



Libertad y Orden

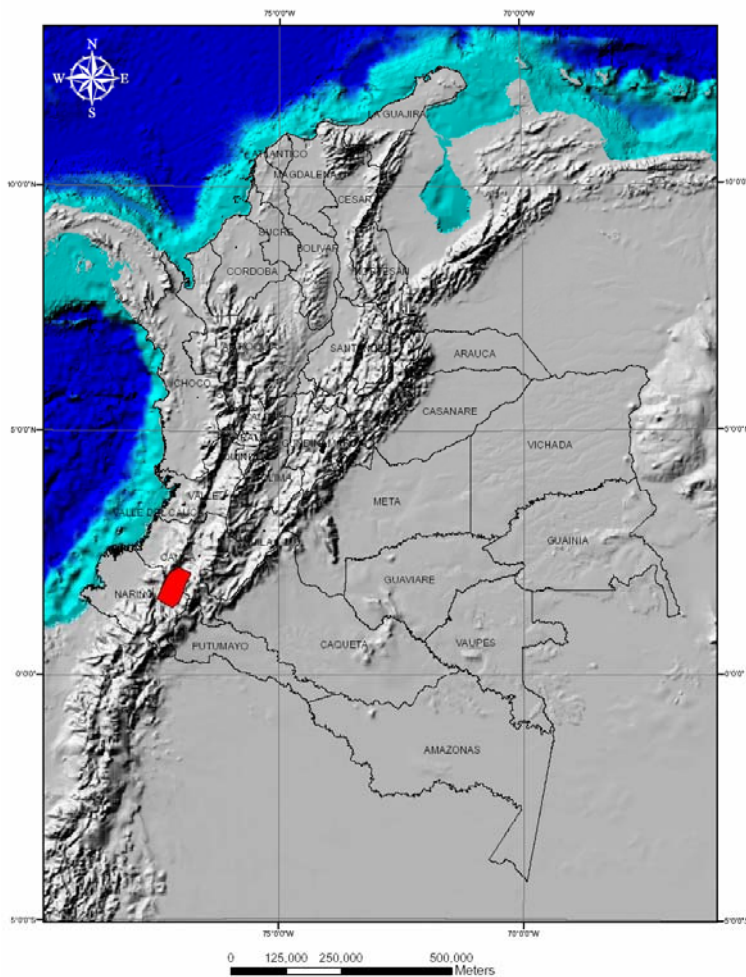


INFORME DE ADQUISICIÓN DE MUESTRAS DE CAMPO ESTUDIO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE CUENCA CAUCA – PATÍA

BLOQUE SUR

Contrato 80 - 2005

Para: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS



(Fuente: Arcims Server)

Preparado por: HGA Ltda.

Bogotá, Abril de 2006



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

ESTUDIO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE CUENCA CAUCA - PATÍA

BLOQUE SUR

Volumen 1

Técnica: Gas en espacio libre

Contrato 80, de Diciembre 26 de 2005

Presentado a: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Por: HIDROLOGÍA, GEOLOGÍA, AMBIENTAL LTDA – HGA Ltda

Bogotá, Julio de 2006



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

Presentación

Este estudio Geoquímico de Superficie, de muestras de suelo, del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, se presenta en tres informes, así:

Volumen 1: Informe de Adquisición de Muestras de Campo, Abril de 2006.

Volumen 2: Informe de Cromatografía de Gases de Suelo, Mayo de 2006.

Volumen 3: Informe de Interpretación de Geoquímica de Superficie, Julio de 2006.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

INFORME DE ADQUISICIÓN DE MUESTRAS DE CAMPO
ESTUDIO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE

CUENCA CAUCA - PATÍA

BLOQUE SUR

Contrato 80, de Diciembre 26 de 2005

Para: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Volumen 1

Por:

Fabio Córdoba
Geólogo MSc.

y

Omar Wilches
Geólogo MSc.

Bogotá, Abril de 2006



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	8
1.1 Localización	8
1.2 Objetivo	12
1.3 Metodología	12
1.4 Equipo de muestreo	15
1.5 Tiempo de muestreo	16
1.6 Modificación de puntos de muestreo	16
1.7 Muestreo de crudos	17



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Polígono del área de muestreo	8
Tabla 2. Relación de planchas topográficas, Bloque Sur, cuenca Cauca – Patía	14



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localización del área de estudio en Colombia	9
Figura 2. Localización de área estudio en los departamentos de Cauca y Nariño	10
Figura 3. Imagen de satélite del Área de estudio	11
Figura 4. Horizontes del suelo	16



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

LISTA DE ANEXOS

Anexo 1. Mapa con puntos iniciales de muestreo

Anexo 2. Listado con coordenadas iniciales y finales

Anexo 3. Mapa con puntos finales de muestreo

Anexo 4. Fichas de campo de muestras de campo

Anexo 5. Ficha de campo muestra de resumadero



1. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta las actividades de la etapa de muestreo del Estudio Geoquímico de Superficie, del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, correspondiente al Contrato 80, del 26 de diciembre de 2005, firmado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la compañía Hidrología, Geología y Ambiental Ltda. (HGA Ltda.).

1.1 Localización

El área de muestreo del presente estudio se localiza en el sector sur del departamento del Cauca y norte del departamento de Nariño (Figuras 1, 2 y 3), y está enmarcada en las coordenadas, origen Bogotá, presentadas en Tabla 1.

Tabla 1. Polígono del área de muestreo

Vértice	Este (m)	Norte (m)
P1	672.000	734.000
P2	650.000	720.000
P3	622.000	663.000
P4	658.000	643.000
P5	672.000	655.000
P6	680.000	672.000
P7	687.000	696.000
P8	700.000	720.000

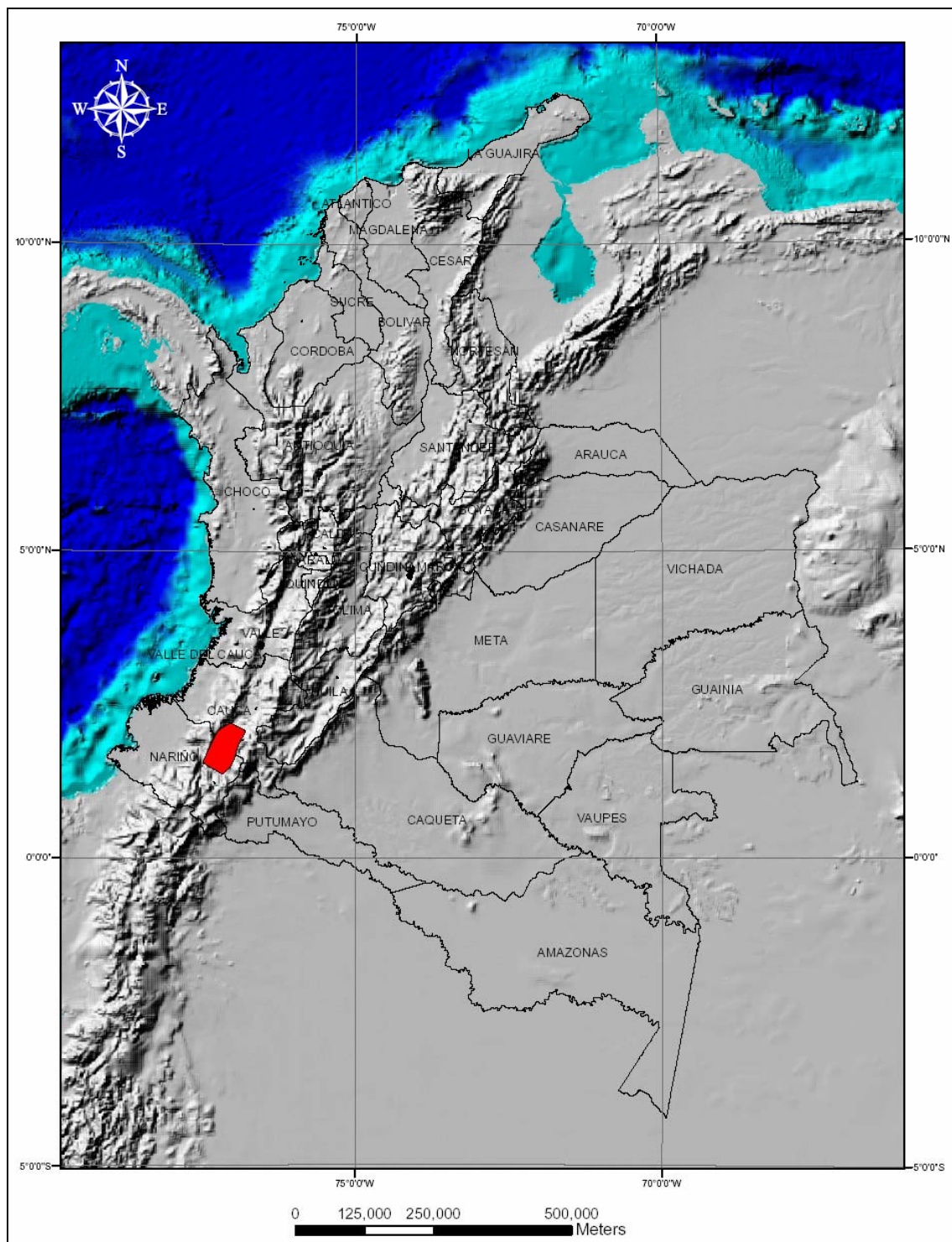


Figura 1: Localización del área de estudio en Colombia.

(Fuente: Arcims server)

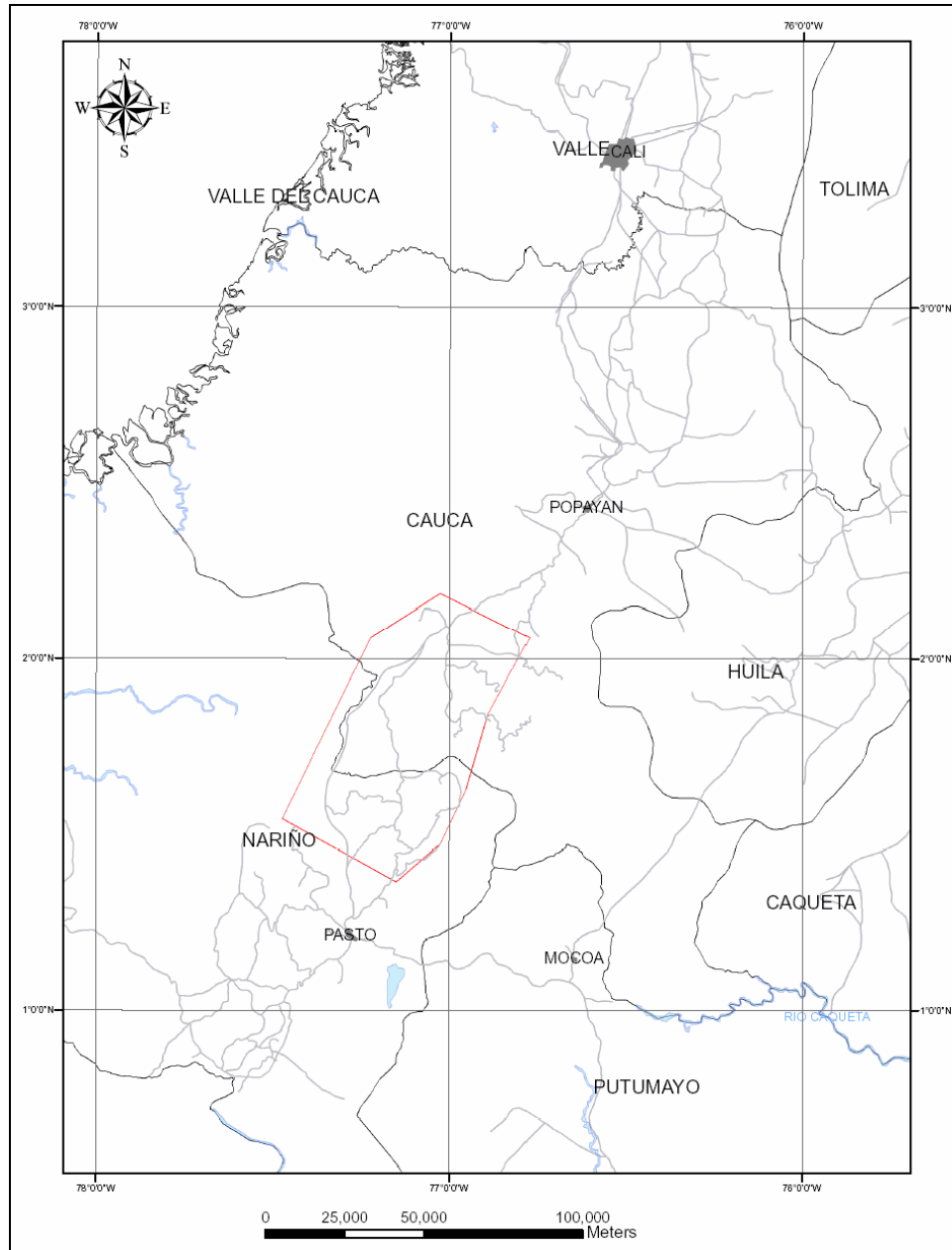


Figura 2: Localización de área estudio en los Departamentos de Cauca y Nariño. (Fuente: Dane 1999)

