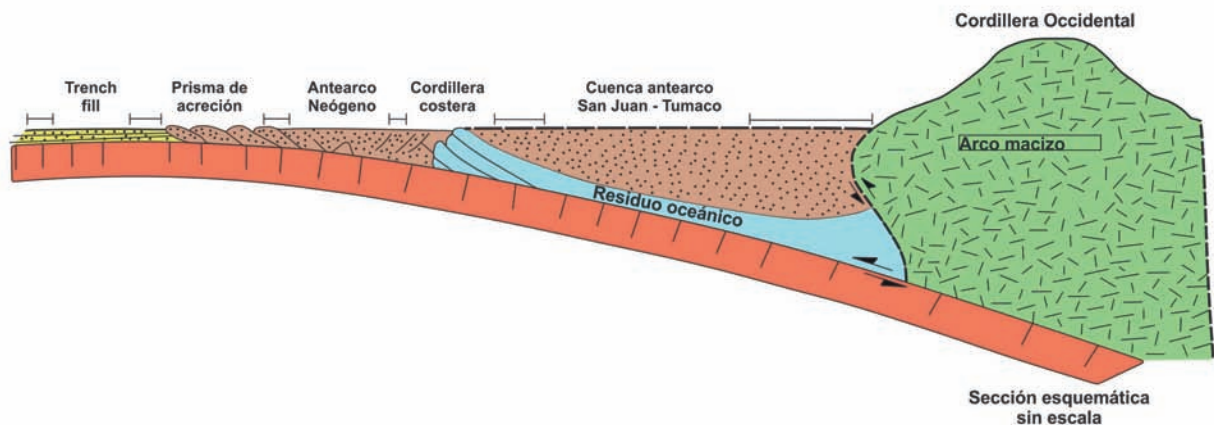


FIGURA 3. Modelo tectónico de la Cuenca San Juan - Tumaco. Sección esquemática tectónica. Tomado de Arias *et al.* (1988).

MARCO ESTRATIGRÁFICO

En la Cuenca Tumaco afloran rocas del Cretáceo Superior que constituyen el basamento y rocas sedimentarias del Cenozoico desde el Eoceno hasta el Plioceno, formadas en ambientes marinos profundos, pero es posible que en el depocentro se tengan rocas Sedimentarias del Cretáceo más Superior y Paleoceno, lo cual podría suceder considerando los espesores infrayacentes a rocas del Eoceno.

Las Unidades lito estratigráficas de los pozos estratigráficos perforados (Tambora-1, Sandi-1, Remolino grande-1, Majagua-1, Chagüi-1) se describen a continuación.

El basamento de la Cuenca Tumaco está constituido por el grupo diabásico que consta de basaltos toleíticos, diabasas, lavas almohadilladas con algunas intercalaciones de *chert* y algunas lilitas fisiles (*shale*) pelágicos. Todas estas unidades depositadas en este periodo se presentan en correlación desde el sur hasta el paleo alto del Baudo, ya que su sistema deposicional cambia a medida que se incrementa en la latitud. Para la región de Buenaventura se cuenta con los pozos estratigráficos perforados que brindan una ayuda para establecer este patrón depositacional en la secuencia litoestratigráfica presente en el subsuelo y que se describe a continuación:

La unidad 1 Norte corresponde a conglomerados y arenitas de ambiente marino profundo (batial a abisal) y probablemente representa abanicos submarinos, rellenos de canales y cañones submarinos.

La Formación Cayapas se divide informalmente en las unidades Cayapas Inferior y Cayapas Superior. La unidad Cayapas Inferior consiste en arcillolitas, arcillolitas limosas y arcillolitas fisiles (*shales*) con frecuentes niveles delgados de arenita depositados al parecer en un ambiente abisal a batial. La unidad Cayapas Superior está constituida por una alternancia de arcillolitas grises, arenitas piroclásticas y calizas representan un ambiente batial.

