

INVENTARIO, INTERPRETACIÓN Y EVALUACIÓN DE LA INFORMACIÓN GEOLÓGICA, GEOFÍSICA Y GEOQUÍMICA PERTENECIENTE AL ÁREA LIBRE DE LA CUENCA URABÁ

Germán Vargas Cuervo¹, Luis A. Castillo², Roberto C. Aguilera³, Diana María Jiménez⁴

¹ Universidad Nacional de Colombia, gvargasc@unal.edu.co

² Universidad Nacional de Colombia, lacastillo1@unal.edu.co

³ RA Geología, roberto_aguilera@rageologia.org

⁴ Agencia Nacional de Hidrocarburos, ggc08@anh.gov.co

RESUMEN

La Cuenca Urabá, se localiza en la parte noroeste de Colombia, en inmediaciones del golfo del mismo nombre y representa una superficie total de 3630 km². Comprende dos ambientes fisiográficos: un área marina ubicada en el Golfo de Urabá con una superficie de 4150,75 Km² y un área continental con dos subambientes. El primero está formado por una morfología plana conformada por llanuras fluvio-marinas y marismas cuya superficie total es de 3740 km² y el segundo comprende una morfología montañosa compuesta por rocas sedimentarias e ígneas ubicadas en los bordes oriental y occidental de la Cuenca.

La interpretación geofísica de subsuelo se basó en datos sísmicos (25 líneas sísmicas 2D apiladas) con imágenes en formato TIFF de secciones escaneadas obtenidas a partir de las impresiones en papel. Esta información geofísica incluye la información de un pozo localizado en la región de Urabá: Apartadó-1.

Para determinar la madurez y calidad de la roca se realizó una compilación de información geoquímica, no se encontraron reportes de rezumaderos, ni acumulaciones o muestras de hidrocarburos en los pozos que permitan realizar análisis de crudos, tampoco se cuenta con suficiente información geoquímica para determinar de manera confiable la presencia o no de rocas fuentes en el área.

Palabras clave: Geoquímica del petróleo, Sísmoestratigráfica, Sismoestructural

INVENTORY, INTERPRETATION AND ASSESSMENT OF THE URABA BASIN'S FREE AREA GEOLOGICAL, GEOCHEMICAL AND GEOPHYSICAL INFORMATION

ABSTRACT

The Uraba Basin is located in the Northwest side of Colombia, in the Uraba Gulf. The basin is 3630 km². It is composed of two physiographic environments: an offshore area located in the Uraba Gulf, which is 4150,45 km² and a continental area divided in two subenvironments. The first one is formed by a plain morphology composed by fluvio-marine plains and marshes which total surface is 3740 km². The second environment is formed by a mountainous morphology composed of sedimentary and igneous rocks located to the Western and Eastern ends of the basin.

The geophysical surface interpretation was based on seismic data (25 2D stack seismic lines) with TIFF images from scanned sections obtained from printed copies. This geophysical information includes the information obtained in one well drilled in the Uraba region: Apartadó-1.

In order to determine the maturity and quality of the rock, a compilation of geochemical information was carried out. There are no reports of oil seeps, accumulations or hydrocarbon samples on the wells that would allow performing a crude analysis. There is not enough geochemical information that can be used to reliably determine the presence or no presence of source rocks in the area.

Key words: Oil Geochemistry, Seismic stratigraphic, Seismic structural.

INTRODUCCIÓN

Con el avance de las técnicas geofísicas y de sensores remotos se ha logrado un mejor conocimiento del subsuelo, comprendiendo las características estructurales y estratigráficas. Para el caso de la Cuenca Urabá, aunque no se cuente con un buen muestreo es posible establecer un modelo del subsuelo que incluye rasgos estructurales, estratigráficos y geomorfológicos con los cuales es posible hacer una evaluación de la prospectividad de la cuenca. La evaluación corresponde a una malla de líneas sísmicas amarrada a un pozo (Apartadó-1).

ANTECEDENTES

En la Cuenca Urabá se han realizado trabajos por parte de ECOPETROL entre los años 1982 hasta 2001. Además se tienen otros trabajos relevantes con estudios referentes a la geología del área (Cediel et al., 2003; Geotec, 1997, 2003) y mapas cartográficos (Ingeominas, 1986, 2001 y 2004).

A partir de técnicas geofísicas son realizados muestreos y cubrimientos del subsuelo con informaciones obtenidas a partir de datos sísmicos de reflexión, estableciendo el potencial petrolífero para las dos unidades más inferiores y se define una serie de prospectos asociados a pliegues desarrollados en las mismas unidades (Ecopetrol, 1982). Además de este trabajo se efectuaron perforaciones de pozos, con las cuales se realizaron columnas

estratigráficas y su respectivo análisis desde el Mioceno hasta el Reciente (Ecopetrol, 2001).

MARCO GEOLOGICO

Desde el punto de vista tectónico la Cuenca Urabá está ubicada en el denominado Bloque Chocó-Panamá (Suter *et al*, 2008), en la zona de convergencia de las Placas Caribe, Suramericana y de Nazca. De acuerdo a la ANH (2007), la Cuenca Urabá está limitada al este por la falla de cabalgamiento de Uramita y al oeste por la Serranía del Darién y por la Falla de Murindó, el Batolito de Mandé y las rocas cretáceas de la Cordillera Occidental al sur-suroeste. Al norte-noroeste se extiende hasta la frontera Colombia-Panamá al norte del cinturón deformado de Panamá (Figura 1 y Figura 2).