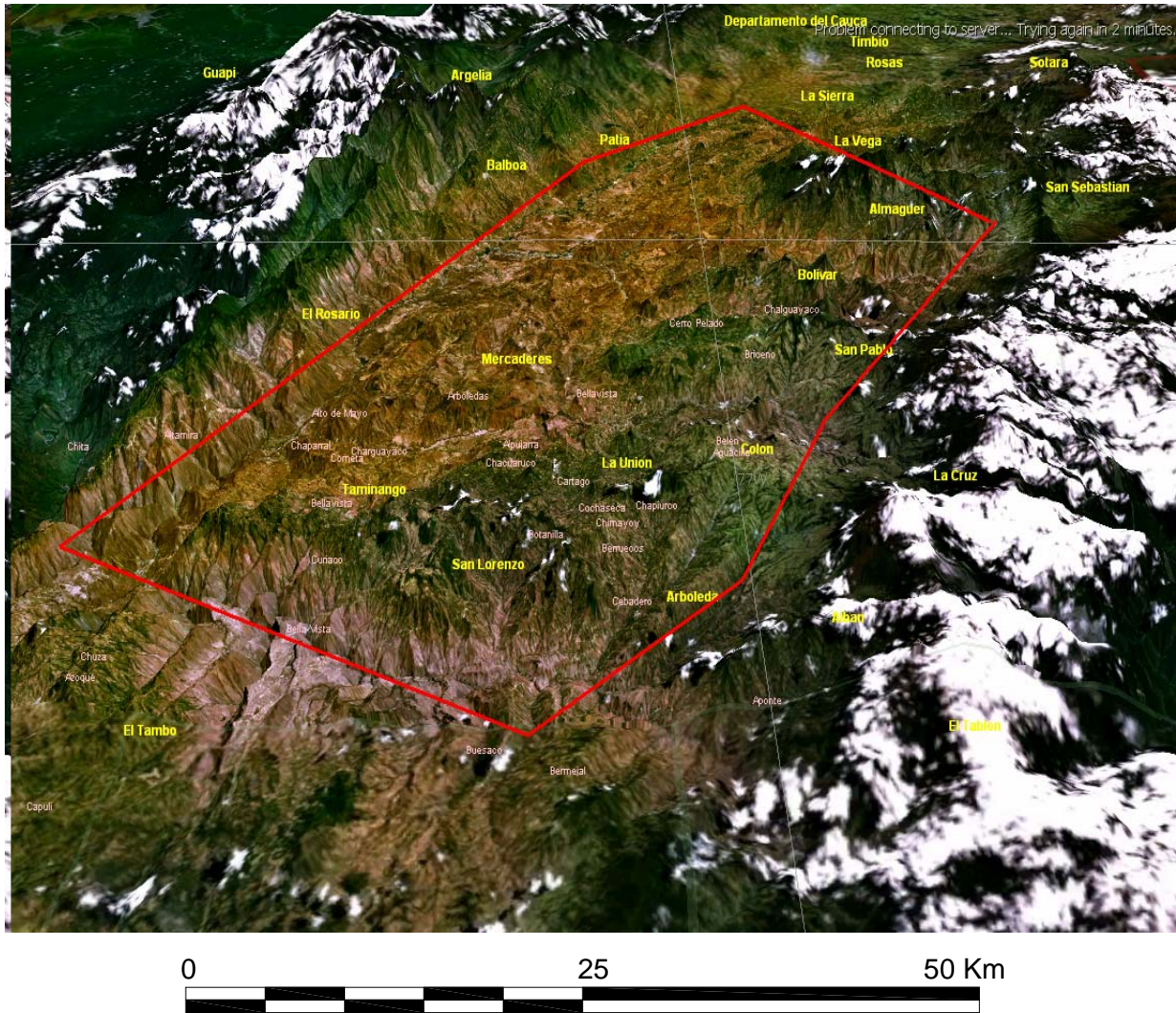


Figura 3. Imagen de satélite del Área de estudio escala 1:100.000
(Fuente: Nasa World wind)

El área de muestreo se encuentra cubierta por planchas topográficas, escala 1:100.000, y 1:25.000, disponibles en el Instituto Agustín Codazzi, en Bogotá (Tabla 1).

Geográficamente el área de muestreo corresponde a un valle asimétrico, estrecho y ondulado, limitado al Este por la cordillera Central y al Oeste por la cordillera Occidental.



Geológicamente, el área es la extensión sur de la cuenca Cauca – Patía. Limita al Oriente por el sistema de fallas de Romeral, y al Oeste por el sistema de fallas Cauca – Patía. Por el norte está bordeada por el Alto Popayán – El Tambo, y en el sur por el Alto de Nariño (Murcia et al., 1981 en *Geological Field – Trip Colombia*, 1989 -1989).

1.2 Objetivo

Tomar 1400 muestras de suelo, mediante la técnica de muestreo para gas de espacio libre (Head space gas), y su posterior análisis cromatográfico con el propósito de detectar y cuantificar posibles gases livianos presentes en ellas.

1.3 Metodología

- Se partió de una malla de muestreo, diseñada por la ANH con base en estudios geológicos anteriores que definen rasgos estructurales de posible interés exploratorio. Esta malla comprende 33 líneas de muestreo: 29 de dirección este – oeste, perpendiculares a las principales fallas, y 3 norte- sur. La distancia entre las líneas de muestreo es de aproximadamente 2km. y el espaciamiento de los puntos de muestreo, en cada línea, es de 500 m (Anexo 1).
- A partir de esta malla con la localización de los puntos de muestreo, suministrada por la ANH, se procedió a enumerar consecutivamente los puntos de muestreo, denominando el primer punto CP-1, y así sucesivamente hasta cubrir la última muestra (CP-1400). Posteriormente se procedió a leer la coordenada origen Bogotá de cada punto. Se generó un listado de coordenadas con las cuales se alimentó posteriormente, diariamente, cada *GPS*, según los puntos designados a cada geólogo para muestrear en campo.
- Antes de iniciar el muestreo, se llevó a cabo una etapa de reconocimiento del área con el propósito de diseñar la estrategia de muestreo de acuerdo con los accesos, gestionar Los permisos correspondientes para el ingreso a los predios involucrados en el muestreo, contratar personal auxiliar, vehículos y seleccionar los sitios de base.



- Para la localización, sobre el terreno, de los puntos de muestreo se utilizó un equipo de sistema de posicionamiento global o *GPS* (Global Positioning System), etrex Summit, marca Garmin, con receptor de 12 canales paralelos, precisión de < 15 metros; con brújula incorporada, con precisión de ± 5 grados y resolución de 1 grado, y altímetro de precisión de ± 10 pies (3m).
- Se utilizó un barrenador manual para la perforación de huecos de profundidades entre 0,80 a 1,50 m. y aproximadamente 15 cm. de diámetro. (Se tuvo disponible un barrenador motorizado, para aquellos posibles suelos mecánicamente duros). La profundidad final del hueco está determinada por la llegada a la capa (horizonte C) de suelo fresco (Figura 4), que permita tomar la muestra libre de material contaminante como posible materia orgánica de la parte superior.
- En cada estación de muestreo, se colectaron aproximadamente 250 gramos de suelo, que se colocaron en un tarro de hojalata, provisto de tapa perforable (septo de silicona). Antes de ser cerrado el tarro, la muestra fue diluida en agua filtrada y preservada con un bactericida para evitar la degradación microbiana de los gases. Con las mismas características, se toma una muestra adicional o contramuestra de seguridad, para, en caso de necesidad, repetir el análisis o para análisis especiales adicionales. Cada tarro fue marcado con el número correspondiente a la muestra colectada. Las características pedológicas, topográficas, humedad, etc., y las coordenadas definitivas se registraron en una ficha técnica o tarjeta geoquímica de campo, codificada en cada punto de muestreo con el fin de conocer las variables asociadas a la muestra. Adicionalmente se tomaron dos fotos, (una panorámica del sector de muestreo y una local del sitio donde se tomó la muestra).



Tabla 2: Relación de planchas topográficas, Bloque Sur, cuenca Cauca – Patía.

Esc 100.000	Esc. 25.000		
364	364	III	A
364	364	III	B
364	364	III	C
364	364	III	D
ND	386	II	A
ND	386	II	B
ND	386	II	C
ND	386	II	D
ND	386	IV	A
ND	386	IV	B
ND	386	IV	C
ND	386	IV	D
387	387	I	A
387	387	I	B
387	387	I	C
387	387	I	D
387	387	III	A
387	387	III	B
387	387	III	C
387	387	III	D
410	410	II	A
410	410	II	B

Nota: ND: No Disponibles

Total planchas 25



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

- Se generó posteriormente un listado con las coordenadas definitivas, origen Bogotá, y WGS 84, para la elaboración del mapa base definitivo (Anexos 2 y 3).
- Se elaboraron las fichas de campo (Anexo 4) y se escribió el presente informe.

1.4 Equipo de muestreo

El equipo mínimo de muestreo estuvo integrado por las siguientes personas:

Dos coordinadores de campo:

Pablo Mora

César Gómez

Ocho geólogos de campo:

Carlos Alberto Hernández

Doris Reinosá

Efraín Mauricio Gutiérrez

Jaime Rodríguez

Jorge Eliécer Buitrago

Luz Adriana Sánchez

Julio César Rodríguez

Nelson Ocampo Londoño

Un antropólogo, Juan Fernando Botero, encargado de las relaciones con la comunidad y consecución de permisos

Veinte auxiliares de campo



Horizonte A: Rico en materia orgánica

Horizonte B: Materiales disueltos y precipitados del horizonte A. Algo de material parietal original

Horizonte C: Lecho rocoso meteorizado

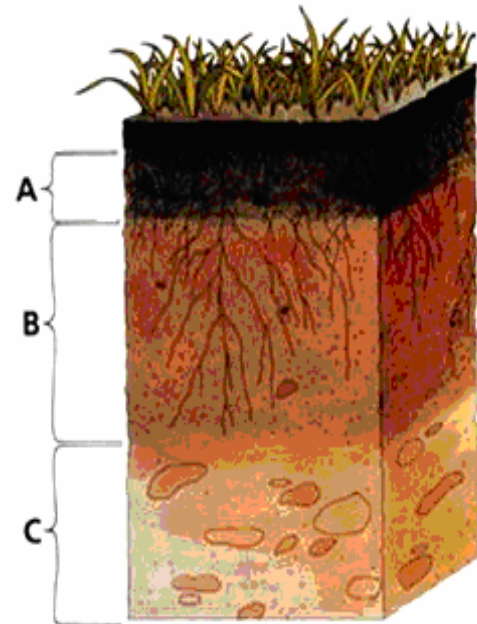


Figura 4. Horizontes del suelo

Fuente: http://es.wikipedia.org/wiki/Estructura_del_suelo

1.5 Tiempo de muestreo

La etapa de reconocimiento se desarrolló entre el 29 de enero y el 6 de febrero, y la de muestreo entre el 7 de febrero y el 2 de marzo de 2006. Se tuvieron como base los municipios de El Bordo, localizado en la parte norte, y Mercaderes en el sector sur.

