

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE INGENIERÍA**

**FACULTAD DE INGENIERÍA GEOLÓGICA MINERA Y  
METALÚRGICA**



**GEOQUIMICA DE SUPERFICIE EN LA EXPLORACION  
DE HIDROCARBUROS Y SU APLICACION EN LA FAJA  
PLEGADA Y CORRIDA DE LA CUENCA UCAYALI**

**INFORME DE SUFICIENCIA**

**PARA OPTAR EL TITULO PROFESIONAL DE  
INGENIERO GEÓLOGO**

**PRESENTADO POR:  
ROJAS VASQUEZ, JAVIER HERNAN**

**Lima – Perú  
2011**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradezco a la Compañía Repsol Exploración Perú por brindarme la oportunidad de realizar este estudio. Así también, a todas la personas que me apoyaron en la elaboración del presente informe.

## TABLA DE CONTENIDO

1. INTRODUCCION.....	1
2. GENERALIDADES.....	2
2.1 Ubicación y acceso	
2.2 Clima y Vegetación	
3. GEOLOGIA REGIONAL.....	5
3.1 Sistema Pre-Andino	
3.2 Sistema Andino	
4. ESTRATIGRAFIA.....	10
5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL.....	15
6. GEOQUIMICA DE SUPERFICIE.....	19
6.1 Método de Concentración de Gases Ligeros	
6.2 Método de Concentración de Actividad Microbial	
7. METODOLOGIA DE TRABAJO.....	24
7.1 Muestreo Geoquímico	
7.2 Resultados de Análisis Geoquímico	
7.3 Tratamiento Estadístico de Datos Geoquímicos	
7.3.1 Población Microbial	
7.3.2 Concentración de Gases Ligeros	
7.4 PLANOS GEOQUIMICOS	
7.4.1 Valores Microbiales	
7.4.2 Gases Ligeros	
8. INTERPRETACION DE LOS DATOS GEOQUIMICOS.....	62
8.1 Plays de Exploración	
8.2 Interpretación sobre la Composición y Origen de Volátiles.	
9. CONCLUSIONES.....	73
10. RECOMENDACIONES.....	74
11. BIBLIOGRAFIA.....	75

## LISTADO DE PLANOS

Plano N° 1: Plano de Ubicación del Área de Estudio en Perú

Plano N° 2: Plano de Muestreo Geoquímico

Plano N° 3: Plano Geoquímico de Anomalías de Valor Microbial.

Plano N° 4: Plano Geoquímico de Anomalías de Valores Microbiales Suavizados.

Plano N° 5: Plano de Concentración de Metano en Suelo.

Plano N° 6: Plano de Concentración de Metano en Suelo, valores suavizados.

Plano N° 7: Plano de Concentración de C2 a C4 en Suelo.

Plano N° 8: Plano de proporción de Metano en gas de Suelo.

Plano N° 9: Plano de Ratios Metano/Etano de gas en Suelo.

Plano N° 10: Plano de Valores Microbiales Suavizados integrado con la Geología del área.

Plano N° 11: Plano de Concentraciones de Metano integrado con la Geología del área.

## LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Ubicación del Área de Estudio en el Departamento de Ucayali.

Figura 2: Mapa de Geología Regional con la ubicación de la Cuenca Sedimentaria Ucayali.

Figura 3: Columna Estratigráfica en la Cuenca Ucayali.

Figura 4: Marco Estructural de la Cuenca Ucayali.

Figura 5: Migración de Hidrocarburos ligeros hacia Superficie.

Figura 6: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Valores Microbiales.

Figura 7: Histograma Log-Normal de distribución de frecuencias para Valores Microbiales en Muestras UN.

Figura 8: Valores microbiales a lo largo del Río Ucayali.

Figura 9: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 3.

Figura 10: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 5.

Figura 11: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 7.

Figura 12: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 9.

Figura 13: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Concentraciones de Metano.

Figura 14: Histograma Log-Normal de distribución de frecuencias para Concentración de Metano en Muestras UN.

Figura 15: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Concentraciones de C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>.