Superficialmente el área libre de la Cuenca Urabá está cubierta (72%) por depósitos inconsolidados del Cuaternario de origen fluviomarino y aluvial predominantemente. Solamente se encuentran afloramientos rocosos en los bordes sur y noroeste del área y corresponden al Complejo Volcánico Santa Cecilia - La Equis de edad Cretácica y al Batolito de Mandé de edad Paleógeno. Las rocas sedimentarias no afloran en el área Libre de la cuenca, pero los afloramientos más cercanos están presentes en su costado suroriental. El resto de la Cuenca esta cubierto por depósitos del Cuaternario. (Figura 3 y 4)

En el área de la cuenca se encuentran los pozos Apartadó-1 y Chigorodó-1, que alcanzan un espesor total en la columna de sedimentos de 3078 m y 2822 m respectivamente. En estos pozos la secuencia sedimentaria se relaciona originalmente a la Formación Corpa (?) de edad Mioceno Superior – Plioceno. ECOPETROL (1982) realizó una subdivisión informal

de las unidades perforadas en los pozos siguiendo criterios litológicos, electro-faciales y sísmicos en cuatro unidades denominadas A, B, C y D. (Figura 5)

METODOLOGIA

El estudio integra los componentes geológicos (estratigrafía y geología estructural), sísmico y de geología del petróleo, hacia la valoración de la propectividad de la cuenca. Integrando técnicas de sensores Remotos y SIG en cada uno de estos componentes (Figura 6).

RESULTADOS OBTENIDOS

Información de sísmica y de pozos

La información disponible corresponde a los levantamientos sísmicos 2D realizados en 1979 por la compañía Western Geophysical Service Inc., quien desarrolló un programa sísmico marino comprendido por 58 líneas sísmicas con un cubrimiento de 48 y una longitud de 829.2 km (PROVINCIA PETROLEUM COMPANY INC., 1980). Para el presente artículo fueron empleadas 25 secciones sísmicas (Figura 7) para la interpretación estructural y estratigráfica de la cuenca. Éstas se presentan en forma de apilado, sin una secuencia final de procesamiento.

INTERPRETACIÓN SÍSMICA

La interpretación sismoestratigráfica se basó en líneas sísmicas apiladas (Programa sísmico Bajo Atrato-79) y un pozo (Apartadó-1). A partir de la interpretación de las imágenes sísmicas pudieron ser definidos cuatro horizontes sísmicos (A, B, C y D) que permiten identificar las secuencias que se superponen al basamento (Figura 8). Esos horizontes

sísmicos son correlacionables con la serie de discordancias establecidas de acuerdo a la estratigrafía y la descripción de pozos (Figura 9).

La presencia de segmentos de fallas sintéticas y antitéticas se infirió a partir de los difractores encontrados en las secciones apiladas, dando como resultado un complejo sistema de fallas que es acompañado de basculamiento y subsidencia, mostrando expresión de medio graben. Las secuencias sedimentarias se ven afectadas por el sistema de fallas predominantemente de tipo normal y se evidencia el basculamiento de la cuenca, lo que afecta los depocentros que aparecen variables y presentan mayor espesor al noreste de la cuenca.

Estos resultados obtenidos a partir de la interpretación sismoestratigráfica y estructural constituyen así una aproximación de la geología del subsuelo de la zona de estudio.

GEOLOGÍA DEL PETRÓLEO Y PROSPECTIVIDAD DE LA CUENCA

La información geoquímica disponible de la cuenca se obtuvo de tres muestras de zanja analizadas por GEOSTRAT Ltda., análisis efectuado para Occidental Petroleum Co. en 1990 (Castano, 1990). Dicho análisis provee información sobre la calidad y madurez de las rocas, clasificándolas como rocas con potencial generador pobre e inmaduras.

EVIDENCIAS DE HIDROCARBUROS

Debido a la poca y sesgada información de pozos y el tipo de información sísmica de acuerdo con la información existente en el área de estudio, ésta no permite establecer un criterio para el reporte de hidrocarburos, sumado a lo anterior, en superficie, no se tienen reportes de evidencias de rezumaderos en la cuenca.

Reservorio

Debido a la presencia de areniscas de las secuencias sedimentarias perforadas en el pozo Apartadó-1, todas las cuatro unidades (A, B, C y D) pueden actuar como reservorios para hidrocarburos.

Roca Fuente

En los pozos Apartadó-1 y Chigorodó-1 son mencionadas arcillolitas grises a grises verdosas, pero no existe información geoquímica que permita establecer la calidad y madurez de estas rocas. Existe información geoquímica para el pozo Necoclí-1, perforado al norte de la Cuenca de Urabá, indicando la presencia de facies pobres para generación en rocas del Mioceno, y los datos de madurez (%Ro) indican que estas rocas están inmaduras. La extrapolación de los datos de madurez sugiere que las rocas pueden alcanzar la ventana de generación de aceite a una profundidad entre 8500 y 9000 pies.

Sello

La información disponible del pozo Apartadó-1, no permite determinar la presencia de un intervalo de roca que pueda ser considerado como un sello regional. Sin embargo, las arcillolitas intercaladas con las areniscas pueden actuar como sellos locales para las acumulaciones.

Trampa

La información sísmica de la Cuenca de Urabá muestra que el basamento buza regionalmente hacia el noreste, creando por flexión, espacio para acomodar sedimentos en esa dirección. La flexión del basamento crea fallas normales de bajo desplazamiento, de vergencia variable, truncando la secuencia sedimentaria contra el basamento y creando

trampas estratigráfico-estructurales, que afectan principalmente la parte inferior de la sucesión estratigráfica.

La somerización del basamento causa el acuñamiento progresivo hacia el suroeste de rocas más jóvenes, creando trampas estratigráficas que involucran principalmente la parte superior de la sucesión estratigráfica (Figura 10).