1.6 Modificación de puntos de muestreo

Teniendo en cuenta que varios puntos (28), de los inicialmente programados para ser muestreados, cayeron en cuerpos ígneos o tenían problemas de acceso por orden público en el área, fueron relocalizados en una línea adicional que se denominó Línea 33x., localizada en la parte norte del área de muestreo. A estos puntos reubicados se les mantuvo el número inicialmente establecido pero se les agregó la letra X (ejemplo: CP- 255x), para indicar que fueron reubicados.



1.7 Muestreo de crudos

Durante esta etapa de campo se muestreó el rezumadero de la quebrada Matacea (Ficha del rezumadero, Anexo 5 y Anexo fotográfico).

Acceso: Tomando la carretera Panamericana en dirección sur, luego de pasar el desvío hacia el municipio de Mercaderes, se cruza el puente sobre la quebrada Matacea. A mano izquierda se toma el carreteable que se encuentra inmediatamente después de este puente. Por este desvío se puede avanzar en campero, aproximadamente 2km. hasta encontrar, a mano izquierda, la casa de la primera finca. De aquí se continúa a pié, hacia el noreste, por el camino que bordea la finca hasta encontrarse nuevamente con la quebrada Matacea. Se continúa en sentido contrario a la corriente hasta llegar al rezumadero, localizado en la margen derecha de la quebrada. Otra forma de llegar al rezumadero es con la ayuda de los habitantes de la finca, diciéndoles que lo conduzcan a uno a la “mina de petróleo”.

Descripción: corresponde a un manadero de agua que fluye con pequeñas trazas de aceite. La roca de la cual fluye está bastante tectonizada, es de color gris, y presenta textura visual siliciclástica.

Método de Muestreo: Teniendo en cuenta que este rezumadero corresponde a un manadero de agua de poco caudal, el cual fluye trayendo pequeñas trazas o hilillos de crudo, se construyó, con material de la misma roca, una pequeña poceta con el fin de represar el agua y de esta manera asegurar una mayor concentración y recuperación del crudo. Se dejó este represamiento por intervalo de ocho días, luego de los cuales se procedió a separar la fase agua – aceite. Para ello se procedió a abrir un pequeño orificio, en un costado de la poceta, por el cual se evacuó la máxima cantidad de agua posible, para finalmente colocar el frasco de vidrio en la boca del orificio y recoger el crudo con alguna cantidad de agua.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía



Foto 1. Cruce de la carretera Panamericana sobre la quebrada Matacea (Tomada hacia el norte)



Foto 2. Carreteable desde la Panamericana (Tomada hacia el Occidente)



Foto 3. Acceso en vehículo hasta la finca



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía



Foto 4. Al fondo el rezumadero
(Tomada hacia el noreste)



Foto 5. Aproximación al rezumadero
(Tomada hacia en noroccidente)



Foto 6. Detalle del rezumadero después de ocho días de represamiento.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

INFORME DE ANÁLISIS DE CROMATOGRAFÍA DE GASES DE SUELO

CUENCA CAUCA - PATÍA

BLOQUE SUR

Volumen 2

Contrato 80, de diciembre 26 de 2005

Para: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Por:

Fabio Córdoba
Geólogo MSc.

Omar Wilches
Geólogo MSc.

Bogotá, junio de 2006



TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCIÓN	4
1.1 Objetivo	4
1.2 Marco Teórico	4
1.3 Metodología	6
1.4 Equipo de Análisis	8
1.5 Tiempo de análisis	8
1.6 Selección de Muestras para Análisis Isotópicos	8
1.7 Avances en el análisis de isótopos	9
1.8 Conclusiones	10
1.9 Referencias	11



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Diagrama de sistema cromatográfico	4
Figura 2. Técnica de espacio libre	5
Figura 3. Cromatógrafo de gases	5

LISTA DE ANEXOS

[Anexo 1.](#) Tablas de Resultados Análisis Cromatográfico

[Anexo 2.](#) Perfiles de concentración de las líneas



1. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta las actividades de la etapa de análisis de cromatografía de gases del Estudio Geoquímico de Superficie, del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, correspondiente al Contrato 80, del 26 de diciembre de 2005, firmado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la compañía Hidrología, Geología y Ambiental Ltda. (HGA Ltda.).

1.1 Objetivo

- Analizar cromatográficamente 1400 muestras de gas enlatado en espacio libre obtenido de muestras de suelo.
- Determinar la composición de dichos gases y cuantificar su concentración.
- Determinar la génesis del metano mediante análisis de isótopos de carbono.

1.2 Marco Teórico

1.2.1 Cromatografía de Gases

La cromatografía de gases es esencialmente un proceso físico de separación de los componentes de una mezcla, el cual se basa en la diferencia de velocidades de migración de cada componente, lográndose una distribución diferencial entre dos fases: un lecho o fase estacionaria (columna) y una fase móvil o gas inerte (gas portador de la muestra).

Existen dos modalidades de cromatografía de gases: la cromatografía de gas sólido (CGS) en la cual la fase estacionaria es un sólido y el proceso de separación supone equilibrios de absorción gaseosa. En la cromatografía de gas líquido (CGL) la fase estacionaria es un líquido que recubre un soporte sólido inerte y en este caso ocurren equilibrios gas-líquido.



El equilibrio durante la distribución diferencial entre las dos fases se puede describir en forma cuantitativa por medio de una constante dependiente de la temperatura: el coeficiente de partición:

$$K = C_e / C_m$$

C_e : concentración total del soluto en la fase estacionaria (la columna)

C_m : concentración del soluto en la fase móvil (gas portador de la muestra).

En el caso ideal, esa razón es constante para una amplia gama de concentraciones; es decir, C_e es proporcional a C_m , pero en algunos casos la relación no es lineal (Rojas, J. H. y De Nigrinis E, 1992).

El proceso esencialmente consiste en transportar una muestra en fase de vapor, con un gas inerte o fase móvil, a una determinada presión y temperatura, desde un sitio de inyección hasta una fase estacionaria (columna). Allí tiene lugar la separación y luego los componentes separados (eluidos) llegan al detector, sitio en el que se origina una señal eléctrica la cual es registrada como un cromatograma, a través de un integrador o programa de computador apropiado. La figura 1 muestra los componentes principales del equipo.

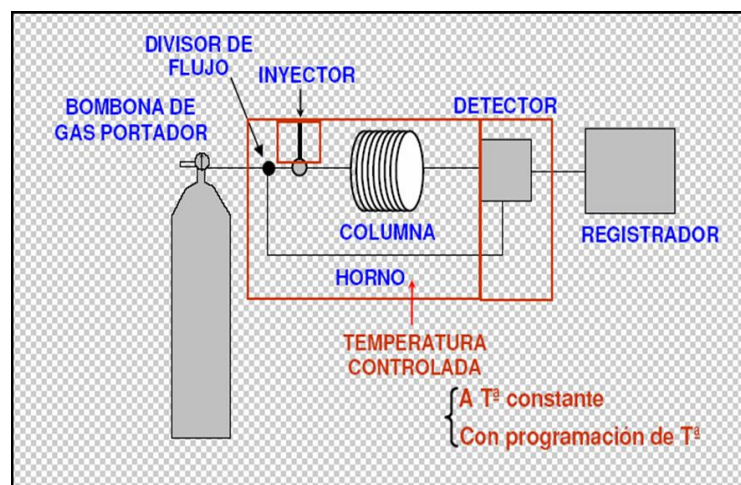


Figura 1. Diagrama de sistema cromatográfico.
(Fuente: www.uga.edu)



1.2.1.1 Muestreo de gas enlatado en espacio libre (headspace)

El muestreo de gas enlatado en espacio libre es una forma de analizar compuestos volátiles asociados a una muestra sin el uso de extracción por solventes. El termino “headspace” se refiere al espacio libre que queda entre la parte superior del contenido líquido o sólido y la tapa de un tarro (ver Figura 2). Esta técnica suele traducirse en el ámbito farmacéutico como cromatografía de gases por espacio de cabeza y el objetivo es analizar el vapor de la sustancia presente en el espacio comprendido entre el nivel del líquido (o sólido) y la tapa de un tarro.

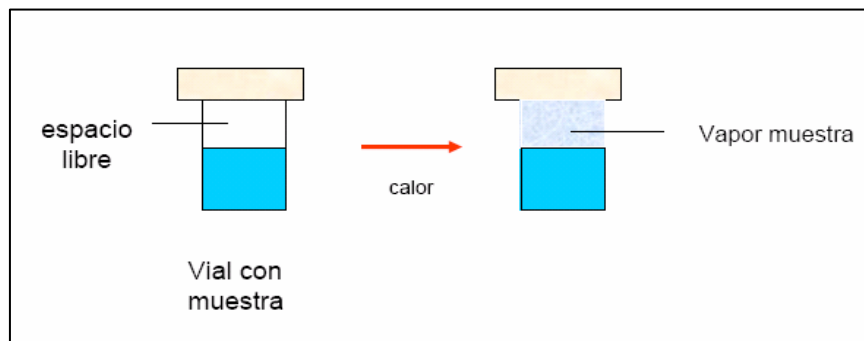


Figura 2. Técnica de espacio libre

(Fuente: www.uga.edu)

1.3 Metodología

1.3.1 Metodología de Laboratorio

a. Preparación de la muestra

Las muestras selladas, debidamente marcadas y codificadas se recibieron en el laboratorio para ser sometidas a un tratamiento previo, netamente mecánico, que consiste en: agitación mecánica; calentamiento en baño de maría; y disgregación por ultrasonido, para separar las partículas del suelo y liberar los gases adsorbidos.



b. Análisis cromatográfico

Para el análisis se utilizó un cromatógrafo Hewlett Packard 5890 serie II (Figura 3), equipado con un detector de ionización de llama (FID) y una columna capilar PLOT, con una fase estacionaria de alúmina, de 50m de longitud y un diámetro interno de 0,53mm. La inyección de las muestras se realizó de manera directa.



Figura 3. Cromatógrafo de gases. (Fuente: HGA Ltda.)

El programa *ChemStation* recibe e integra la señal enviada desde el cromatógrafo de gases, identifica, cuantifica la concentración y muestra una representación grafica de los resultados (cromatograma).

Los hidrocarburos livianos en la muestra (metano, etano, propano, acetileno, isobutano, butano, isopentano, pentano y hexano) se cuantificaron de acuerdo con el estándar certificado. El equipo se calibró cada 15 muestras y se corrió una muestra en blanco cada 10 análisis.

c. Codificación de datos

Los datos obtenidos del análisis cromatográfico se organizaron en tablas (Anexo 1), las cuales se utilizaron para la elaboración de perfiles cromatograficos e interpretación.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

1.4 Equipo de Análisis

El equipo de analistas estuvo integrado por tres ingenieros químicos:

Adriana Milena Robayo

Wilson Rafael Otálora Ramírez

Jaime Andrés Cujabán Senejoa

1.5 Tiempo de análisis

La fase de análisis cromatográfico se desarrolló entre el 13 de febrero y el 12 de abril de 2006.

1.6 Selección de Muestras para Análisis Isotópicos

El origen genético (biogénico o termogénico) de los hidrocarburos, en general, y particular de los detectados en la superficie puede ser determinado a través, entre otras, a partir de la relación isotópica de carbono ($^{13}\text{C}/^{12}\text{C}$).

Teniendo en cuenta que uno de los objetivos del presente estudio es determinar el origen de los hidrocarburos presentes en las anomalías geoquímicas diferenciadas en la faja de gases livianos C_1 a C_5 , se seleccionaron muestras (aproximadamente del 10% de total de las muestras analizadas), para realizar análisis isotópicos de carbono del metano.