La unidad 2 consta de arcillolitas fisiles (*shales*), lodolitas y arcillolitas con niveles delgados de caliza hacia la parte inferior. Se depositó en un ambiente de talud inferior. La unidad 3 también es lodosa pero con intercalaciones de niveles de arenitas hacia la parte superior y representa un ambiente batial medio a inferior.

Todas las unidades presentes en este intervalo de tiempo son pelíticas y contribuyen a los diapiros de lodo existentes en la Cuenca.

La Formación Viche presenta facies arcillosa con niveles calcáreos y algunos niveles de arenitas. Se formó en un ambiente batial medio por procesos turbidíticos.

La Formación Angostura contiene arenitas, arenitas conglomeráticas y conglomerados con matriz areno arcillosa depositada en un ambiente batial medio a superior.

La Formación Naya se divide informalmente en las unidades Naya Inferior y Naya Superior. La unidad Naya Inferior está constituida por un conglomerado basal e intercalaciones de arcillolitas y conglomerados.

La base de esta unidad representa un evento de alta energía con presencia de abanicos submarinos, rellenos de cañones y de canales submarinos favorable para la formación de facies clásticas gruesas. La unidad Naya Superior consiste primordialmente de arcillolitas, lodolitas y arcillolitas fisiles (*shale*) con intercalaciones delgadas de arenita, arenita conglomerática y escasos conglomerados.

La Formación Chagüi, consiste en una alternancia de conjuntos muy gruesos de arcillolitas, arcillolitas fisiles (*shales*), limolitas y lodolitas localmente calcáreas con conjuntos muy gruesos de arenitas y arenitas conglomeráticas con fragmentos tobáceos y de rocas máficas. Se depositó en un ambiente batial medio a superior y podría representar olistostromas y rellenos de cañones submarinos interdigitados con depósitos generados por corrientes de turbidez.

La Formación San Agustín está constituida predominantemente por arcillolitas, limolitas y limolitas arcillosas en conjuntos muy gruesos, con frecuentes intercalaciones de arenitas tobáceas en conjuntos muy gruesos. Esta facies más lodosa representa posiblemente depósitos neríticos de plataforma externa.

La Formación Guapi presenta un conglomerado basal delgado incluyendo sedimentos Cuaternarios. Esta unidad posiblemente se depositó durante un *highstand systems tract* y un *shelf margin system tract* (FIGURA 4).

