



# Esquema estratigráfico y paleogeografía del Occidente colombiano para el Paleógeno tardío y Neógeno.

Hermann Darío Bermúdez<sup>1</sup>, Alejandra Mejía-Molina<sup>2</sup>, Victoria Elena Corredor<sup>1</sup>, Juan Alejandro Numpaqué<sup>1</sup>, Lina Clemencia Restrepo<sup>1</sup>, Jenny García<sup>1</sup>, Jorge Alberto Rey<sup>1</sup>, Walter Guzmán<sup>1</sup> & Erika Bedoya<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Paleoexplorer sas, <sup>2</sup>Agencia Nacional de Hidrocarburos, ANH.

## Resumen

A partir de la información obtenida por la ANH en la última década en el occidente colombiano (pozos estratigráficos y secciones de campo), se plantea un esquema de correlación regional y un análisis del escenario paleogeográfico de las cuencas del oeste de Colombia.

Para el Eoceno-Oligoceno la Cordillera Central servía de área fuente a sistemas fluviales conectados al Pacífico (Formación Mosquera), transicionales (Formación Guachinte), deltaicos, de *shoreface* (formaciones Vijes, Lutitas de Remolino Grande y Calcáreo detrítica) y depósitos de *offshore* (Unidad 1 norte, Salaquí). Para el Mioceno, inicia el levantamiento de la Cordillera Occidental y el establecimiento de sistemas fluviales a transicionales (Formaciones Conglomerados de la Mojarra, Sierra, Esmita y Cinta de Piedra), deltaicos (formaciones Tumaco, Naya y Ladrilleros) y marinos (formaciones Condoto, Istmina, Uva, Napipi en el Pacífico y Sedimentitas de Suarez en el centro de Cauca-Patía). Para finales del Mioceno y el Plioceno, la paleogeografía ya es bastante similar a la actual. La Cordillera Occidental está completamente levantada y se han separado las cuencas de Cauca-Patía y Tumaco. En la primera se desarrolla sedimentación fluvial y se ha establecido un paleorío Cauca (formaciones Patía y La Paila); mientras que en el Pacífico se desarrollan cintas de playas y deltas (formaciones Munguidó, Raposo, Tangareal del Mira, Guapi y Mayorquín) y se presenta un periodo de intenso vulcanismo.

## Introducción

Las cuencas Cauca – Patía, Tumaco y Chocó, en el occidente colombiano, son cuencas frontera poco conocidas en las que la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) ha venido desarrollando, durante la última década una campaña de perforación de pozos estratigráficos y campañas de geología de campo, cuyo estudio interdisciplinario ha permitido avanzar en el conocimiento de la geología y prospectividad de esta área del país.

Los resultados de estos trabajos no han sido publicados y generalmente no pasan del alcance local del proyecto, desperdiçando en parte la gran cantidad de información geológica, estratigráfica y paleontológica adquirida, la cual es clave para el entendimiento de la geología regional de este sector del país.

Teniendo en cuenta esto, y aprovechando la descripción de pozos estratigráficos realizados durante el desarrollo del contrato ANH - Antek 153 de 2012 (ANH-ANTEK S.A. 2013; ANH-ANTEK S.A. 2014a, 2014b), se ha realizado una revisión de todos los trabajos realizados por la ANH en la última década en el Occidente colombiano.

De acuerdo a esto se analizaron (y reinterpretaron, cuando era requerido), los datos de ANH - Dunia consultores Ltda, 2005; Eafit-ANH, 2007; Geoestudios-Fonade-ANH, 2008; Servigecol-Fonade-ANH, 2008; Universidad de Caldas - ANH, 2011; Universidad de Caldas - ANH, 2012, entre otros) así como la información disponible de otras fuentes (Oinomikado, 1939; Van Der Hammen, 1958; León *et al.* 1973; Aspden *et al.* 1985; Montoya, 2003; Barrero *et al.* 2007; Suárez, 2007; Cediel *et al.* 2009; Borrero *et al.* 2012); todo esto con el fin de enmarcar dichos resultados dentro de los modelos de evolución estratigráfica y la geología regional de las cuencas Cauca-Patía, Tumaco y Chocó y elaborar un escenario paleogeográfico del Occidente colombiano para el Cenozoico.