DISCUSION DE RESULTADOS

La interpretación sismoestratigráfica permitió establecer un modelo tectonoestratigráfico de la Cuenca de Urabá, siendo identificados cuatro horizontes, que constituyen los límites de las secuencias sísmicas representadas (secuencias A, B, C y D). La secuencias sedimentarias y el paquete sedimentario se caracteriza por presentar una geometría acuñada, evidenciando la presencia de discordancias de tipo erosivo, y la diferenciación de secuencias retrogradantes. Todas estas secuencias son infrayacidas por un basamento acústico, el cual se ve expuesto en algunos sectores.

En cuanto a la información de hidrocarburos, a pesar de las pocas evidencias de rezumaderos, ni muestras de hidrocarburos en los pocos pozos perforados fue hecha una compilación de información geoquímica, incluyendo evaluación de pirolisis y análisis del Contenido orgánico total. Este análisis permitió mostrar que las muestras son inmaduras y una de ellas cae dentro de la ventana de maduras para la generación de hidrocarburos.

CONCLUSIONES

- ❖ El área libre de la Cuenca Urabá se encuentra localizada en el terreno Panamá entre la falla de Uramita que a su vez limita con el Terreno Sinú al Este y el Terreno Cañas Gordas en su costado sur y occidental, formado por rocas volcano sedimentarias de bajo interés petrolífero. Es una Cuenca relativamente estrecha conformada por rocas siliciclásticas de ambientes deltaicos y fluviales de edad Mioceno.
- ❖ Esta interpretación de la Cuenca Urabá puede ser definida como de tipo “esquemático”, ya que los datos son secciones apiladas. Permite evidenciar un basamento acústico basculante y afectado estructuralmente, con secuencias sedimentarias caracterizadas por *shales* de aguas profundas al que se sobreponen depósitos más someros como arenas y conglomerados.
- ❖ En cuanto a los reservorios, la información de los pozos indica el depósito de areniscas intercaladas con arcillolitas y limolitas en toda la secuencia perforada en los pozos Apartadó-1 y Chigorodó-1, lo que hace que prácticamente todas las unidades en la cuenca tengan potencial como reservorios.
- ❖ No es claro identificar a partir de la información disponible de los pozos un nivel de rocas arcillosas que pueda ser considerado como sello regional, por lo cual se postula que las intercalaciones arcillosas reportadas en la cuenca tendrían un carácter más local en el posible control de las acumulaciones.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a la Agencia Nacional del Petróleo por permitir la presente publicación y brindar el apoyo para el soporte de la investigación efectuada. También se agradece la colaboración de Andrea, Marvick, Yesid, y todos quienes hicieron parte de esta investigación por parte de docentes de la Universidad Nacional de Colombia.

REFERENCIAS

- ANH, 2007. Colombian Sedimentary Basins. Nomenclature, Boundaries and Petroleum Geology, a new Proposal. 82p.
- Castano, J., 1990. Geochemical Analyses of Three Samples OXY – Necoclí-1. Geostat Ltd. Report 90/00303/020. 15 p.
- Cediel, F., Shaw, R. P., y Cáceres, C., 2003. Tectonic assembly of the Northern Andean Block, *in*: C. Bartolini, R. T. Buffler, and J. Blickwede, eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon habitats, basin formation, and plate tectonics: AAPG Memoir 79, p. 815– 848.
- ECOPETROL, 1982. Interpretación Sísmica Regional del Área de Urabá. Informe geofísico N° 543. 133 p.
- CEDIEL F., SHAW R. P., AND CÁCERES, C.. 2003. Tectonic Assembly of the Northern Andean Block, in Bartolini, C., Buffler, R. T., and Blickwede, J., eds., The Circum-Gulf of Mexico and the Caribbean: Hydrocarbon Habitats, Basin Formation, and Plate Tectonics. AAPG Memoir 79, p. 815– 848.
- GEOTEC, 1997. Cartografía geológica de la Región del Sinú (Noroeste de Colombia), Planchas 50, 51, 59, 60, 61, 69, 70, 71, 79 y 80. 3 volúmenes. Bogotá.
- GEOTEC, 2003. Geología de los Cinturones Sinú San-Jacinto Planchas 1:100000. 50 Puerto Escondido, 51 Lórica, 59 Mulatos, 60 Canalete, 61 Montería, 69 Necoclí, 70 San Pedro de Urabá, 71 Planeta Rica, 79 Turbo y 80 Tierra alta. Informe I20024. Memoria Explicativa. INGEOMINAS. 135 p.
- INGEOMINAS, 1986. Mapa de terrenos geológicos de Colombia. Publicación especial INGEOMINAS No 14, p. 1-235.
- INGEOMINAS, 2001. Mapa geológico del Departamento de Antioquia. 239 p.
- INGEOMINAS, 2004. Geología de los Cinturones del Sinú, San Jacinto y Borde Occidental del Valle Inferior del Magdalena Caribe Colombiano. Informe Técnico. 128 p.
- Provincia Petroleum Company Inc., 1980. Informe técnico Decreto No. 1895.
- Suter, F., Sartori, M., Neuwerth, R., Gorin, G., 2008. Structural Imprints at the Front of the Chocó-Panamá Indenter: Field data From the North Cauca Valley Basin, Central Colombia. Tectonophysics 460. 134 - 157 p.