En la selección de las muestras se tuvieron en cuenta los siguientes criterios:

- La concentración (ppm) del gas (la concentración mínima requerida, por la mayoría de laboratorios, es de 1000 ppm de metano para garantizar la obtención de resultados). Algunas muestras seleccionadas están por debajo de esta



- concentración debido al poco número de muestras disponibles con concentraciones altas, para completar el 10%, estipulado en el contrato.
- Índice de humectabilidad de Bernard $[C_1/(C_2 + C_3)]$. Esta relación permite tener una primera aproximación respecto al origen del hidrocarburo (microbiológico, mezcla, diagenético o termogénico).
 - Selección de muestras dentro de las anomalías identificadas

1.7 Avances en el análisis de isótopos

El 18 de abril se enviaron al Laboratorio *GMT, Inc – Isotech-Illinois* las muestras que se relacionan a continuación:

CP-22, CP-24, CP-76, CP-82, CP-84, CP-85, CP-87, CP-142, CP-144, CP-177, CP-204, CP-205, CP-207, CP-258, CP-332, CP-333, CP-336, CP-471, CP-466, CP-467, CP-477, CP-478, CP-488, CP-645, CP-657, CP-665, CP-769, CP-671, CP-765, CP-767, CP-780, CP-856, CP-858, CP-865, CP-922.

El análisis cromatográfico fue realizada a partir del método de acidificación. De ninguna de estas muestras se obtuvieron concentraciones de metano mayores de 1000 ppm., por lo que no se les realizó análisis isotópico.

El 10 de mayo se enviaron al Laboratorio *Intertek Westport Technology Center* muestras, por problemas con la aduana en Florida las muestras fueron devueltas.

El 9 de junio se enviaron al Laboratorio *Baseline Resolution, Inc.* las muestras que se relacionan a continuación:

CP-114, CP-178, CP-785, CP-872, CP-876, CP-971, CP-999, CP-1021, CP-1022, CP-1061.

Estas muestras llegaron el 14 de junio al laboratorio y se está a la espera de resultados.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

El 9 de junio se enviaron a Brasil al Laboratorio *High Resolution Technology & Petroleum Ltda, Inc.* las muestras que se relacionan a continuación:

CP1066, CP1116, CP1122, CP1131, CP1152, CP1157, CP1180, CP1181.

Estas muestras no han podido ser entregadas al laboratorio, por huelga en la aduana de ese país, situación que se estima esté resuelta al final de julio.

1.8 Conclusiones

- Se analizaron cromatográficamente 1400 muestras de gas enlatado en espacio libre obtenidas de muestras de suelo del área de Cauca – Patía, Bloque Sur, de las cuales se obtuvieron lecturas de C₁ a C₆.
- Se cuantificó la concentración de los siguientes gases: metano, etano, propano, acetileno, isobutano, butano, isopentano, pentano y hexano, estando los resultados dentro de rangos normales.
- Predominan en las concentraciones, lecturas mayores de metano y etano, que la de los otros gases.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

1.9 Referencias

1. ROJAS, J. H. y DE NIGRINIS E. Introducción al Análisis Instrumental. Parte I. Universidad Nacional de Colombia. Bogotá, 1992.
2. MCNAIR, H. M. y BONELLI E. J. Basic Gas Chromatography. Ed. Varian Instrument Division Office. U.S.A., 1968.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

ESTUDIO GEOQUÍMICO DE SUPERFICIE

CUENCA CAUCA - PATÍA

BLOQUE SUR

Volumen 3

Técnica: Gas en espacio libre

Contrato 80, de Diciembre 26 de 2005

Presentado a: AGENCIA NACIONAL DE HIDROCARBUROS

Por: HIDROGEOLOGÍA, GEOLOGÍA, AMBIENTAL LTDA.

Bogotá, Julio de 2006



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

INFORME DE INTERPRETACIÓN DE GEOQUÍMICA DE SUPERFICIE

CUENCA CAUCA - PATÍA

BLOQUE SUR

Volumen 3

Por:

Fabio Córdoba
Geólogo MSc.

Ómar Wilches
Geólogo MSc.

Bogotá, Julio de 2006



RESUMEN EJECUTIVO

La exploración Geoquímica para petróleo es la búsqueda de manifestaciones, en superficie o cerca de ella, de hidrocarburos que se filtran o emanan en variadas y detectables cantidades hacia la superficie,

Las técnica directa de Gas Libre analiza pequeñas cantidades de hidrocarburos livianos (C_1 a C_5 , principalmente). En el caso de la cuenca Cauca – Patía, 1400 muestras de suelo, de 34 líneas, del denominado, en este estudio, Bloque Sur, fueron tomadas, analizadas y sus datos cromatográficos interpretados.

La interpretación de los datos cromatográficos de las muestras de gas de suelo del área de esta cuenca, evaluada en el presente estudio, permite identificar 13 áreas con valores anómalos de gases, especialmente de metano y etano. Estas áreas son: A, B, C y D, localizadas en el sector norte, entre las líneas oeste – este: 33x, 1, 2, 3 4, 5 y 6, y el extremo norte de las líneas sur – norte, 31 y 33; los grupos W, X, Y y Z ubicadas en la parte sur, entre las líneas este – oeste: 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, y el extremo sur de las líneas sur – norte: 30, 31 y 32; y, M, N, O, P y Q, que se ubican en la parte media del bloque estudiado, entre las líneas oeste – este: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, y la parte media de las líneas sur – norte: 30 y 31. Estos grupos de anomalías o anomalías tienen distinto grado de expresión en los diferentes gases cartografiados.

Por su expresión, en varios gases, se destacan, para todo el bloque, las áreas de las anomalías Q, A, M, B, N, W, X y Y, en su orden. En el sector norte se destaca el grupo A; en la parte media sobresalen Q y M; y en el sur W, X y Y.

En general, las muestras tomadas al norte del bloque son de origen biogénico y las tomadas al sur del área son de carácter termogénico.

Estas áreas, de valores anómalos, se enmarcan dentro del Modelo Geoquímico de superficie, el cual debe integrarse con el Modelo Estratigráfico y Estructural del área, con el propósito de petrolizar el área, lo que equivale a evaluar el verdadero potencial hidrocarburífero de esta parte de la cuenca.



EXECUTIVE SUMMARY

Geochemical exploration for petroleum is the search for near surface indications of hydrocarbons that have migrated to the near surface in detectable amounts.

The gas chromatography analyzes small amounts of light hydrocarbons (principally C₁ to C₅). In the Cauca - Patía Basin, 1400 soil samples of 34 lines in the south block were obtained, analyzed and interpreted by gas chromatography.

The interpretation by gas chromatography of the near surface gases of the area and evaluation in this study permitted the identification of 13 areas of gas anomalies, especially of methane and ethane. Areas designated A, B, C and D are located to the North, between lines West – East: 33X, 1,2, 3, 4, 5 and 6 and the extreme north of lines North – South, 31 and 33; groups W, X, Y and Z located to the South, between East – West lines 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27,28,29 and the extreme South on North – South lines, 30,31 and 32; and M, N, O, P and Q located in the middle of the study between East – West lines 8,9,10,11,12,13, 14 and 15 and the middle portion of the North–lines 30 and 31. This group of anomalies has a unique expression in the chromatographic analysis.

Various gases can be seen or are expressed in areas Q, A, M, B, N, W, X and Y as mentioned. In the north group A and the middle areas Q and M, to the South W, X and Y.

These areas of anomalous values are shown in the geochemical model of the surface which should be integrated into the structural and stratigraphic model of the area, with the idea of incorporating this information into the petroleum system of the region and its potential.



TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN EJECUTIVO	3
EXECUTIVE SUMMARY	4
1. INTRODUCCIÓN	10
1.2 Objetivos	10
1.2.1 Generales	10
1.2.2 Específicos	10
2. METODOLOGÍA	11
3. INTERPRETACIÓN	12
3.1 Tratamiento Estadístico	12
3.2 Determinación de Anomalías	12
4. CARTOGRAFÍA DE GASES E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE INTERÉS	15
4.1 Mapa de Metano	15
4.2 Mapa de Etano	17
4.3 Mapa de Propano	17
4.4 Mapa de Isobutano	17
4.5 Mapa de Butano	19
4.6 Mapa de Isopentano	19
4.7 Mapa de Pentano	20
4.8 Mapa de Sobreposición de los Gases C ₂ a C ₅	20
4.9 Expresión de las Anomalías en los Perfiles Cromatográficos	20
4.10 Conclusiones Sobre Áreas de Interés	24
5. ESTIMACIÓN DEL ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS	29
6. PREDICCIÓN DEL TIPO DE FLUIDO	30



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

7. DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS PRESENTES EN ANOMALÍAS A PARTIR DE ANÁLISIS ISOTÓPICOS	33
CONCLUSIONES	37
RECOMENDACIONES	38
BIBLIOGRAFÍA	39



LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Valores de las anomalías	14
Tabla 2. Localización de las anomalías para los gases c_1 y c_2	22
Tabla 3. Concentraciones máximas de gas	24
Tabla 4. Grado de expresión de las anomalías en los gases c_1 a c_5 .	27
Tabla 5. Parámetro de bernard para determinar el posible origen de los hidrocarburos	29
Tabla 6. Resultados de análisis isotópicos de muestras.	34



LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa de clases y de contornos de metano	16
Figura 2. Mapa de clases y de contornos de etano	18
Figura 3. Mapa de sobreposición de contornos de gases C_2 a C_5 .	21
Figura 4. Mapa de áreas de interés	25
Figura 5. Áreas de interés sobre el mapa geológico del bloque de estudio.	26
Figura 6. Posible tipo de fluido esperado a partir de	32
Figura 7. Gráfico de bernard: $^{13}C/^{12}C_{(0/00)}$ metano vs. $C_1/(C_2+C_3)$	36



LISTA DE ANEXOS

- Anexo Digital 1. Estimación del tipo de hidrocarburo a partir del parámetro de Humectabilidad de Bernard.
- Anexo Digital 2. Tratamiento estadístico de los hidrocarburos termógenicos.
- Anexo 3. Medidas de posición central y de dispersión.
- Anexo 4. Mapa de clases y de contornos de metano, escala 1:100.000.
- Anexo 5. Mapa de clases y de contornos de etano, escala 1:100.000.
- Anexo 6. Mapa de clases y de contornos de propano, escala 1:100.000.
- Anexo 7. Mapa de clases y de contornos de isobutano, escala 1:100.000.
- Anexo 8. Mapa de clases y de contornos de butano, escala 1:100.000
- Anexo 9. Mapa de clases y de contornos de isopentano, escala 1:100.000
- Anexo 10. Mapa de clases y de contornos de pentano, escala 1:100.000.
- Anexo 11. Mapa de sobreposición de contornos de los gases C₂ a C₅, escala 1:100.000.
- Anexo 12. Perfiles cromatográficos de las líneas de muestreo.
- Anexo 13. Mapa de áreas de interés, escala 1:100.000.
- Anexo 14. Áreas de interés sobre el mapa geológico del bloque de estudio, escala 1:100.000.
- Anexo Digital 15. Relación de muestras de posible origen microbiológico, diagenético, y mezclas.
- Anexo Digital 16. Estimación del tipo de fluido a partir de las relaciones de Harworth *et al.* (1985)
- Anexo Digital 17. Posible tipo de fluido esperado a partir de las relaciones $C_2/(C_3+C_4)$ vs. $C_1/(C_2+C_3)$.
- Anexo Digital 18. Resultados de isótopos
- Anexo 19. Mapa de metano con resultados de Isótopos



1. INTRODUCCIÓN

El siguiente informe presenta los resultados de la fase de interpretación del Estudio Geoquímico de Superficie, del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, correspondiente al Contrato 80, del 26 de diciembre de 2005, firmado entre la Agencia Nacional de Hidrocarburos (ANH) y la compañía Hidrología, Geología y Ambiental Ltda. (HGA Ltda.).