## Materiales y métodos.

El material estudiado involucró la revisión estratigráfica y bioestratigráfica de datos de pozos en la Cuenca Tumaco; columnas de campo y de pozos estratigráficos tipo *slim hole*, en la Cuenca Cauca – Patía; y pozos estratigráficos y columnas de campo en la Cuenca Chocó, para un total de 35 puntos de control geológico (Figura 1).

## Localización y marco geológico regional

En la cuenca Tumaco, se analizó y revisó la información geológica de los pozos Tumaco-1-ST-S; Tumaco-1-ST-P; Buanaventura-1-ST-P; Chagüi-1, Majagua-1, Remolino Grande-1, Tambora-1 y Sandi-1; además de columnas estratigráficas de los ríos Mayorquín, Naya, Guapi y Napi.

En la cuenca Cauca – Patía, se analizaron datos de los pozos estratigráficos, tipo *slim hole*, Cauca-11-ST-S; Cauca-12-ST-S; Cauca-17-ST-S; Cauca-32-ST-S; Cauca-33-ST-S; Cauca-33-ST-S twin; Patía-2-ST-S; Patía-25-ST-S; Patía-28-ST-S; además de las columnas estratigráficas de las quebradas Despensa, La Seca y Guanabanal y la sección de El Boquerón.

En la cuenca Chocó se analizaron datos de los pozos estratigráficos Opogodo-1; Buchadó-1; Necora-1; Pacorita-1;

Urodó-1; Chocó-1, así como las además de las columnas estratigráficas de la quebrada Agua clara y el río Siguirisua.

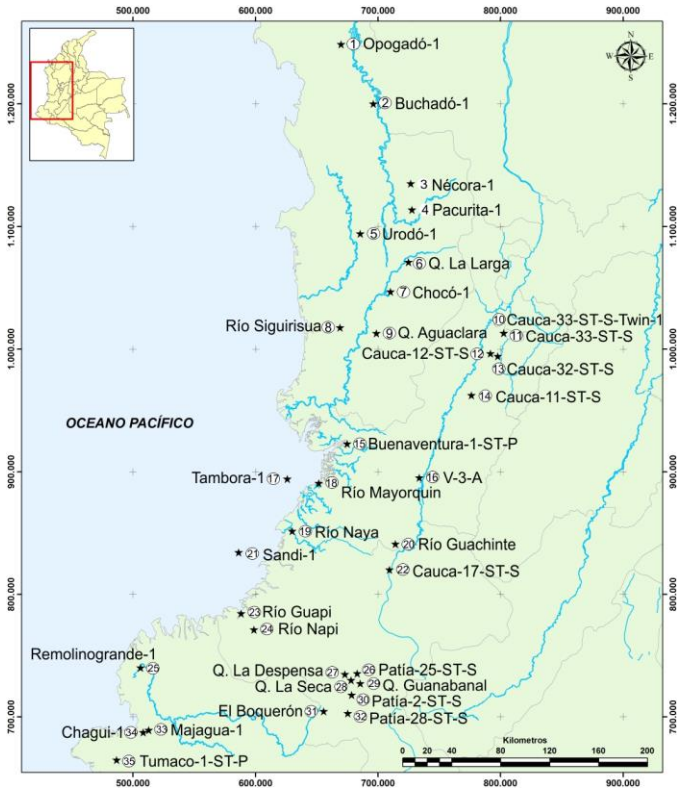


Figura 1. Mapa de localización de pozos y columnas estratigráficas consideradas para este estudio.