Figura 16: Gráfico Metano (C<sub>1</sub>) vs Etano (C<sub>2</sub>) asociado con el hidrocarburo fuente.

Figura 17: Gráfico Etano (C<sub>2</sub>) vs Propano (C<sub>3</sub>) asociado con el hidrocarburo fuente.

Figura 18: Gráfico composicional de ratio de Metano (C<sub>1</sub>), Etano(C<sub>2</sub>) y Propano (C<sub>3</sub>).

Figura 19: Concentración de Metano a lo largo del Río Ucayali.

Figura 20: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 3.

Figura 21: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 5.

Figura 22: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 7.

Figura 23: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 9.

Figura 24: Línea Sísmica 3, integración del análisis geoquímico.

Figura 25: Línea Sísmica 5, integración del análisis geoquímico.

Figura 26: Línea Sísmica 7, integración del análisis geoquímico.

Figura 27: Línea Sísmica 9, integración del análisis geoquímico.

## 1. INTRODUCCION

El presente estudio tiene como objetivo presentar el método de prospección geoquímica de superficie y su aplicación para la exploración de hidrocarburos en zonas con climas hostiles, poca accesibilidad y de alta sensibilidad ambiental y social. El Sur-Oeste de Ucayali presenta las características antes descritas y posee un gran potencial hidrocarburífero, especialmente en zonas poco exploradas como la Faja Plegada y Corrida al oeste de la cuenca. Así también, la información geológica y geofísica en el área permite una integración clave, para poder interpretar de la mejor manera la presencia de valores anómalos en el área. El estudio fue realizado en el año 2002, teniendo a GeoMicrobial Technologies como la empresa encargada del análisis de resultados, así también, el equipo de Repsol Exploración y mi persona nos encargamos de la interpretación.

La exploración geoquímica de superficie analiza la dispersión de las moléculas de hidrocarburo identificable en la superficie o cerca a ella. Así también, analiza los cambios inducidos por la presencia de hidrocarburos en el suelo, con la finalidad de localizar las acumulaciones en el subsuelo que fueron fuente para estos hidrocarburos.

Los métodos de geoquímica de superficie asumen que los hidrocarburos generados y entrampados en profundidad se escapan en cantidades variables, pero detectables, hacia la superficie. La prospección geoquímica constituye una herramienta para la identificación de anomalías de compuestos orgánicos volátiles o productos de su alteración, detectables e identificables en superficie o cerca de la misma, que están relacionados con ocurrencias de hidrocarburos bajo la forma de acumulaciones de petróleo y gas.

Dada la simplicidad con que se desarrolla en las operaciones de campo, se vuelve sumamente útil para acceder a zonas donde la símica es impracticable, o bien complementando otras técnicas exploratorias. Desde el punto de vista ambiental minimiza los impactos sobre el medio ambiente, dado que se requiere de una pequeña muestra de suelo que no disturba el medio.

Los métodos de geoquímica de superficie no reemplazan los métodos convencionales de exploración, pero pueden proveer un poderoso complemento a los mismos, teniendo siempre como objetivo la integración de toda la información disponible y así poder disminuir el riesgo geológico a prospectos determinados.

## **2. GENERALIDADES**

### **2.1 Ubicación y Acceso**

El área de estudio se encuentra al Sur-Oeste del departamento de Ucayali, en la provincia de Atalaya. Los límites del área en coordenadas UTM, Zona 18S, son las siguientes: (**Plano N° 1 & Figura 1**)

Norte :	8855000m.
Sur:	8815000m.
Oeste:	587000m.
Este:	631000m.

Las comunidades cercanas son la de Chicosa que se encuentra en el sector Norte y la comunidad de Termópilas en el sector Sur del área de estudio. Atalaya es la ciudad más cercana ubicándose a 25 Km al Sur del área de estudio.

La logística fue respaldada por las operaciones de adquisición sísmica en el área, por lo que se aprovecho la movilización de esta operación para poder realizar el trabajo de recolección de muestras. La movilización comprendía el viaje en avión desde Lima a la localidad de Atalaya, para pasar a movilización helitransportada hasta el área de estudio. Como se dijo anteriormente el trabajo fue realizado junto con la adquisición sísmica en el área, se aprovecho la etapa de topografía para realizar la recolección de muestras.