1.2 Objetivos

1.2.1 Generales

- Interpretar los resultados cromatográficos de 1400 muestras de gases de suelo del área de estudio, obtenidos por medio de la técnica de gas en espacio libre.
- Determinar concentraciones altas (anomalías) de hidrocarburos livianos en superficie a partir del estudio gasométrico de muestras de suelo en la cuenca Cauca – Patía
- Elaborar mapas e identificar posibles anomalías
- Determinar el origen más probable de los hidrocarburos de las anomalías identificadas, con base en relaciones de humectabilidad.
- Diferenciar mediante el análisis de isótopos del carbono del metano, el origen de los hidrocarburos presentes en las anomalías

1.2.2 Específicos

- Identificar la presencia de microemanaciones de hidrocarburos a partir de los datos obtenidos por la técnica de cromatografía de gases.
- Identificar posibles anomalías entre los valores obtenidos
- Estimar el posible origen de dichos gases
- Identificar el posible origen de los hidrocarburos relacionados con dichas anomalías, a partir del análisis isotópico del carbono del metano



2. METODOLOGÍA

La interpretación abordó los siguientes pasos:

- Revisión de resultados en la tabla de datos
- Determinación del índice de humectabilidad de Bernard y estimación del tipo de hidrocarburo (biogénico/mezcla o termogénico)
- Filtración de la tabla de datos
- Tratamiento estadístico
- Determinación de la constante de fondo y de valores anómalos de primero y segundo orden, para cada uno de los gases (C_1 a C_5)
- Cartografía de gases C_1 , C_2 , C_3 , iC_4 , nC_4 , iC_5 y C_5 , y de sobreposición de los gases C_2 - C_5
- Evaluación de los perfiles cromatográficos
- Cartografía y descripción de áreas de interés
- Determinación y graficación de relaciones



3. INTERPRETACIÓN

3.1 Tratamiento Estadístico

Para realizar el tratamiento estadístico de los datos, se aplicaron varios filtros, así: a partir de la relación de Bernard, se identificaron muestras de posible origen microbiológico, diagenético y mezclas (Anexo Digital 1), eliminándolas, y dejando únicamente aquellas de origen termogénico.

Seguidamente se eliminaron las muestras por encima del percentil 95,4% (esto únicamente para el tratamiento estadístico, ya que luego el mapeo se hace con todos los datos de gases termogénicos), (Anexo Digital 2), que de acuerdo con *Duchscherer* (1990), corresponderían a muestras anómalas.

Seguidamente se normalizaron los datos (obtención del logaritmo natural de los datos), debido a que estos datos presentan una distribución *Log-Normal* (Krumbein y Graybill, 1965; Isaaks y Srivastava, 1989).

Para el tratamiento estadístico se empleó el programa Past. A partir de éste se generaron histogramas, y se determinaron las medidas de posición central (media, mediana) y las medidas de dispersión (rango, varianza, desviación estándar, etc.) (Anexo 3), para cada uno de los gases. El objetivo principal de este ejercicio es estimar la constante de fondo (background) y los posibles valores anómalos.

3.2 Determinación de Anomalías

Como ya se mencionó, la determinación de la constante de fondo y anomalías se realizó a partir del tratamiento estadístico.

En el ejercicio del tratamiento estadístico de esta área, por ejemplo, si se toman todos los datos, de posible origen termogénico, se obtienen los siguientes valores:



Media = 609

Desviación estándar: 6318

Si a partir de estas medidas se determinan las anomalías de segundo y primer orden, aplicando para las anomalía de segundo orden el valor de la media más dos desviaciones estándares, y para las anomalías de primer orden la media más tres desviaciones estándares (*Duchscherer*, 1990), se obtendría que la anomalía de segundo orden estaría por encima de 13245 ppm y la anomalía de primer orden por encima de 19560 ppm para el metano, es decir, que para los valores de origen termogénico sólo habría, en total, 9 valores anómalos (equivalente al 0,7% de estos datos) que corresponden a puntos aislados dentro de la población analizada.

Debido a esto, para realizar el tratamiento estadístico se tomaron los datos correspondientes al percentil 95,4% el cual corresponde, en una curva gaussiana normal, a la media más dos desviaciones estándares, es decir, se eliminan los datos que se encuentran en los extremos o más alejados del promedio. La comparación entre el análisis de datos para los valores completos y para la constante de fondo o valores *background*, para el metano y el etano, se presentan en el Anexo 3.

En general los histogramas y los diagramas de probabilidad normal presentan dos familias de datos, lo cual indica la existencia de una población normal natural y una población anómala.

En conclusión, luego de la aplicación de los filtros descritos arriba se tomaron todos los valores de concentración menores o iguales a la media como constante de fondo; en tanto que las anomalías de segundo orden se estimaron, a partir de la media más dos desviaciones estándares, y para las anomalías de primer orden se tomó la media más tres desviaciones estándares (*Duchscherer*, 1990), para cada uno de los hidrocarburos livianos: metano, etano, propano, isobutano, butano, isopentano y pentano (C_1 , C_2 , C_3 , iC_4 , nC_4 , iC_5 y C_5) (Tabla 1).



Tabla 1. Valores de las anomalías

Gas	Media	Desviación Estándar	Anomalía de 2º orden	Anomalía de 1º orden
	μ	σ	$\mu + 2 \sigma$	$\mu + 3 \sigma$
Metano	25.78	41.70	109	150
Etano	2.25	3.21	8.67	11.88
Propano	0.79	1.18	3.16	4.35
Acetileno	0,08	0.21	0.51	0.72
Isobutano	0.17	0.93	2.02	2.95
Butano	0.46	0.68	1.81	2.49
Isopentano	0.10	0.17	0.44	0.61
Pentano	0.24	0.27	0.79	1.06
Hexano	0.10	0.19	0.49	0.68



4. CARTOGRAFÍA DE GASES E IDENTIFICACIÓN DE ÁREAS DE INTERÉS

Una vez definidos la constante de fondo y los rangos de las anomalías de segundo y primer orden, se procedió a elaborar mapas de contornos y de clases, para todos los gases termógenicos, tomando como base el mapa de coordenadas finales de los puntos muestreados. Para esta labor se utilizaron los programas *Surfer*, *Autocad* y *Arcgis*.

4.1 Mapa de Metano

De acuerdo con este mapa, por su extensión o subgrupos de anomalías, sobresalen tres sectores con anomalías de segundo y primer orden:

Un primer sector localizado hacia el extremo norte, un segundo sector hacia la parte sur y un tercer sector localizado aproximadamente en la parte media del área de estudio (Figura 1. y Anexo 4).

En el sector norte se pueden diferenciar anomalías individuales o grupos, que convencionalmente se denominan, de oeste a este: A, B, C y D (para la parte norte se emplean consecutivamente las primeras letras del alfabeto español, para la parte media las letras intermedias y para el sur las últimas letras). Estas anomalías se enmarcan entre las líneas oeste – este: 33x, 1, 2, 3 4, 5 y 6, y el extremo norte de las líneas sur – norte, 31 y 33.

En el sector sur, la mayoría de anomalías está expresada, igualmente, por uno o varios contornos independientes, de tal forma que conforman grupos que se denominarán, de oeste a este, como: W, X, Y, Z. Estas anomalías se localizan entre las líneas este – oeste: 17, 18, 20, 21, 22, 23, 24, 25, 26, 27, 28, 29, y el extremo sur de las líneas sur – norte: 30, 31 y 32.

En la parte media, por su expresión individual o en grupos, sobresalen las anomalías M, N, O, P y Q, que se localizan entre las líneas oeste – este: 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14 y 15, y la parte media de las líneas sur – norte: 30 y 31.



4.2 Mapa de Etano

Las anomalías de segundo y primer orden descritas para el metano, aunque con menor extensión, se expresan también en el mapa de etano, con excepción de la anomalía P del sector medio que no se manifiesta en este gas (Figura 2 y Anexo 5).

4.3 Mapa de Propano

En el sector norte se expresa, de forma muy reducida en extensión, la anomalía A, con contornos de segundo y primer orden; y muy reducida, con contorno de segundo grado, la anomalía B; en tanto que, las demás anomalías presentes en el metano y etano, para esta parte desaparecen (Anexo 6).

En el sector sur se mantiene la expresión de la anomalía X, en contornos de segundo y primer orden; mientras que el grupo de anomalías W, manifiesta, levemente, algunos remanentes de segundo orden. Las anomalías del grupo Z, prácticamente no se expresan en este hidrocarburo, con excepción de algunos pequeños cierres de contornos de segundo orden.

En la parte media del área de estudio, mantiene ligeramente su expresión la anomalía M y el grupo O; mientras que las anomalías N y P no se manifiestan.

4.4 Mapa de Isobutano

En este gas solamente tiene expresión, en la parte media del área de estudio, el grupo de anomalías N, manteniendo contornos de segundo y primer orden. Hacia el occidente de este grupo, aparece un par de anomalías de segundo y primer orden, no expresadas claramente en los anteriores gases, que en adelante se denominará grupo Q. También se mantiene una pequeña expresión del grupo de anomalías O, con categoría de segundo y primer orden. Las demás anomalías para los gases anteriores no se manifiestan en la cartografía de este gas (Anexo 18).

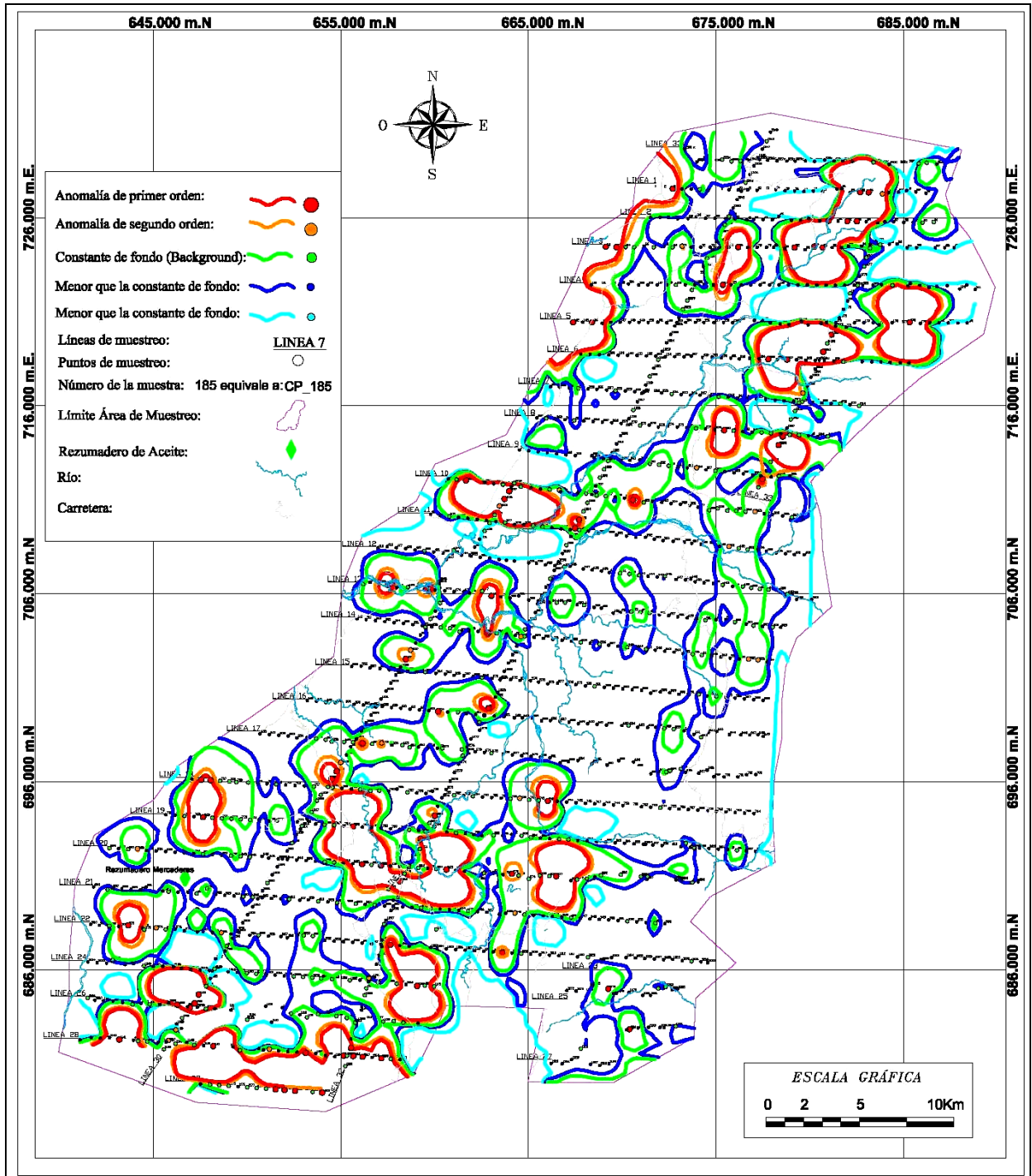


Figura 2. Mapa de clases y de contornos de etano



4.5 Mapa de Butano

En el sector norte continúa expresándose, con contornos de segundo y primer orden la anomalía A, y se insinúa muy suavemente un remanente de segundo orden de la anomalía B, únicamente (Anexo 8). Las demás anomalías expresadas con intensidad en el metano y etano desaparecen.