**Evolución estratigráfica para el Occidente colombiano**

**Paleógeno**

Para el Paleógeno se registran depósitos marinos y deltaicos en la cuenca Tumaco (secuencias perforadas por los pozos Tambora-1 y Remolinogrande-1), marinos en la subcuenca San Juan (Formación Salaqui en el pozo Buchadó-1) y continentales (Fm. Mosquera) en la cuenca Cauca - Patía. Adicionalmente se han reportado depósitos oligocénicos de frente de playa en la Formación Vijes (Dueñas *et al.* 2000), evidenciando que existía una conexión, en al menos un sector próximo al sur de Cali, con el Pacífico en la cuenca Cauca-Patía. (Figura 2).

**Neógeno temprano**

Mientras que en la cuenca Tumaco se acumulaban depósitos deltaicos y marinos someros, correspondientes a la Formación Tumaco en el pozo Tumaco-1-ST-P y Ladrilleros en el pozo Buenaventura-1-ST-P (al igual que en sector de Ladrilleros, que describe Montoya, 2003); al sur del Chocó hay registro de rocas marinas (Formaciones Condoto y Napipi), que incluyen horizontes fosilíferos (Oinomikado, 1939), transicionales a fluviales (Formación Sierra) y de

abanicos aluviales hacia el Este (Formación Conglomerados de la Mojarra). Al mismo tiempo se depositaban rocas de ambientes fluviales en la parte norte de la cuenca Cauca – Patía (Formación Cinta de Piedra en los pozos Cauca-32-ST-S, Cauca-33-ST-S y Cauca-33-ST-S-Twin-1) y fluviales a transicionales de la Formación Esmita, al sur de dicha cuenca. Para este tiempo es notable la presencia de facies marinas en el Mioceno temprano medio, correspondientes a la Unidad Sedimentitas de Suarez, descritas en el pozo Cauca-17-ST-S, que demuestran que la conexión que existía en el Paleógeno entre la cuenca Cauca – Patía y el Pacífico, se extendió hasta el Neógeno temprano (Figura 3).

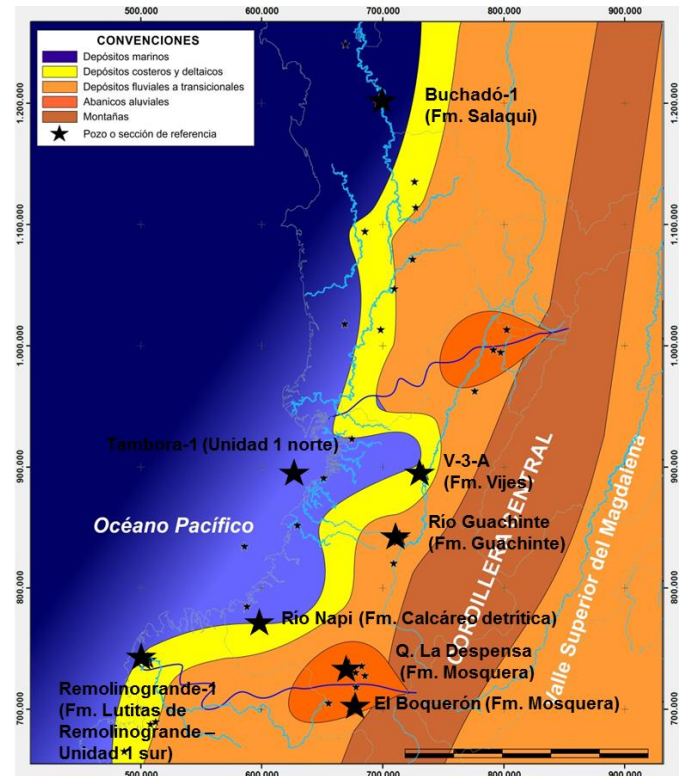


Figura 2. Escenario Paleogeográfico para el final del Paleógeno en el Occidente colombiano.