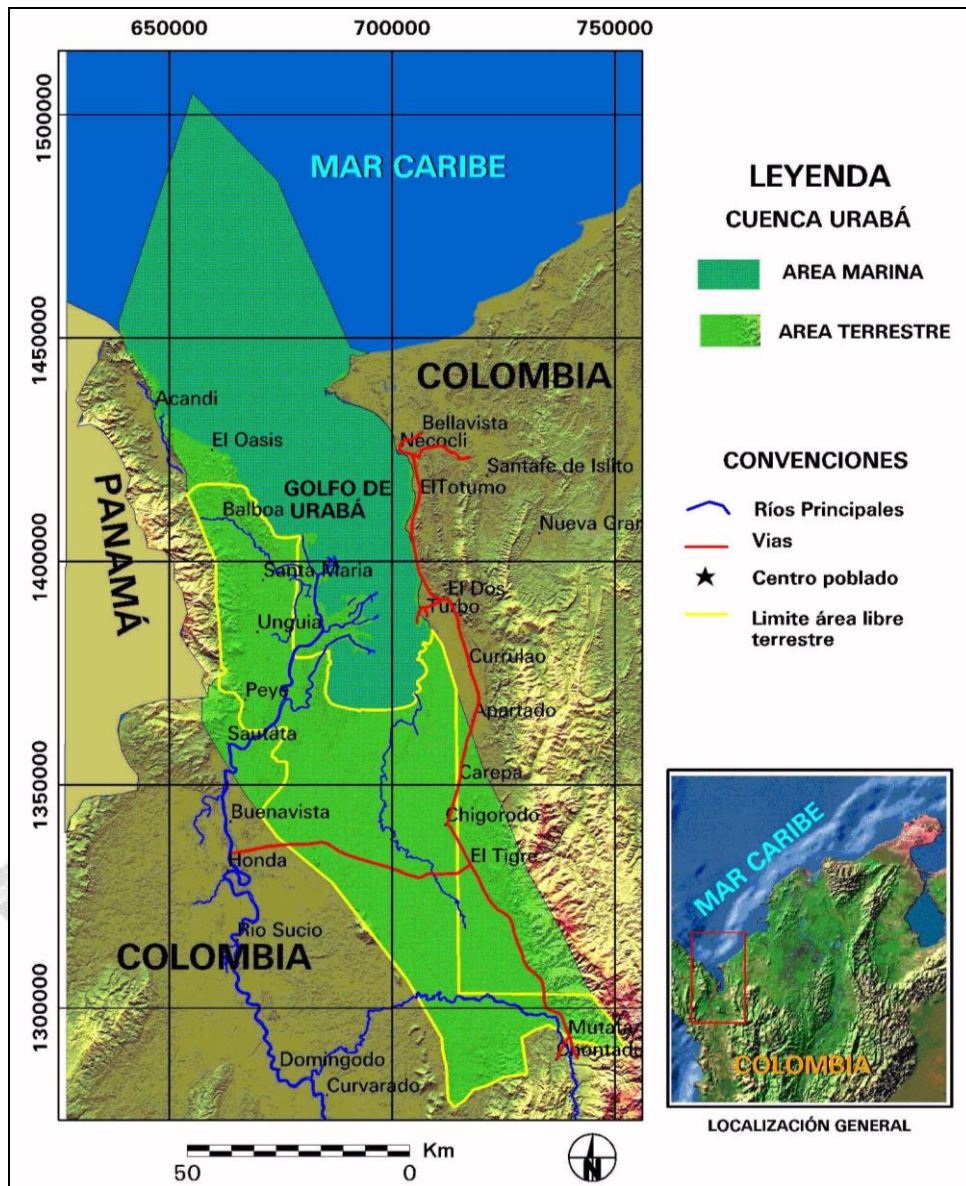


Figura 1 Localización geográfica de la Cuenca Urabá

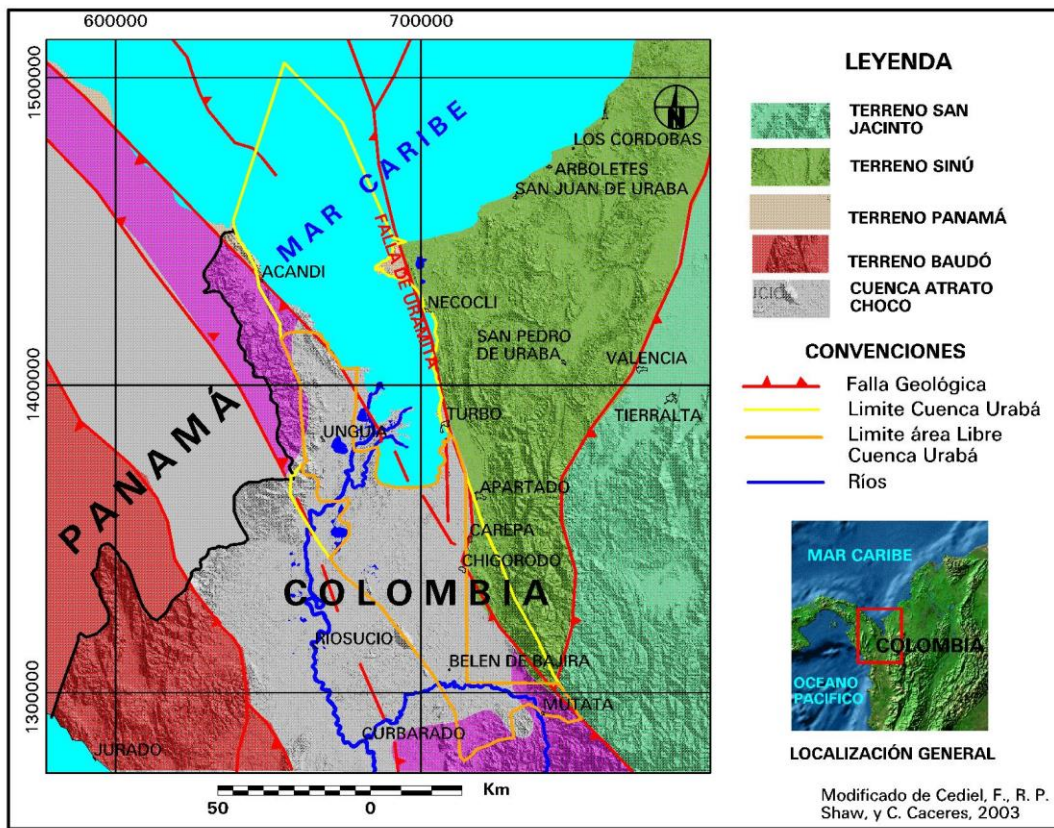


Figura 2 Marco Geotectónico de la Cuenca de Urabá y su área libre (Modificado de CEDIEL, P. SHAW, AND C. CÁCERES, 2003)