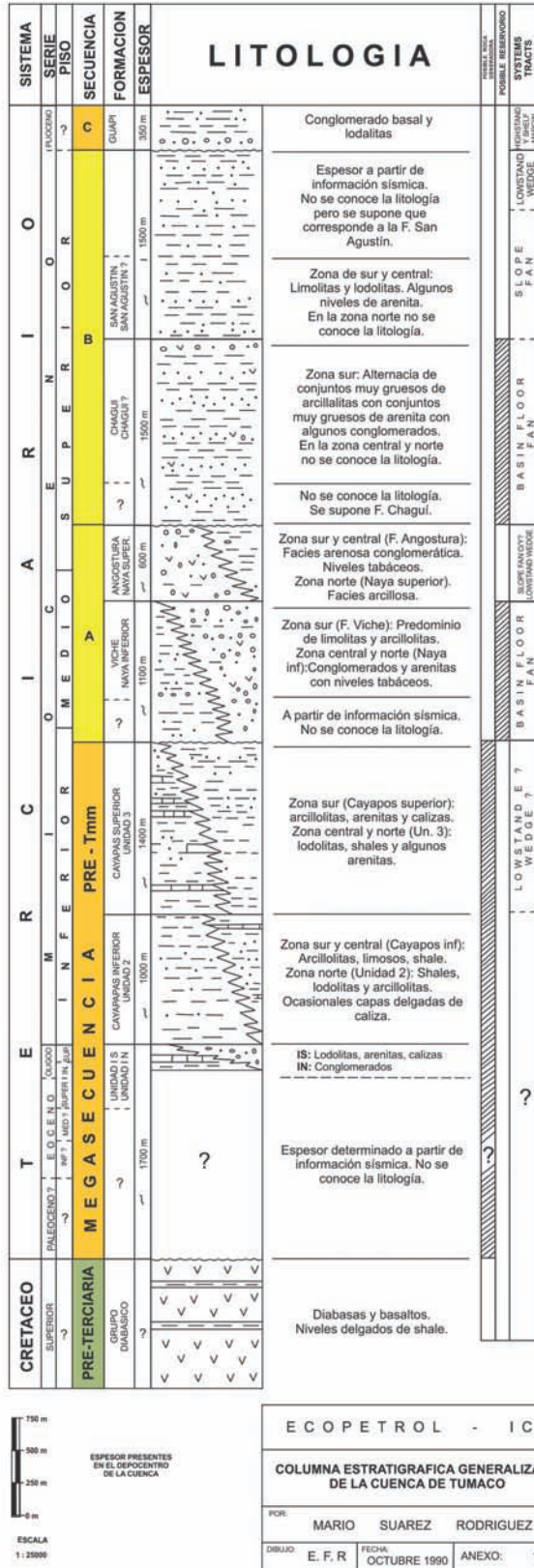


FIGURA 4: Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Tumaco. Tomado de Suárez (1990a).

DESCRIPCIÓN LITOESTRATIGRÁFICA DE LOS POZOS

Es importante tener en cuenta que el éxito de estos pozos profundos depende principalmente de los estudios previos realizados y su correlación con pozos exploratorios perforados en la cuenca o en su cercanía (FIGURA 5). A continuación se describen los pozos perforados en la cuenca Tumaco:

El pozo *Tambora-1* se perforó al Suroeste de Buenaventura en un lugar de la plataforma continental, con una columna de agua de aproximadamente 52 m (170 pies), y una profundidad total de perforación de aproximadamente 3.444 m (11.300 pies).

De la información disponible se encuentran las descripciones litológicas de varios intervalos: Desde los 793 a 853 m (2.600 a 2.800 pies) se presentaron arcillolitas de color gris a gris oscuro, calcáreo con vetas irregulares de areniscas muy fina. De los 1.402 hasta los 1.463 m (4.600 hasta los 4.800 pies) de profundidad se encuentran intercalaciones de arcillolitas y areniscas, con algún contenido de biotita. Siguiendo aproximadamente a una profundidad de 2073 a 2.179 m (6.800 a 7.150 pies), se encuentran arcillas con algunas capas de carbonatos con pequeñas intercalaciones de areniscas de grano muy fino. Predominan de los 2.713 a 2.896 m (8.900 a 9.500 pies) de profundidad las arcillolitas y conglomerados polimicticos con cuarzos de origen ígneo y diabásicos que se extienden hasta la profundidad total. En este pozo se presentaron algunas manifestaciones débiles de gas.

El pozo *Sandi-1* fue perforado costa afuera entre la isla de Gorgona y Buenaventura, se perforó hasta los 3.707 m (12.161 pies). En una columna de agua de aproximadamente 61 m (200 pies). Este pozo tiene coordenadas N 834.141, E 586.304.

La descripción de la litología atravesada por este pozo se inicia a los 975 m (3.200 pies) con litología de lodolitas de color gris a gris oscuro intercaladas con conglomerados. Entre 1.646 y 1.829 m (5.400 y 6.000 pies), se presentaron unas areniscas con algunas capas calcáreas e intercalaciones de limolitas de grano fino. Aproximadamente de 1.981 a 2.591 m (6.500 a 8.500 pies) se encuentran unas arcillas de grano muy fino y arcillolitas con pequeñas intercalaciones de conglomerados polimicticos. En el último intervalo de 2.621 a 3.566 m (8.600 a 11.700 pies) continúan las intercalaciones de arcillolitas con pequeñas intercalaciones de conglomerados y areniscas. El informe de pozo reporta que se presentaron manifestaciones de gas a lo largo de las fracturas.