De forma interesante se ha encontrado que el área fuente de los depósitos de la cuenca Tumaco y la subcuenca San Juan, para el Neógeno temprano, tienen un gran aporte de rocas de la proto-Cordillera Occidental; al igual que existe registro de fuentes asociadas a las dos cordilleras (Central y Occidental) en las rocas depositadas en ese tiempo en la cuenca Cauca – Patía, especialmente en la subcuenca Patía (ANH-ANTEK S.A., 2014b). La excepción a esta situación se presenta en los depósitos de las Sedimentitas de Suarez, que parecen relacionarse únicamente a la Cordillera Central, lo que favorece un escenario de una Cordillera Occidental no completamente levantada para el Neógeno temprano (al menos no en toda su extensión), que permite, como se mencionó anteriormente, una conexión directa de la cuenca Cauca-Patía con el Pacífico.



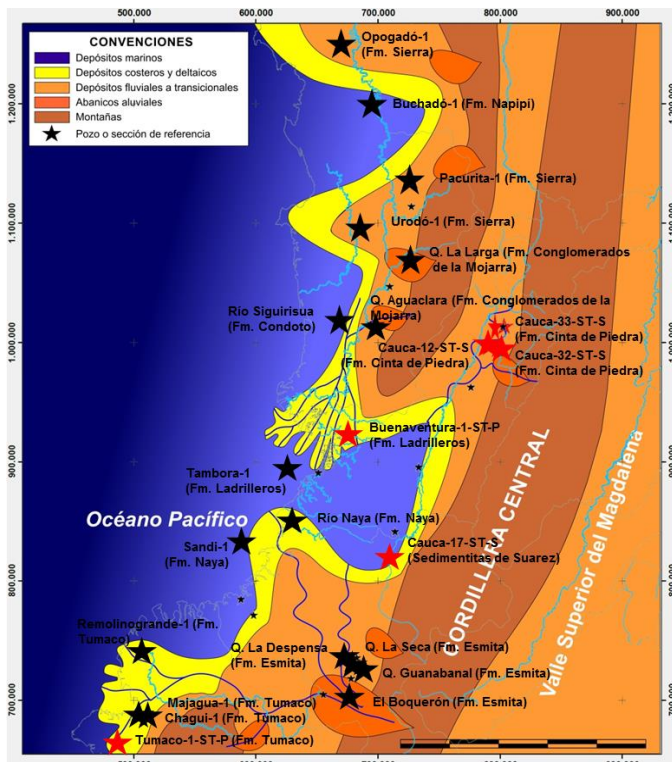


Figura 3. Escenario Paleogeográfico para el Neógeno temprano en el Occidente colombiano. Las estrellas negras representan secciones reinterpretadas de otros estudios y las rojas, datos de este proyecto.

De igual manera es notable observar la presencia de niveles deformados, que se asocian a paleosismitas (Figura 4), en secuencias del Neógeno temprano en Tumaco, Buenaventura, sur del Choc6 y Cauca – Patía, que parecen evidenciar el inicio de una fuerte fase tectónica en toda el área, que puede relacionarse a las etapas finales del levantamiento de la Cordillera Occidental.