### **2.2 Clima y Vegetación**

El clima en la región de estudio se caracteriza por ser cálido, húmedo y lluvioso. La temperatura promedio de esta zona es de 25° C. Durante todo el día el calor es permanente. Las lluvias son abundantes, especialmente en los meses de febrero, marzo, abril y mayo.

La vegetación es abundante y muy variada como característica de las selvas tropicales de la cuenca del Río Ucayali, la altura aproximada del follaje de la vegetación puede alcanzar hasta los 25 m. de altura.





**Plano N°1 : Plano de Ubicación del Área de Estudio en el Perú**



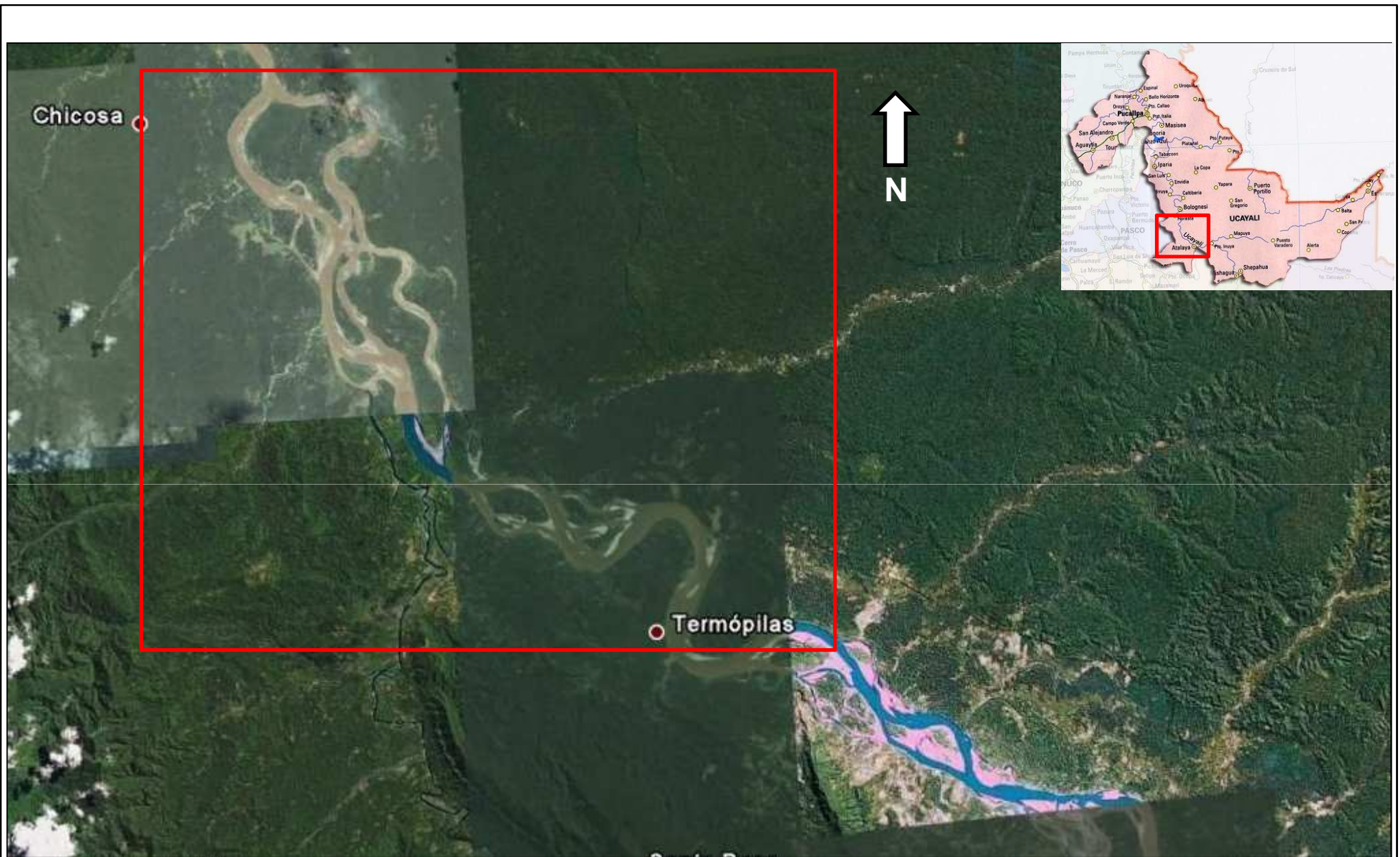


Figura 1 : Ubicación del Área de Estudio en el Departamento de Ucayali

### **3. GEOLOGIA REGIONAL**

La Cuenca Ucayali está representada por una potente secuencia sedimentaria que se extiende y se integra con las Cuencas Marañón, Acre y Solimoes(Brasil) por el norte, mientras que se acuña hacia el este frente al Escudo Brasileño, hacia el Sur es limitada por el Arco del Manu, mientras que hacia el Oeste limita con las montañas del Shira y el Alto de Cushabatay hacia el Noroeste (**Figura 2**). La evolución geológica de la cuenca es controlada por dos sistemas tectónicos regionales reconocidos en las cuencas Sub-Andinas del Perú. El primero es un sistema Pre-Andino, que comprenden tres ciclos de sedimentación en edades Ordovícicas, Devonianas y permo-Carboníferas, los cuales descansan sobre el Basamento Precambriano(Escudo Brasileño). El segundo es el sistema Andino y fue iniciado con los comienzos de la subducción en el margen oeste del Perú. Este periodo se inicia en el Permiano Tardío y continúa hasta hoy. (**Figura 3**)