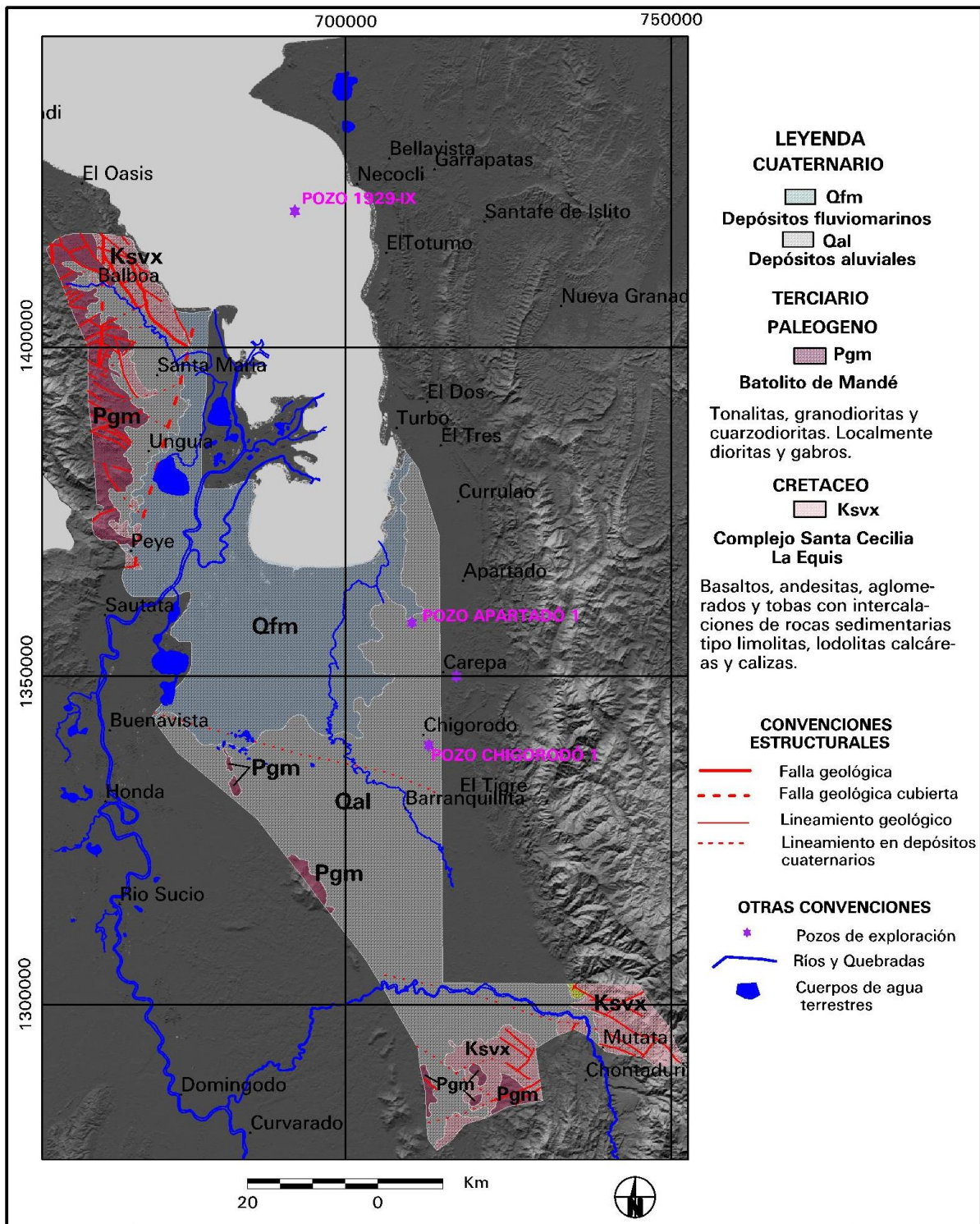


Figura 3 Mapa geológico estructural del área libre de la Cuenca Urabá.