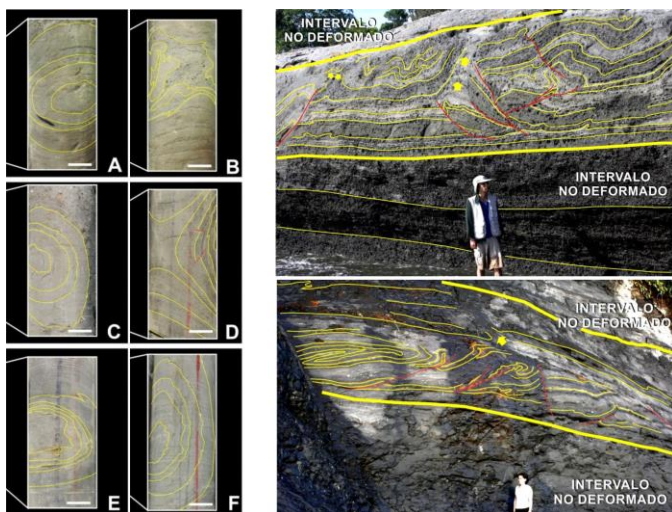


Figura 4. Evidencias de paleosismitas en la secuencias miocénicas de la Formación Ladrilleros, perforadas en el pozo Buenaventura-1-ST-P (izquierda) y el sector de Ladrilleros (derecha). Fotografía de campo cortesía de Andrés Pardo. Tomado de Bermúdez et al. 2013.

### Neógeno tardío

Para el Mioceno tardío – Plioceno (Figura 5) ya se observa un escenario muy similar al actual, es decir, con la Cordillera Occidental separando el Pacífico de la cuenca Cauca - Patía, lo que es evidente al observar los resultados de los análisis de composición y procedencia que señalan aportes de ambas cordilleras, en dicha cuenca (ANH-ANTEK S.A., 2014b).

En este periodo, en la cuenca Tumaco se desarrollaban sistemas deltaicos y de frente de playa (Formación Tangareal del Mira, en los pozos Tumaco-1-ST-P, Chagui-1, Majagua-1 y Remolinogrande-1; Formación Guapi, en el sector SW del departamento del Cauca y la Formación Mayorquín en los pozos Tambora-1 y Buenaventura-1-ST-P). En la cuenca Choc6, hay registro de dep6sitos marinos a transicionales del Neógeno tardío en la Formación Munguid6 (pozos Orogado-1 y Buchad6-1).

Por su parte, en la subcuenca Patía se desarrollaban dep6sitos fluviales (abanicos aluviales y ríos trenzados) de la Formación Patía (pozos Patía 2-ST-S, Patía 25-ST-S y Patía 28-ST-S) mientras que al norte, en la subcuenca Cauca, existían sistemas fluviales de ríos trenzados a meandriformes de la Formación La Paila (pozos Cauca-11-ST-S, Cauca-12-ST-S y Cauca-32-ST-S) que en conjunto muestran drenajes que corrían hacia el norte (paralelos a las dos cordilleras) en forma similar a un paleo-río Cauca.

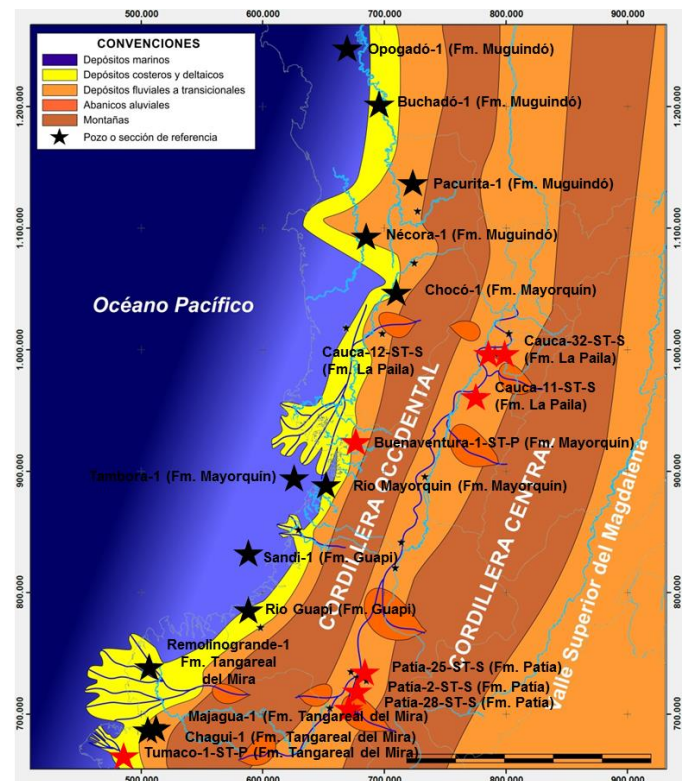


Figura 5. Escenario Paleogeográfico para el Neógeno tardío en el Occidente colombiano. Las estrellas negras representan secciones reinterpretadas de otros estudios y las rojas, datos de este proyecto.