El pozo *Remolino Grande-1* está localizado aproximadamente a 25 km al Sur de Mosquera en el departamento de Nariño al Suroeste de Colombia. Este pozo tiene coordenadas N: 740.117.88 Y E: 505.552.26. El pozo fue catalogado como un pozo exploratorio A3. No presentó hidrocarburos pero se observó gas condensado durante su perforación a profundidad.

En cuanto a su litología, predomina una gran intercalación de areniscas y arcillolitas de color gris verdoso que ocasionalmente presenta elementos

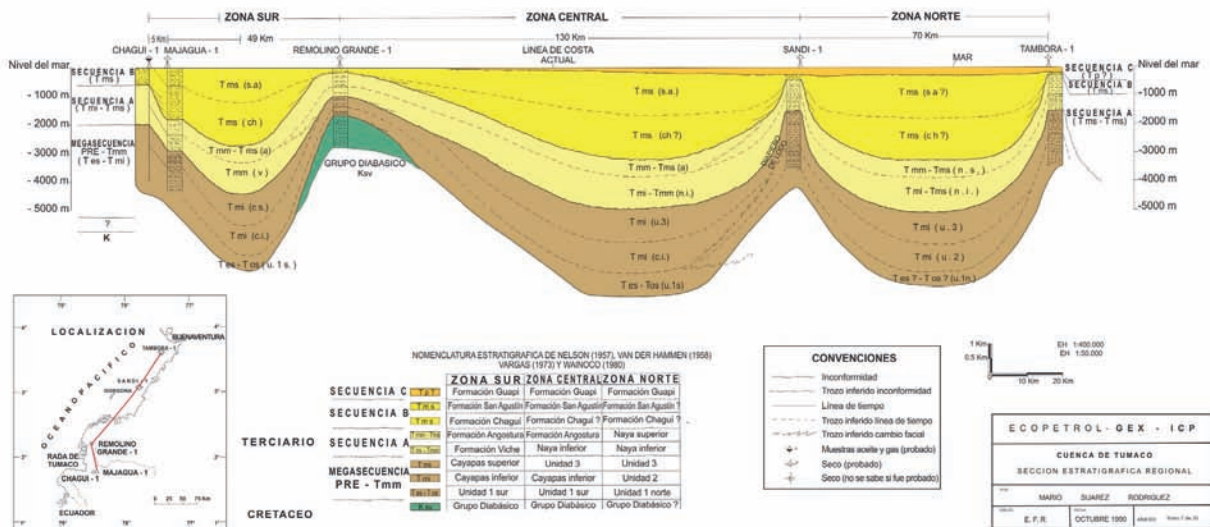


FIGURA 5. Sección Estratigráfica regional de la Cuenca Tumaco. Tomada de Suárez (1990a).

carbonáceos; en ciertos sectores se observa la presencia de conglomerados intercalados con arcillas y capas gruesas de *shale*. Esta gran intercalación se da desde el inicio de la perforación hasta los 1.676 m (5.500 pies) de profundidad. Alrededor de los 1.829 m (6.000 pies) se encontró un cuerpo ígneo (dique) de composición diabásica. Cerca de los 2.134 m (7.000 pies) vuelve y aparece la intercalación de arcillolitas y limolitas con capas de *shale* pero presenta algunas alteraciones por la presencia del dique. Hacia la base del pozo aparece nuevamente un cuerpo ígneo cristalino que posiblemente ya es el basamento.

El pozo *Majagua-1* se encuentra localizado sobre el Río Chagüi en la región deltaica del río Patía al oeste de la línea de Costa del Pacífico. Este pozo tiene coordenadas N: 688.693.186, E: 847.035.665. Está clasificado como un pozo exploratorio tipo A3. Durante la perforación se presentaron muestras de gas a 2.550 y a 3.818 m (8.365 ft y a 12.525 pies).