En el sector sur, continúa expresando relativamente bien, con contornos de segundo y primer orden, la anomalía X, y en áreas muy pequeñas, remantes de segundo y primer orden de los grupos de anomalías W, Y y Z.

En la parte media, sólo un pequeño remanente del grupo de anomalía Q se manifiesta.

4.6 Mapa de Isopentano

En el sector norte, la única anomalía que continúa expresándose en categoría de segundo y primer orden es la A, las demás anomalías descritas para el metano y etano no se manifiestan (Anexo 9).

En el sector medio continúa, aunque reducida, la expresión de la anomalía M; igualmente, está presente parte del grupo de anomalías Q, definido en el isobutano y butano.

En la parte sur, continúa manifestándose bien la anomalía X; mientras que, de las anomalías W, Y y Z se tienen pequeñas áreas donde éstas se expresan.

En la parte media del área de estudio continúa expresándose la anomalía M. En la parte sur la expresión de la anomalía X sigue manifestándose en este hidrocarburo. Los grupos de anomalías W, Y y Z se expresan en anomalías de segundo y primer orden, con áreas pequeñas.



4.7 Mapa de Pentano

La anomalía A (Anexo 10) del sector norte, al igual que la anomalía X del sector sur continúan teniendo expresión en la cartografía de este gas, al igual que una pequeña área remanente del grupo Y, y con mucha menor expresión un remanente del grupo W.

En la parte media, el grupo Q continúa manifestándose en este gas, y la anomalía M continúa con una pequeña expresión.

4.8 Mapa de Sobreposición de los Gases C₂ a C₅

En la Figura 3 y el Anexo 11, que corresponden al mapa de sobreposición de los gases C₂, C₃, iC₄, C₄, iC₅ y C₅, se puede apreciar que la mayoría de valores anómalos corresponden a la parte norte y sur, mientras que en la parte media del área de estudio, estos contornos son más escasos y de menor extensión.

4.9 Expresión de las Anomalías en los Perfiles Cromatográficos

Las concentraciones obtenidas para cada gas en cada una de las muestras se grafican colocando en el eje de las ordenadas estas concentraciones, en escala logarítmica, y el número de la muestra en el eje de las abscisas (perfiles cromatográficos). Las anomalías identificadas a partir de la cartografía, se pueden, igualmente, visualizar en los perfiles cromatográficos (Tabla 2; Anexo 12). Las mayores concentraciones de gas (ppm) corresponden al metano, seguidos por las de etano (Tabla 3).



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

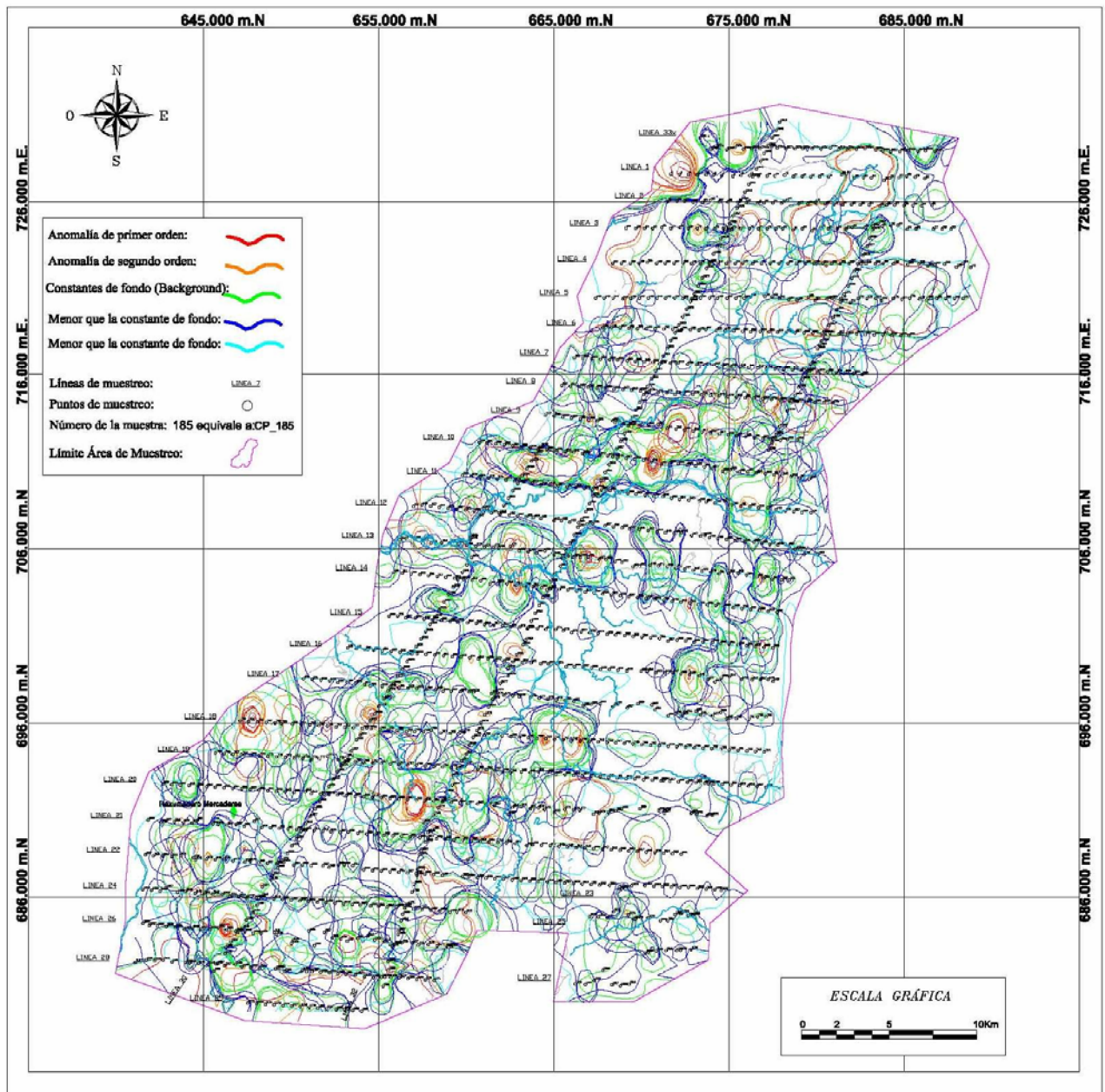


Figura 3. Mapa de sobreposición de contornos de gases C₂ a C₅.

**Tabla 2.** Localización de las anomalías para los gases C₁ y C₂

ANOMALÍA	SECTOR	LÍNEA	MUESTRAS (CP)
A	NORTE	1	1,2,3
		3	62,63,64
		4	100
		5	142 a 145
B	NORTE	2	38,39
		3	69, 70, 71
		3	75, 76, 77
		4	108, 109, 110
		4	112 a 115
		31	1327 a 1339
C	NORTE	1	21 a 25
		2	50 a 53
		3	81 a 91
		33	1378, 1379, 1380
		33x	957x, 958x, 959x
D	NORTE	4	131, 132, 133
		5	175 a 179
		5	166 a 168
		6	204 a 213
		33	1367, 1368, 1369
M	MEDIO	10	332 a 342
		11	376 a 381
		30	1252 a 1258
		31	1302 a 1306
O	MEDIO	13	470, 471, 472
		13	477, 478, 479
		14	523, 524, 525
		16	618, 619, 620
		30	1235 a 1241
		31	1279 a 1282
N	MEDIO	8	284 a 288
		8	279, 280, 281
		9	316 a 319
		9	323, 324, 325
		33	1350 a 1356
Q*	MEDIO	9	311, 312, 313
		10	350, 351



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

W	SUR	22	970, 971
		22	999 a 1003
		24	1040 a 1045
		24	1051, 1052
		24	1061, 1062
		24	1066 a 1069
		26	1093 a 1101
		26	1119, 1120, 1121
		28	1140 a 1143
		28	1147 a 1152
		28	1154 a 1157
		28	1161, 1162
		28	1165 a 1170
		29	1173 a 1175
		29	1177 a 1185
		30	1191, 1192, 1193
		32	1381, 1382, 1383
Y	SUR	32	1386 a 1390
		17	657 a 661
		18	717 a 724
		19	782 a 785
		19	791 a 796
		20	850 a 858
		20	864, 865, 866
		30	1217 a 1223
		31	1259 a 1268
Z	SUR	18	739 a 743
		19	807, 808
		19	820, 821
		20	872 a 889
		20	891 a 893
		21	938 a 941
		21	946 a 949
		21	955, 956
		22	1018, 1019
		23	1021, 1022, 1024
		25	1076, 1077
		27	1130, 1131, 1132
X	SUR	18	704 a 708
		19	767 a 774
		20	836 a 842

**Tabla 3.** Concentraciones máximas de gas

Tipo de gas	Concentración máxima (ppm)*
C ₁	164346
C ₂	2949
C ₃	18
iC ₄	21
nC ₄	9
iC ₅	2
C ₅	4

*partes por millón

4.10 Conclusiones Sobre Áreas de Interés

La interpretación de los datos cromatográficos de las muestras de gas de suelo del área de esta cuenca Cauca – Patía, Bloque Sur, evaluada en el presente estudio, permite identificar 13 áreas con valores anómalos de gases, especialmente de metano y etano. Estas áreas son: A, B, C y D, localizadas en el sector norte; las W, X, Y y Z ubicadas en la parte sur, y, M, N, O, P y Q. que se ubican en la parte media del bloque estudiado.

Estos grupos de anomalías o anomalías tienen diferente grado de expresión en los diferentes gases cartografiados. Por su expresión, en varios gases, se destacan, para todo el bloque, las áreas de las anomalías Q, A, M, B,N, W, X y Y, en su orden (Tabla 4, Figura 4 y Anexo 13). La Figura 4. 10 y el Anexo 14 presentan estas áreas de interés sobre el mapa geológico de superficie del bloque de estudio.

En el sector norte se destaca el grupo A; en la parte media sobresalen Q y M; y en el sur W, X y Y.