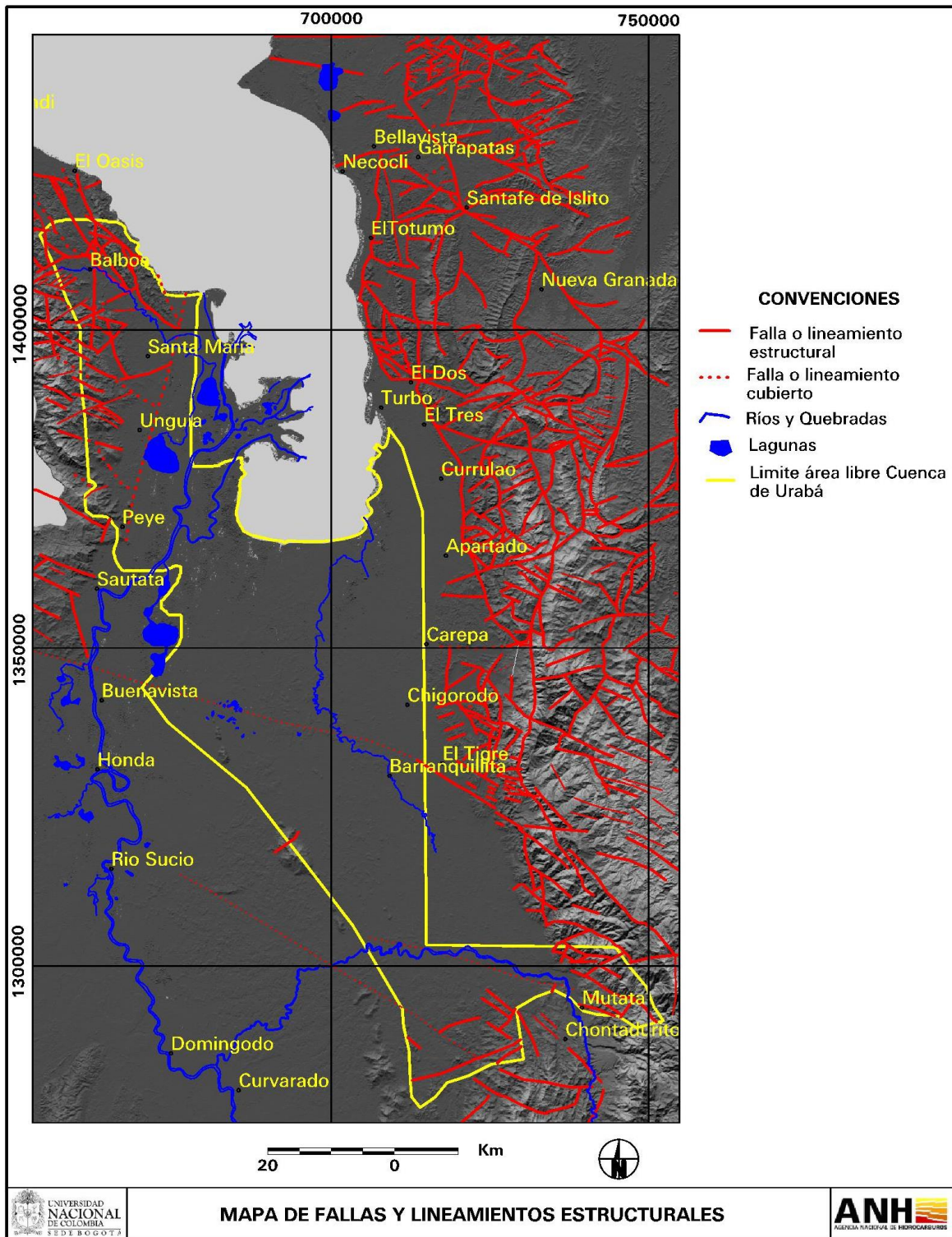


Figura 4 Unidades sedimentarias de la Cuenca de Urabá.