## Conclusiones

Para el Eoceno-Oligoceno la Cordillera Central servía de área fuente a sistemas fluviales conectados al Pacífico (Formación Mosquera), que se suceden, hacia el oeste, con depósitos transicionales (Formación Guachinte), deltaicos y de *shoreface* (formaciones Vijes, Lutitas de Remolino Grande y Calcáreo detrítica) y depósitos de *offshore* (Unidad 1 norte, Salauqui).

Para el Mioceno, inicia el levantamiento de la Cordillera Occidental y ocurre el establecimiento de sistemas fluviales a transicionales (Formaciones Conglomerados de la Mojarrá, Sierra, Esmita y Cinta de Piedra), deltaicos (formaciones Tumaco, Naya y Ladrilleros) y marinos, representados por las formaciones Condoto, Istmina, Uva y Napipi en el Pacífico y las Sedimentitas de Suarez en el centro de Cauca-Patía.

Para finales del Mioceno y el Plioceno, la paleogeografía ya es bastante similar a la actual. La Cordillera Occidental está completamente levantada y se han separado las cuencas de Cauca-Patía y Tumaco. En la primera se desarrolla sedimentación fluvial y se ha establecido un paleo-río Cauca (formaciones Patía y La Paila); en el Pacífico se desarrollan cintas de playas y deltas (formaciones Munguidó, Raposo, Tangareal del Mira, Guapi y Mayorquín) y se presenta un periodo de intenso vulcanismo.

## Agradecimientos

Se agradece a la Agencia Nacional de Hidrocarburos por la autorización para la divulgación de estos resultados, que hacen parte del contrato Antek S.A - ANH 153 de 2012. La revisión de los resultados del trabajo por parte de los Drs. Darío Barrero y Luis Ernesto Ardila (asesores ANH) es altamente apreciada.

## Referencias

ANH – ANTEK S.A. (2013). *Estudio integrado de los núcleos obtenidos de los pozos perforados por la ANH y de las muestras de pozo (núcleos y ripios) disponibles en la Litoteca Nacional. POZO BUENAVENTURA-1-ST-P*. Reporte interno a la ANH.

ANH – ANTEK S.A. (2014a). *Estudio integrado de los núcleos obtenidos de los pozos perforados por la ANH y de las muestras de pozo (núcleos y ripios) disponibles en la Litoteca Nacional. POZO TUMACO-1-ST-P*. Reporte interno a la ANH.

ANH – ANTEK S.A. (2014b). *Estudio integrado de los núcleos obtenidos de los pozos perforados por la ANH y de las muestras de pozo (núcleos y ripios) disponibles en la Litoteca Nacional. POZOS CUENCA CAUCA - PATÍA*. Reporte interno a la ANH.

ANH-Dunia consultores Ltda. (2005). *Cartografía geológica en el área de la subcuenca Atrato - San Juan, Departamento del Chocó*. Reporte interno a la ANH.

Aspden, J.A. Nivia, A. y Millward. (1985). *Mapa Geológico de Colombia. Escala 1:100.000. Plancha 279 – Dagua*. Ingeominas. Bogotá.

Barrero, D., Pardo, A., Vargas, C., Martínez, A. (2007). *Colombian Sedimentary Basins: Nomenclature, Boundaries and*

*Petroleum Geology, a New Proposal, vol. 1*. Agencia Nacional de Hidrocarburos, Bogotá, ANH and B&M Exploration Ltd.