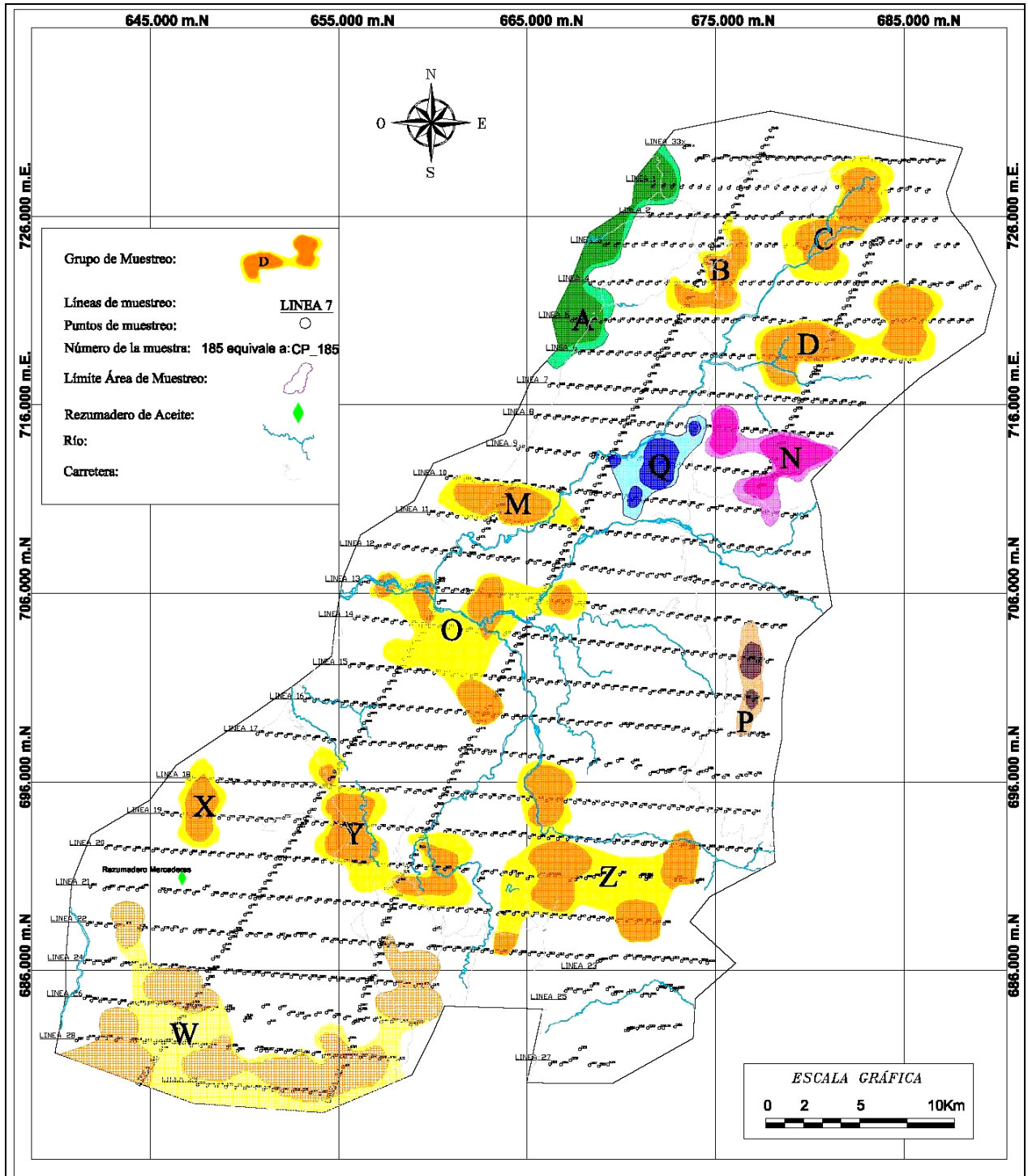


Figura 4. Mapa de áreas de interés

**Tabla 4.** Grado de expresión de las anomalías en los gases C₁ a C₅.

Grupo de anomalías	Sector	Gases						
		C ₁	C ₂	C ₃	iC ₄	nC ₄	iC ₅	C ₅
A	Sector Norte	X	X	X	A	R	R	R
B		X	X	R	R	R	R	R
C		X	X	A	R	A	A	R
D		X	X	A	R	A	A	R
M	Sector Medio	X	X	R	R	R	R	R
N		X	X	A	X	R	R	R
O		X	X	R	A	R	R	R
P		X	R	R	A	R	R	R
Q		R	R	R	X	R	X	X
W	Sector Sur	X	X	R	A	R	R	R
X		X	X	R	A	R	R	R
Y		X	X	R	A	R	R	R
Z		X	X	A	A	A	R	A

X: Buena expresión; **R:** sólo remanentes de la anomalía; **A:** ausente

El grupo de anomalías C y D se manifiesta bien únicamente en los gases C₁ y C₂. La anomalía B se manifiesta, igualmente, en C₁ y C₂, con expresión muy leve, de categoría de segundo orden, hasta C₃.

El grupo de anomalías N se expresa en C₁, C₂ e isobutano. El grupo de anomalías P se define en C₁, con remanentes en C₂, C₃, iC₅ y C₅, pero no se visualiza en iC₄. En general es una anomalía de poca extensión.

La anomalía O, de la parte media, tiene buena expresión en C₁ y C₂ con remanentes en los demás gases y está ausente en iC₄; mientras que el grupo de anomalías Q tiene buena expresión en iC₄, iC₅ y C₅, y manifiesta remanentes en los demás gases.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

Los grupos de anomalías de la parte sur, W, Y y Z, tienen expresión en C_1 y C_2 ; reducen el tamaño del área de expresión hacia los gases más pesados, y no se visualizan en iC_4 .

Los grupos de anomalías con mayor extensión se ubican en la parte sur del área de estudio. El macrozumadero de hidrocarburo líquido, de la quebrada Matacea, el cual fue muestreado durante la fase de campo del presente estudio, se localiza, geográficamente, entre el grupo de anomalías W y la anomalía X, en el suroeste del bloque.

Los gases más pesados que el etano, con excepción del isobutano, mantienen mayor expresión en la parte sur y media del área de estudio.



5. ESTIMACIÓN DEL ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS

De acuerdo con Whiticar (1994), la proporción relativa de los alcanos saturados $C_1 - C_4$, en una muestra de gas proporciona una clasificación inicial del origen del gas. Bernard (1978) utiliza la relación $C_1/(C_2 + C_3)$ para describir la relación de humectabilidad, entre otros, de los gases de emanaciones de superficie y sedimentos, y estimar su origen (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetro de Bernard para determinar el posible origen de los hidrocarburos.

Relación (Parámetro de Bernard)	ORIGEN:			
	Biogénico	Mezcla	Diagenético	Termogénico
$C_1/(C_2 + C_3)$	>1000	100 -1000	50 - 100	0 - 50

Aplicando esta relación se identificaron 104 muestras (7,3%) (Anexo digital 15.) distribuidas así: 2 muestras de gas, que corresponden al 0,15%, de posible origen microbiológico; 38 de mezcla, que corresponden al 2,7 %; y 64, que corresponden al 4,5%, que tendrían origen diagenético, entre el total de las 1400, siendo el resto (92,6%) de las muestras de gas, de origen propiamente termogénico.



6. PREDICCIÓN DEL TIPO DE FLUIDO

En un intento inicial por evaluar el posible tipo de fluido que podría estar relacionado con estos hidrocarburos termógenicos, se aplica a estos gases termógenicos, las consideraciones presentadas por Harworth *et al.* (1985), para la interpretación de manifestaciones de hidrocarburos livianos ($C_1 - C_5$), de datos de pozo. Estos autores determinan varios índices, a partir de los cuales estiman el tipo de fluido esperado, así:

Relación o tasa de humectabilidad de los hidrocarburos:

$$Hh = [(C_2 + C_3 + \dots + C_5) / (C_1 + C_2 + \dots + C_5)] \times 100$$

Índice o tasa de balance:

$$Bh = (C_1 + C_2) / (C_3 + iC_4 + nC_4 + C_5)$$

Relación de carácter:

$$Ch = (iC_4 + nC_4 + C_5) / C_3$$

Los intervalos establecidos, empíricamente, de acuerdo con la experiencia de los resultados, para Hh son:

< 0,5 = gas muy seco;

0,5 - 17,5: gas, la densidad se incrementa en la medida en que Hh se incrementa;

17,5 - 40: aceite, la densidad se incrementa en la medida en que Hh se incrementa;

y > 40: aceite residual



La relación Bh se utiliza por dos razones: 1) Calcula casi lo contrario a la relación Hh. 2) Colocando tanto el C_1 como C_2 en el numerador, las anomalías de mantos de carbón se distinguen de las manifestaciones de aceite, porque el gas del carbón es rico en C_1 y C_2

Cuando se grafican conjuntamente, Hh y Bh dan una interpretación del carácter del fluido.

- 1) Si Bh es > 100 , la zona corresponde a gas muy seco
- 2) Si Hh indica fase de gas y $Bh > Hh$, entonces se tiene gas
- 3) Si Hh indica una fase de gas y $Bh < Hh$, se tiene entonces gas/aceite o gas/condensado
- 4) Si Hh está en fase de aceite y $Bh < Hh$, corresponde a aceite
- 5) Cuando Hh es >40 , Bh será mucho menor que Hh, indicando aceite residual.

El Ch se interpreta de la siguiente manera (esta relación es usada únicamente para clarificar Hh y Bh cuando indican gas):

- 1) Si Ch es $< 0,5$, la interpretación de Hh y Bh de gas es correcta
- 2) Si Ch es $>$ que $0,5$, el carácter gaseoso indicado por las relaciones Hh y Bh está asociado con aceite

La aplicación de estas relaciones a las muestras de gas del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, permite estimar que el tipo de fluido esperado para esta área sería predominantemente hidrocarburo líquido, con alguna cantidad menor de aceite residual, condensado y gas (Anexo Digital 16).

De otra parte, la graficación de las relaciones de $C_2/(C_3+C_4)$ vs. $C_1/(C_2+C_3)$, (Figura 6. y Anexo Digital 17.) permite estimar que los hidrocarburos esperados serían, predominantemente, aceite y condensado.

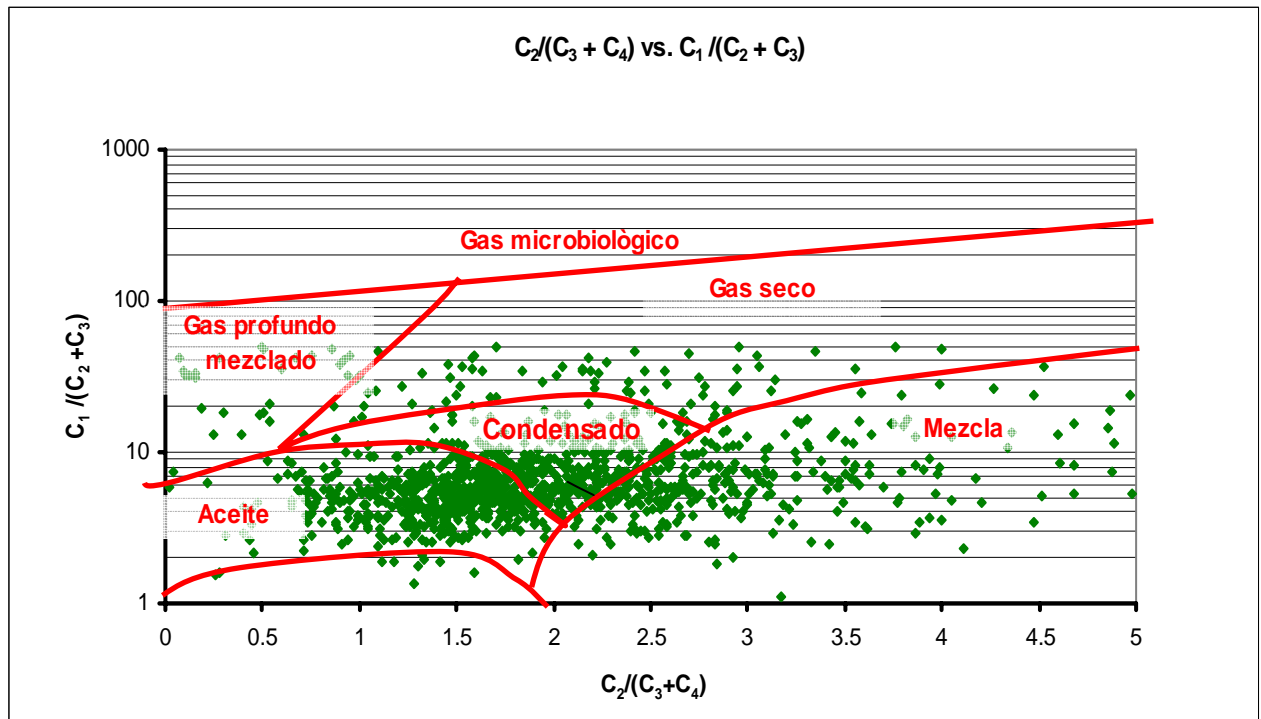


Figura 6. Posible tipo de fluido esperado a partir de las relaciones $C_2/(C_3+C_4)$ Vs $C_1/(C_2+C_3)$
(Fuente. Modificado de AAPG Memoria 60)



7. DETERMINACIÓN DEL ORIGEN DE LOS HIDROCARBUROS PRESENTES EN ANOMALÍAS A PARTIR DE ANÁLISIS ISOTÓPICOS

Además de utilizar el método de humectabilidad (numeral 5), para determinar la génesis del metano mediante una fórmula empírica, se envió al laboratorio las muestras con alta concentración de metano para determinar la relación de carbono 12 / 13 mediante espectrometría de masas. En algunos casos se presenta diferencias del origen del metano entre los dos métodos, por lo que es recomendable utilizar el diagrama de Bernard (Figura 7) donde se complementan y dan un resultado más confiable, ya que relacionan los resultados de Isótopos de laboratorio con la fórmula empírica de los hidrocarburos livianos C1, C2 y C3.