COLUMNA ESTRATIGRÁFICA POZO APARTADÓ-1

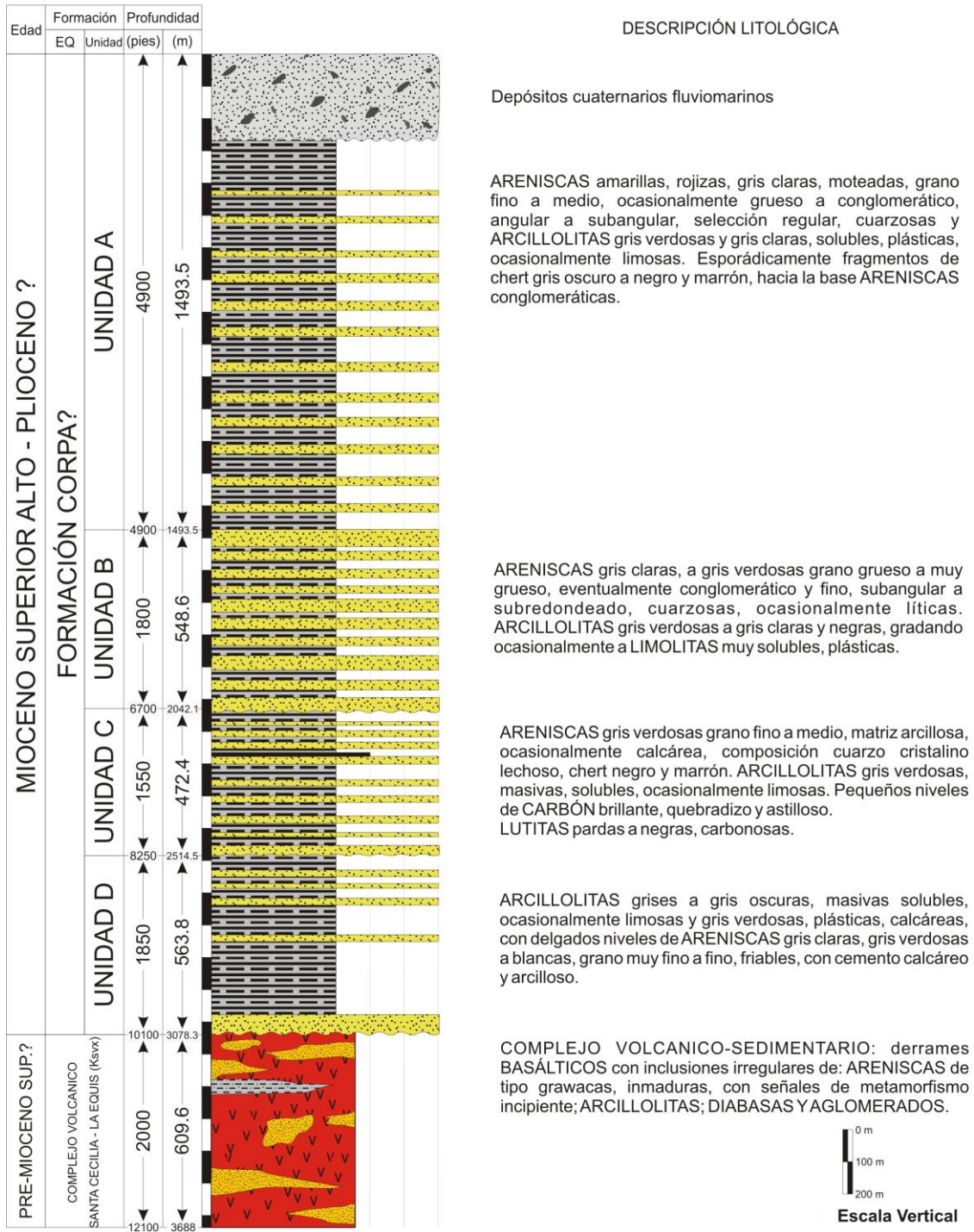


Figura 5 Columna estratigráfica del pozo Apartadó-1 (Tomado de Ecopetrol, 1982).

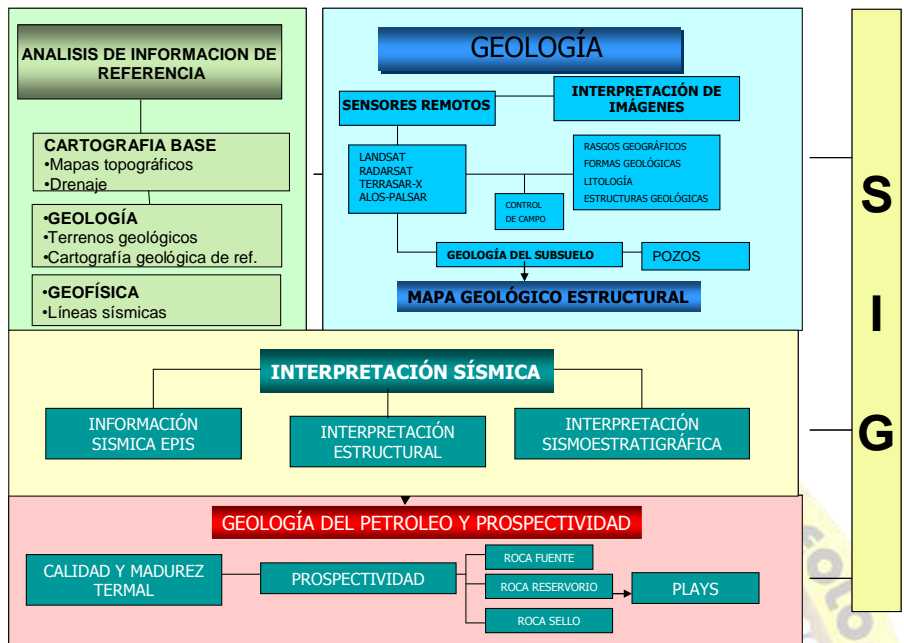


Figura 6 Diagrama de la metodología utilizada.

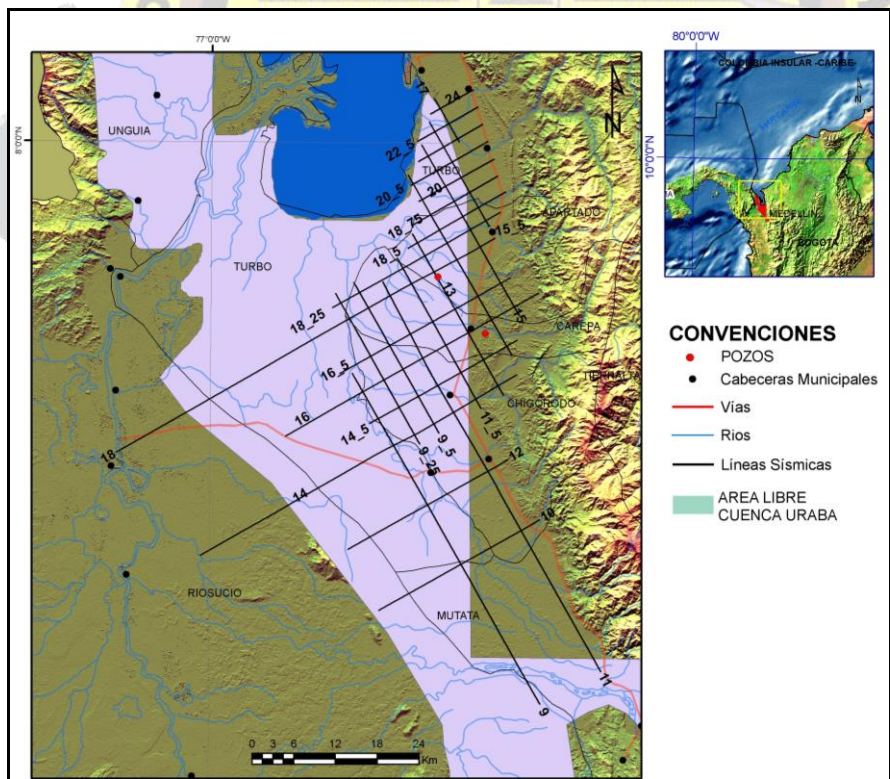


Figura 7 Localización de líneas sísmicas 2D, programa Bajo Atrato-79.