El pozo alcanzó una profundidad de 4.355 m (14.287 pies). Desde el inicio de la perforación hasta aproximadamente 1.372 m (4.500 pies) presenta intercalaciones de areniscas poco consolidadas con pequeños niveles de lodolitas y en algunos sectores areniscas conglomeráticas intercaladas con arcillolitas. Desde los 1.403 m (4.600 pies) hasta aproximadamente los 1.829 m (6.000 pies) se presentan arcillolitas con intercalaciones de conglomerados y presentan un alto contenido de clastos de origen volcánico.

De los 1.981 hasta los 2.286 m (6.500 hasta los 7.500 pies) de profundidad hay presencia de rocas de origen volcánico, que contiene elementos como tobas, cenizas volcánicas, bombas, y en ciertos sectores presenta pequeñas intercalaciones de lodolitas y algunos clastos presentan anhidrita. Por último se ve una secuencia que va desde los 2.896 hasta los 4.355 m (9.500 hasta los 14.287 pies) donde predomina una secuencia potente de lodolitas con algunas intercalaciones de arenisca de grano fino a medio, y en ciertos sectores hay presencia de limolitas y arcillolitas.

El pozo *Chagüi-1* se perforó sobre un anticlinal producido por diapirismo. Este pozo tiene coordenadas N: 687.965 E: 507.570, se perforó hasta una profundidad de 3.995 m (13.107 pies). Desde los 91 hasta los 457 m (300 hasta los 1.500 pies) se presentan argilitas de color verde oliva grisácea, compacta con areniscas muy finas de grano muy fino y de fragmentos de rocas

ígneas. Presenta intercalaciones en argilitas, limolitas y areniscas. A profundidad de 457 a 610 m (1.500 a 2.000 pies) argilita limosa de grano muy fino de color gris. Entre los 610 a 700 m (2.000 a 2.300 pies) se encuentra arenisca conglomerática de grano fino a medio, eventualmente guijarros. Continuamente desde 700 a 1.097 m (2.300 a 3.600 pies) se presenta argilita limosa intercalada con arenisca conglomerática. Desde 1.097 a 1.920 m (3.600 a 6.300 pies) se presenta arenisca fina y muy fina con láminas carbonosas. También arcilla pizarrosa negra verdosa ligeramente limosa con foraminíferos. También se encuentran pequeñas intercalaciones de arcilla pizarrosa y limolita grises con intercalaciones de arenisca grano grueso y caliza gris clara cristalina. Desde 1.920 a 1.981 m (6.300 a 6.500 pies) se presenta arenisca conglomerática calcárea con capas gruesas de arcilla pizarrosa negra. Finalmente, desde 1.981 a 3.995 m (6.500 a 13.107 pies) se presenta arcilla pizarrosa gris olivácea, carbonosa, con capas de arenisca y caliza, fragmentos de concha.

GEOLOGIA ESTRUCTURAL

En el sector sur terrestre de la Cuenca de Tumaco (Departamento de Nariño), se tiene al este un rumbo regional de N25E a N35E, pero en la parte axial y oeste el rumbo es de N5E a N15E. Esta área presenta poca perturbación tectónica teniéndose solo algunos pliegues suaves asociados a diapirismo de lodo y fallamiento poco intenso. Desde el límite con el departamento del Cauca y hasta la Bahía de Buenaventura el rumbo regional es aproximadamente N30E. (Suárez, 1990b).

Costa afuera la cuenca se encuentra altamente tectonizada con plegamientos estrechos, fallas normales y diapirismo de lodo. En general los pliegues y fallas presentan altos buzamientos. Paralelamente al departamento de Nariño el rumbo regional es de N30E a N40E pero a partir del límite con el Departamento del Cauca y hasta la Bahía de Buenaventura es de N45E a N50E (Ojeda y Calife, 1987; García y Prince, 1982, en Suárez, 1990b) (FIGURA 6).

Esta cuenca presenta dos depocentros debido a la existencia de un paleo alto de basamento siendo más profundo el depocentro de la parte terrestre. El paleo alto de basamento separa dos zonas que presentan diferentes estilos estructurales. Costa adentro se tiene fallamiento inverso poco intenso y poca deformación. Costa afuera el estilo estructural es de fallas extensionales, con la mayoría de fallas de ángulo alto y vergencia al oeste.