#### **3.1 Sistema Pre-Andino**

El ciclo tectónico Pre-Andino incluye secuencias Ordovícicas, Silúricas y Permo-Carboníferas, las cuales descansan sobre el Basamento cristalino. El sistema preserva secuencias discontinuas de los grupos Ambo/Cabanillas/Contaya y las secuencias continuas de los grupos Tarma/Copacabana y Ene/Capas Rojas Pérmicas, los cuales revelan un complejo tectonismo que incluye una posible apertura pre-Cabanillas, así como un levantamiento y erosión durante el Pérmico Tardío.

Los sedimentos Ordovícicos son representados por las secuencias silicoclásticas de la Fm. Contaya. Esta secuencia aflora en las Montañas Contaya al Norte de la Cuenca Ucayali.

El Silúrico es representado por secuencias argiláceas, flyschoides y tillitas, que pueden alcanzar hasta 1000m al Sur del Perú (Laubacher, 1978). Estas secuencias corresponden a las Fms. San Gabán y Ananea.

La secuencia Devónica está representada por el Gpo. Cabanillas, la cual corresponde a una unidad lutácea rica en materia orgánica, siendo así, una posible roca madre activa en la cuenca. A diferencia de la Cuenca Marañón las secuencias devónicas son bastante extensas en la Cuenca Ucayali, particularmente en la zona Sur de la cuenca, donde han sido identificadas tanto sísmicamente, como en pozos. Existen grábenes aislados a través de la cuenca, provocando un incremento abrupto en su espesor.

Durante el Devónico tardío el Macizo Granítico de Arequipa cobra mayor importancia debido a la ascensión producida, probablemente por la tectónica compresiva Eoherciniana, provocando una gran discordancia entre los sedimentos