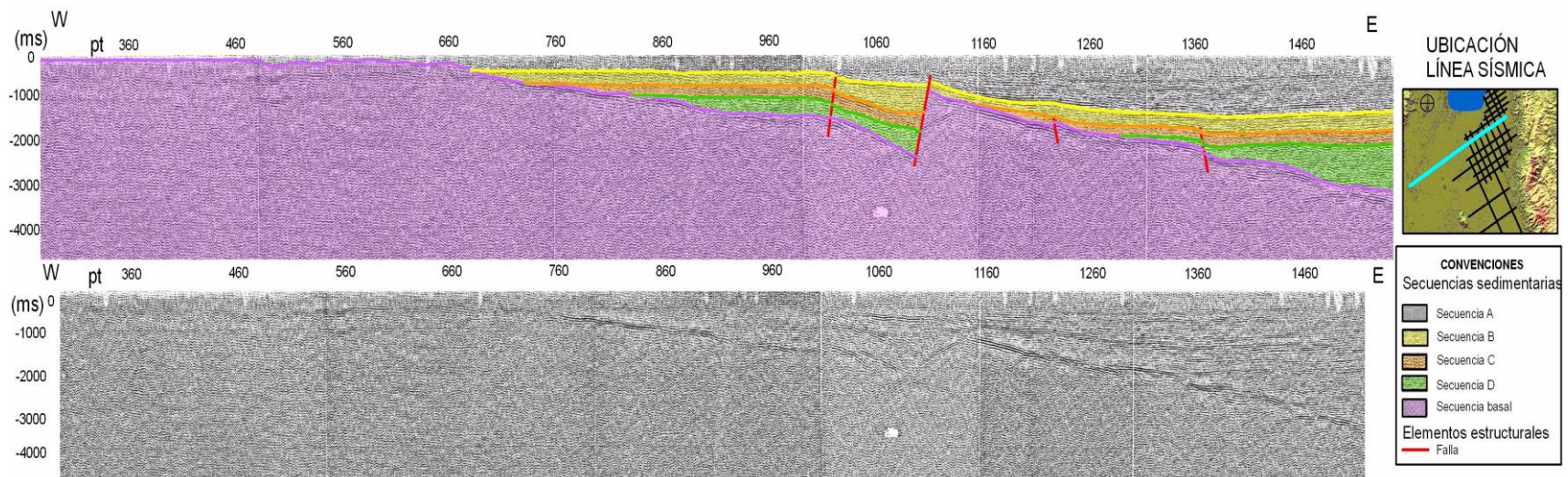


Figura 8 Línea Sísmica 79-18 interpretada con el trazado de los horizontes Sísmicos a partir de la determinación de los límites discordantes o concordante.



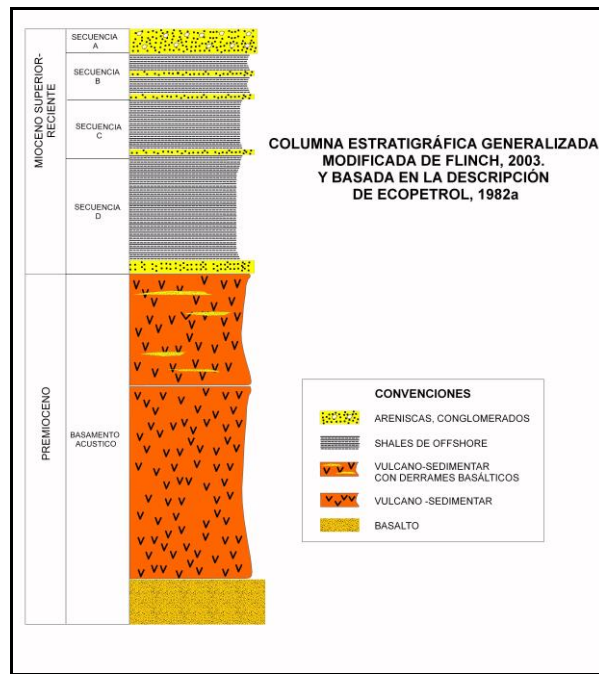


Figura 9 Localización de líneas sísmicas 2D, programa Bajo Atrato-79.

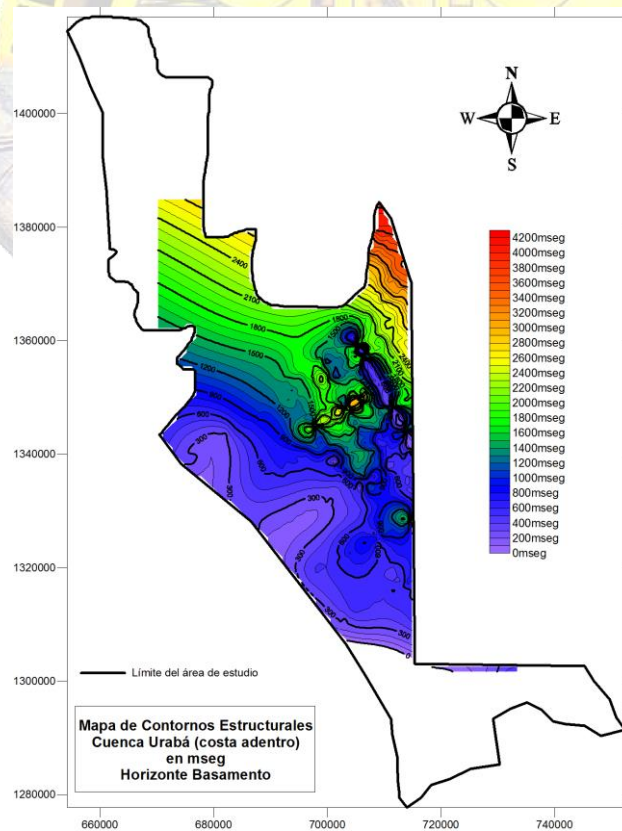


Figura 10 Mapa de contornos estructurales de la Cuenca Urabá.