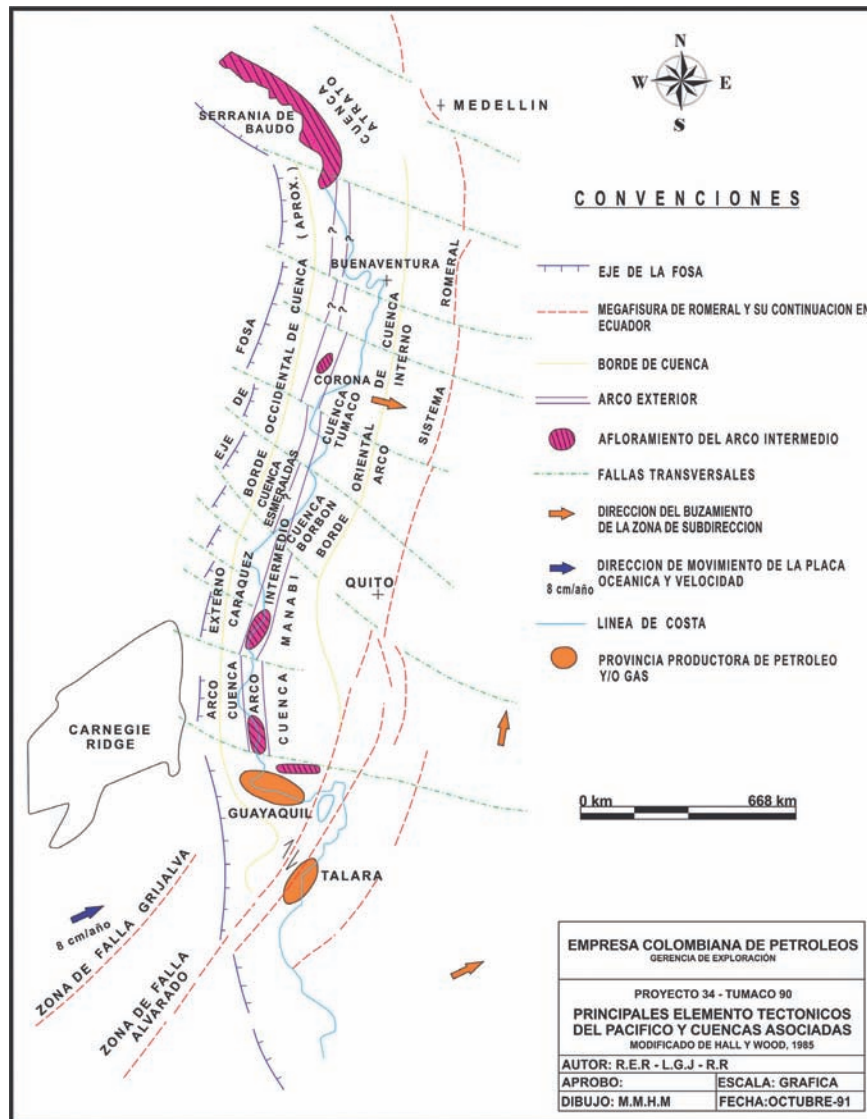


FIGURA 6. Principales elementos tectónicos del pacífico y sus cuencas asociadas. Tomado de Suárez (1990b).

Otro estilo estructural presente en esta Cuenca es el de estructuras de lodo (*shales* estructurales) debido a la presencia de un evento de diapirismo que ocurrió desde el Mioceno Medio hasta el Mioceno Superior.

DISCUSIÓN

La Cuenca Tumaco es una Cuenca de clara influencia oceánica y registra de base a tope depósitos sedimentarios de influencia marina asociada a corrientes de turbidez y cuyos materiales de aporte provienen de la denudación del momento naciente de la Cordillera Occidental. La geomorfología imperante de valles cortos hizo que la mayoría de los sedimentos hicieran un *bypass* en las llanuras fluviales y corrientes emergentes del continente,

en general se presenta una región con márgenes de talud de bajo ángulo hacia los depósitos de turbiditas en sus límites más externos.