Bermúdez, H.D., Corredor, V.E., Numpaque, A., Restrepo, L.C., García, J., Bedoya, E.L., Rey, J.A., Echeverry, S., Rosero, J.S., y Mejía-Molina, A. (2013). Paleosismitas en el registro estratigráfico del Cenozoico del Occidente Colombiano. Memorias XIV Congreso Colombiano de Geología. Bogotá D.C.

Borrero, C., Pardo, A., Jaramillo, C.M., Osorio, J.A., Cardona, A., Flores, A., Echeverri, S., Rosero, S., García, J., Castillo. H. (2012). Tectonostratigraphy of the Cenozoic Tumaco forearc basin (Colombian Pacific) and its relationship with the northern Andes orogenic build up, *Journal of South American Earth Sciences*, 39, pp. 75-92.

Cediel, F., Restrepo, I., Marín-Cerón, M. I., Duque-Caro, H., Cuartas, C., Mora, C. et al. (2009). *Geology and Hydrocarbon Potential, Atrato and San Juan Basins, Chocó (Panamá) Arc. Tumaco Basin (Pacific Realm)*. Medellín, Colombia.

Dueñas, H., Navarrete, R., Mojica, J., Pardo, M. y Camargo, R., (2000). Edad de la Formación Vijes en el Pozo V3A, Oligoceno del piedemonte oriental de la Cordillera Occidental, Departamento del Valle del Cauca, Colombia. *Geología Colombiana*, 25, pp. 25-43.

Eafit-ANH. (2007). *Inventario, compilación, interpretación y evaluación integral de la información geológica, geofísica y geoquímica de la Cuenca Atrato y Cuenca San Juan, Arco Chocó, Colombia*. Reporte interno a la ANH.

Geoestudios-Fonade-ANH. (2008). *Levantamiento de columnas estratigráficas y realización de análisis petrográficos, petrofísicos, bioestratigráficos y geoquímicos en las áreas de Pasto - El Bordo, Cali - Buga y Buga - Cartago (Cuenca Cauca - Patía)*. Reporte interno a la ANH.

León, L.A., Padilla, L.E y Marulanda, N. (1973). *Geología, recursos minerales y geoquímica de la parte NE del Cuadrángulo O-5, El Bordo, departamento del Cauca*. Tesis de grado no publicada. Universidad Nacional, Bogotá.

Montoya, D.M. (2003). *Geología de las planchas 240 Pichimá, 241 Cucurupí, 259 Malaguita y 260 Aguas Claras. Escala 1:200.000*. Memoria explicativa. INGEOMINAS, Bogotá. 106 p.

Oinomikado, T. (1939). Miocene Mollusca from the Neighbourhood of Cucurupí, Department of Chocó, Colombia. *Transactions of the Palaeontological Society of Japan*, 46, pp. 617-630.

Servigecol-Fonade-ANH. (2008). *Geología de superficie y geoquímica de rocas y crudos de la subcuenca del San Juan (Chocó)*. Reporte interno a la ANH.

Suárez, M. (2007). Geological Framework of the Pacific Coast Sedimentary Basins, Western Colombia. *Geología Colombiana*, 32, pp. 47-62.

Universidad de Caldas – ANH (2011). *Estudio geológico integrado en la Cuenca Tumaco Onshore. Síntesis cartográfica, sísmica y análisis bioestratigráfico, petrográfico, geocronológico, termocronológico y geoquímico de testigos de perforación y muestras de superficie*. Reporte interno a la ANH.

Universidad de Caldas – ANH (2012). *Estudio geológico integrado de los núcleos y registros obtenidos de los pozos someros (slim holes) perforados por la ANH en las Cuencas Valle Inferior del Magdalena, Chocó, Cordillera Oriental y Tumaco Onshore*. Reporte interno a la ANH.

Van Der Hammen T. (1958). Estratigrafía del Terciario y Maestrictiano continentales y Tectogénesis de los Andes Colombianos, *Boletín Geológico Servicio Geológico Nacional*, 6 (1-3), pp. 67-128. Bogotá.