Los rangos de valores de isótopos tenidos en cuenta para la interpretación son:

Origen termogénico valores mayores de -55

Origen mezclas valores entre - 65 a - 55

Origen Biogénico valores menores de -65

140 muestras fueron enviadas para análisis isotópicos, pero solo 66 de ellas, dieron concentraciones suficientes de gas para realizar el análisis (Anexo digital 18 y Tabla 6.).

A partir del análisis de los resultados de relación de isótopos y el cruce con el mapa de anomalías de metano (Anexo 18) se puede concluir lo siguiente:

- En la esquina noroeste del bloque los valores de relación de isótopos indican que el gas medido tiene un origen biogénico o de mezcla (muestras CP: 65, 178 y 233 y en la líneas de rumbo 1329, 1332, 1339 ,1343).
- La anomalía noreste del C1 predomina el origen termogénico de gas húmedo (muestras CP-52, 128, 214, 1367 y 1369).
- En sector sur del bloque los valores, de relación de isótopos, cerca del rezumadero Matacea muestran génesis profunda termogénica madura y de gas húmedo maduro e hidrocarburo líquido. Ver muestras CP: 718, 877, 971, 1069,



1096, 1101, 1116, 1117, 1141, 1152, 1181, 1182, 1183, 1262, 1281 de acuerdo a los resultados de los laboratorios H.R.T.P. (Brasil) e Intertek (E.U.).

- La anomalía N ubicada entre las líneas 8, 9 y 33 (sector central del bloque) predomina el valor isotópico de gas de mezcla.

Tabla 6. Resultados de análisis isotópicos de muestras.

MUESTRA	$\delta^{13}\text{C}_1$ *	LABORATORIO
CP-2	-35.91	Intertek
CP-52	-37.70	Intertek
CP-65	-67.19	Intertek
CP-128	-52.67	Intertek
CP178	-57.70	Baseline
CP-214	-35.72	Intertek
CP-233	-69.88	Intertek
CP280	-71.72	Intertek
CP-478	-35.59	Intertek
CP-552	-37.85	Intertek
CP-576	-38.96	Intertek
CP-594	-67.15	Intertek
CP-693	-40.89	Intertek
CP-718	-41.00	Intertek
CP-742	-50.75	Intertek
CP-743	-29.80	Intertek
CP-763	-50.19	Intertek
CP-785	-63.90	Baseline
CP-868	-72.81	Intertek
CP-872	-54.90	Baseline
CP-876	-51.10	Baseline
CP-877	-48.29	Intertek
CP-940	-46.56	Intertek
CP-971	-43.90	Baseline
CP-999	-56.60	Baseline
CP-1011	-79.50	Intertek
CP-1021	-61.00	Baseline
CP-1022	-58.00	Baseline
CP-1061	-62.00	Baseline
CP-1066	-56.80	H RTP Brasil
CP-1069	-45.93	Intertek
CP-1076	-55.24	Intertek
CP-1096	-53.81	Intertek
CP-1101	-49.65	Intertek



CP-1116	-28.90	H RTP Brasil
CP-1117	-40.32	Intertek
CP-1141	-39.14	Intertek
CP-1152	-31.10	H RTP Brasil
CP-1181	-50.50	H RTP Brasil
CP-1182	-45.89	Intertek
CP-1183	-42.24	Intertek
CP-1186	-59.05	Intertek
CP-1240	-31.49	Intertek
CP-1241	-41.35	Intertek
CP-1256	-48.36	Intertek
CP-1262	-50.56	Intertek
CP-1268	-72.43	Intertek
CP-1279	-38.53	Intertek
CP-1280	-53.92	Intertek
CP-1281	-34.47	Intertek
CP-1314	-51.06	Intertek
CP-1328	-72.74	Intertek
CP-1329	-81.60	Intertek
CP-1332	-69.60	Intertek
CP-1337	-32.18	Intertek
CP-1339	-57.43	Intertek
CP-1343	-68.31	Intertek
CP-1350	-36.21	Intertek
CP-1355	-72.90	Intertek
CP-1356	-59.28	Intertek
CP-1361	-71.53	Intertek
CP-1364	-56.59	Intertek
CP-1367	-50.08	Intertek
CP-1369	-34.09	Intertek
CP-1390	-63.69	Intertek
CP-258X	-71.74	Intertek

Hacia el sector sur oriental del bloque el resultado de los isótopos del carbono, tienden a gas termogénico maduro, profundo y gas húmedo asociado a hidrocarburo líquido (anomalía Z). Estos resultados están relacionados con las muestras CP: 693, 742, 743, 763, 872, 876, 877, 940 y 1076.

- En el extremo sur oriental del bloque, debajo de la anomalía Z, se observa que las muestras tienen origen de mezcla constituyéndose como puntos erráticos.



- En el cruce de las líneas 13, 14, 15, 16, 30 y 31, correspondientes a la anomalía O, se destacan las muestras de origen termogénico maduro, profundo correspondientes a las muestras CP: 478, 1240, 1241, 1279, 1280 y 1281.

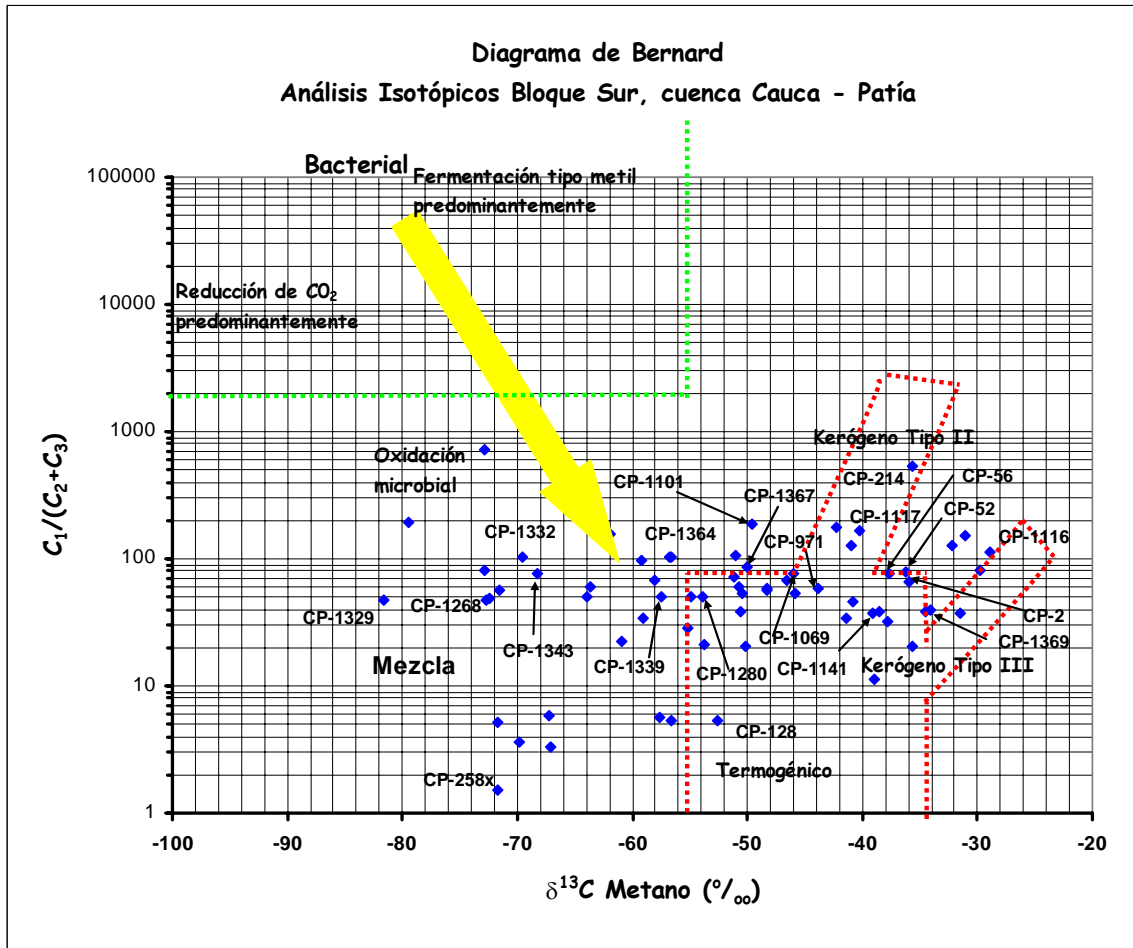


Figura 7. Gráfico de Bernard: $^{13}C/^{12}C_{(0/00)}$ metano vs. $C_1/(C_2+C_3)$.
(Fuente: AAPG Memoria 60)



CONCLUSIONES

La interpretación del área evaluada en el presente estudio, permite identificar 13 áreas con valores anómalos de gases, especialmente de metano y etano así:

A, B, C y D, localizadas en el sector norte;

M, N, O y P de débil expresión en la parte media del bloque.

W, X, Y y Z, las de mayor extensión ubicadas en la parte sur.

Las anomalías C y D se manifiesta bien únicamente en los gases C_1 y C_2 . La anomalía B se manifiesta, igualmente, en C_1 y C_2 , con expresión muy leve, de categoría de segundo orden, hasta C_3 .

Los anomalías de la parte sur, W, Y y Z, tienen expresión en C_1 y C_2 ; reducen el tamaño del área de expresión hacia los gases más pesados, y no se visualizan en iC_4 .

El macrozumadero de hidrocarburo líquido, de la quebrada Matacea, se encuentra entre las anomalías W y X, en el suroeste del bloque.

La detección de emanaciones de hidrocarburos, a partir de las muestras analizadas, permite establecer la presencia de un sistema petrolífero de carga termogénica en el área evaluada.

En general, las muestras tomadas al norte del bloque son de origen biogénico y las tomadas al sur del área son de carácter termogénico.

Relaciones de humectabilidad de gas del Bloque Sur de la cuenca Cauca – Patía, permite estimar que el tipo de fluido esperado para esta área sería predominantemente hidrocarburo líquido, con alguna cantidad menor de gas o condensado.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

RECOMENDACIONES

Es recomienda estudiar el modelo Geoquímico de generación, expulsión y entrapamiento de hidrocarburos especialmente en el sector sur del bloque, donde se concentra el mayor numero de anomalías y esta la presencia del rezumadero de Matacea.

Determinar los volúmenes de posible roca generadora en el sector sur del área, mediante análisis geoquímicos de roca y crudo.



Libertad y Orden



Estudio Geoquímico de Superficie, Bloque Sur, cuenca Cauca - Patía

BIBLIOGRAFÍA

Duchscherer, W., Jr., 1984, Geochemical hydrocarbon prospecting, with case histories: Tulsa, PennWell Publishing Co., 196 p.

Haworth, J. H., Sellens, M. and Whittaker, A., Interpretation of Hydrocarbons Shows Using Light (C1 – C5) Hydrocarbons from Mud – Log Data, AAPG Bulletin, V.69, No.8, 1985, p 1305 – 1310.

Krumbein W. C. and Graybill, F. A., An Introduction to Statistical Models in Geology, 1965

Isaaks, E. H. and Srivastava, R. M., An Introction to Applied Geostatistics, 1989.

Schumacher, D. and Abrams M. A., Hydrocarbons Migration and its Near-Surface Expression, AAPG Memoir 66, 1996.

Whiticar, M. J., Correlation of Natural Gases with their Sources, Chapter 16, en Magoon L. B. and Dow. G. W., The Petroleum System – From Source to Trap, The Petroleum System: Memoir 60, 1994.