De existir un sistema petrolífero activo, las facies reservorio se concentrarían en los depósitos de cañones submarinos y facies proximales a estos, con un decrecimiento en la calidad almacenadora hacia las posiciones más distales de estas turbiditas. La facies pelíticas distales, laterales y suprayacentes a estas están actuando como roca generadora y como sello, el espesor de la cobertura sedimentaria parece ofrecer las condiciones necesarias para mantener el hidrocarburo en las trampas estratigráficas de tipo turbidíticos presentes en la Cuenca de Tumaco.

En cuanto a los tipos de trampas con potencial almacenador, es claro que aquí el componente estratigráfico juega un papel predominante. Es interesante observar como en la historia exploratoria de la cuenca y su adyacente costa afuera, los pozos han sido emplazados con criterio eminentemente estructural. Ni siquiera se ha intentado perforar en los flancos de las estructuras identificadas si no en todo el tope de la estructura. Con un correcto mapeo 3D es posible encontrar varios *leads* y generar prospectos con un enfoque de trampa estratigráfica de tipo turbidíticos que ha funcionado en otras partes del mundo.

Una duda que se plantea es la de poder atravesar toda la secuencia Miocena con un pozo estimado a una profundidad final de 3.688 m (12.100 pies). Solo la evaluación con taladro permitirá validar esta hipótesis, aunque la información sísmica incipiente sugiere que las facies almacenadoras se ubican unos 4877 m (16.000 pies) en este sitio.

AGRADECIMIENTOS

Los autores expresan sus agradecimientos a las geólogas María Catalina Niño V. y Érika Johanna Esparza G. por su apoyo técnico en la recopilación bibliográfica del presente artículo.

REFERENCIAS

- Arias, O.J, Camacho, A., Erazo, V., and Gavela, D. 1988. Choco-Pacific basin evaluation western Colombia. Compañía Petrolera Latina.
- Bedoya, G., Cediél, F., Restrepo, I., Cuartas, C., Montenegro, G., y Marín, M. 2009. Aportes al conocimiento de la Evolución Geológica de las Cuencas de Atrato y San Juan dentro del arco Panamá-Choco, Boletín de Geología, UIS, 31(2): 69-81
- Barrero, D, 1979. Geology of the central Western Cordillera west of Buga and Roldanillo, INGEOMINAS, Bogotá, Publ. Geol. Esp., pp. 1-75.
- Dewey, J.F., and Bird, J. M. 1970. Mountain belts and the global tectonics, Journal of Geophysical Research, 75 (14): 2625-2647.
- Earth Satellite Corporation, 1999. Geology of the Pacific Coast of Colombia. Rockville, Maryland.
- Ojeda, H., y Calife, P. 1987. Evaluación del potencial petrolífero de la Cuenca San Juan Tumaco. PETROBRAS. Rio de Janeiro, Brasil.

Suárez, M, 1990a. Estado actual del conocimiento geológico de la Provincia del Pacifico. ECOPETROL, Informe interno. Bogotá.

Suárez, M, 1990b. Estudio Geológico regional e interpretación sísmica estratigráfica en la provincia sedimentaria de la Costa Pacífica. ECOPETROL, Informe interno. Bogotá. Colombia, pp. 34-54.

Texas Petroleum Company. 1990. Informe técnico anual, Bogotá, Colombia.

Van Der Hammen, T. 1958. Estratigrafía del Terciario y Maestrichtiano continentales y tectogénesis de los Andes Colombianos.- Bol. Geol. Serv. Geol. Nal., 4, (1-3): 87-128.

Wainoco, Int, 1980. Tumaco prospect South America, Colombia, inf. Geologic 508.

Trabajo recibido: septiembre 18 de 2012

Trabajo aceptado: febrero 22 de 2013