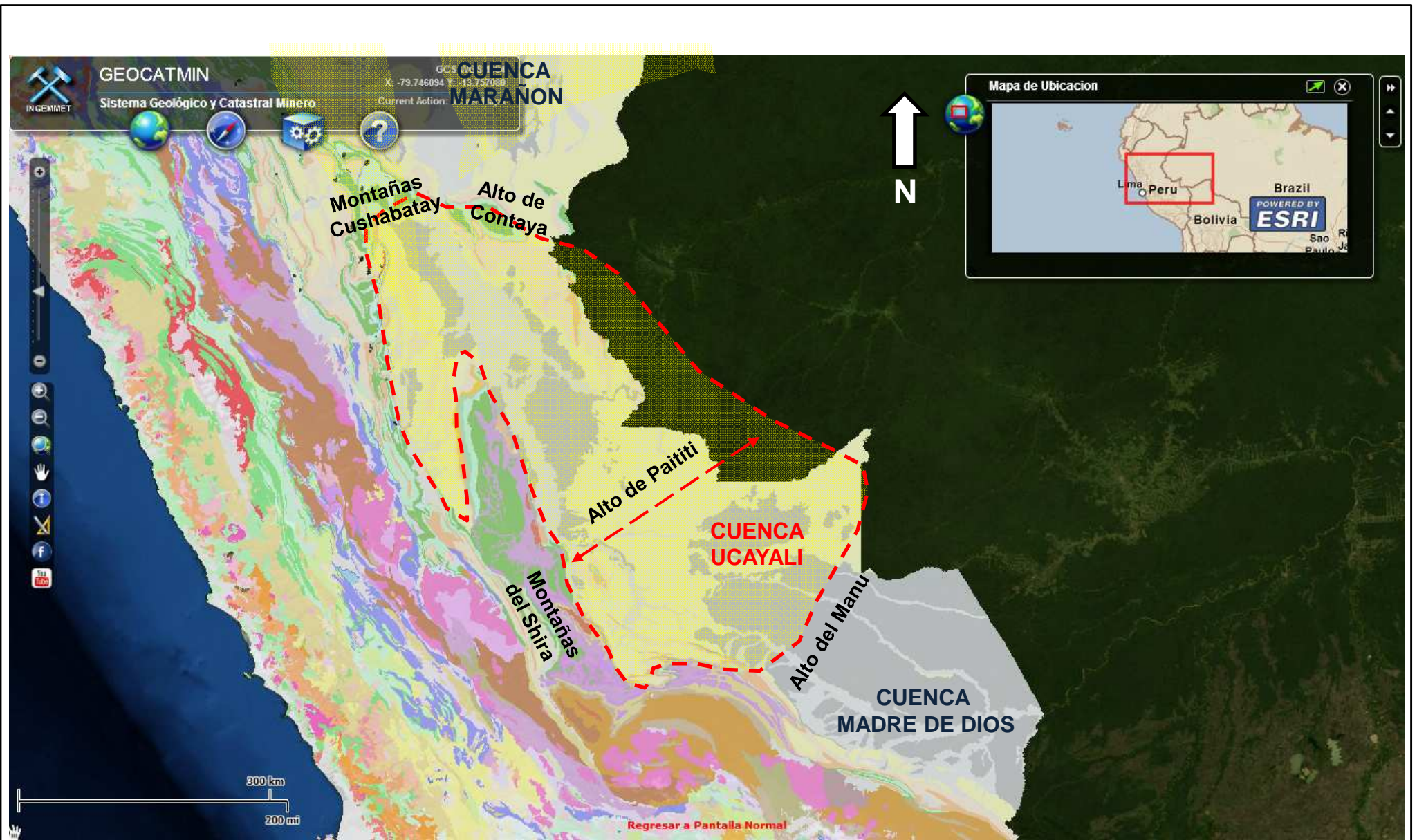


Figura 2: Geología Regional con la ubicación de la Cuenca Sedimentaria Ucaiyali

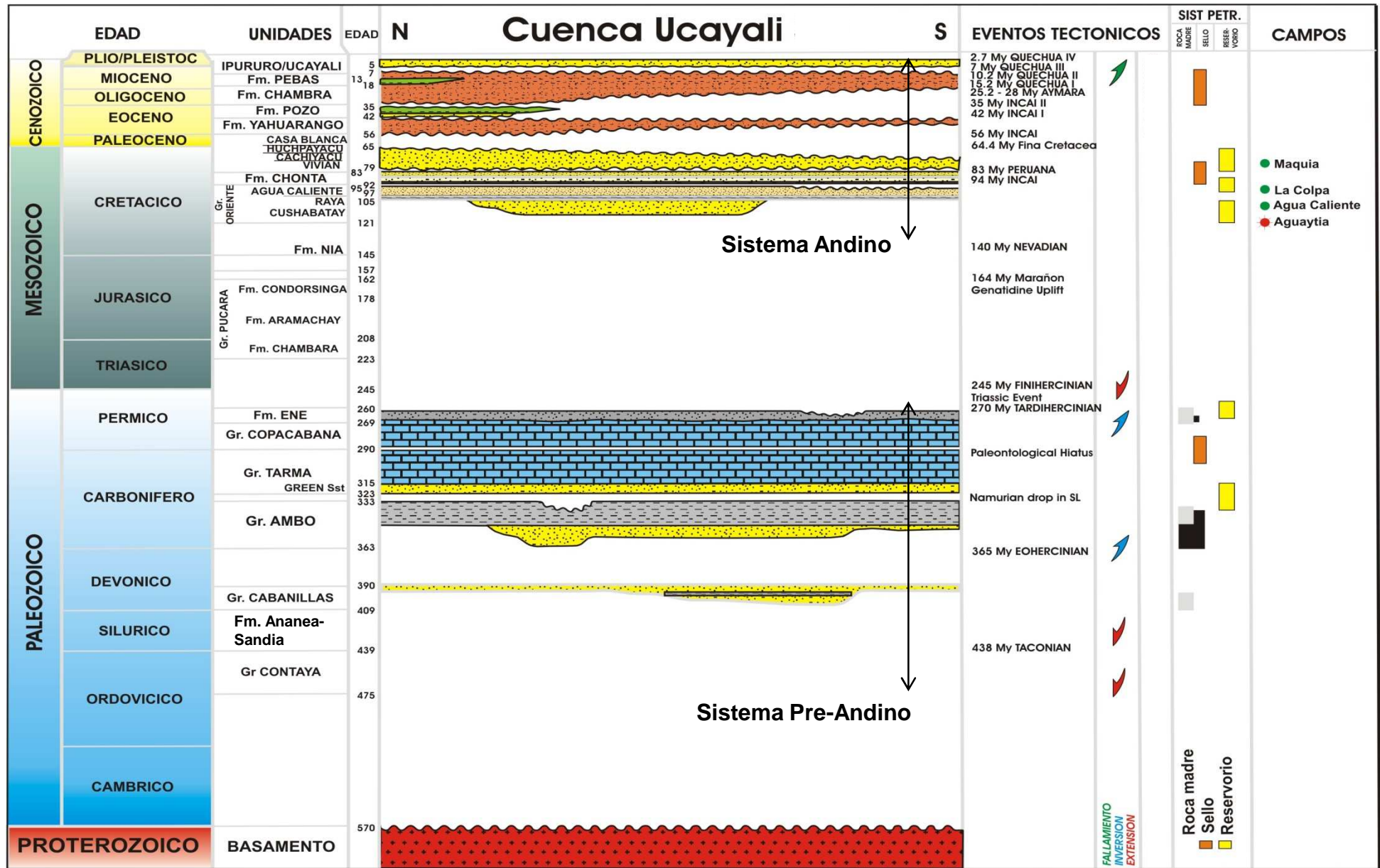


Figura 3 : Columna Estratigráfica en la Cuenca Ucayali



devónicos y los carboníferos suprayacentes. El evento compresional Eoherciniano afectó directamente a la Cuenca Ucayali provocando un intenso fallamiento Norte-Sur. Estas fallas Norte-Sur afectaron el basamento y se convirtieron en zonas de debilidad para eventos tectónicos posteriores, muchas de estas son encontradas después como inversiones tectónicas.

Los depósitos Permo-Carboníferos son encontrados en discordancia con los depósitos devónicos, así también sobre secuencias ordovícicas y basamento en zonas levantadas. La secuencia tiene una gran distribución sobre la zona Andina, Sub-Andina, Acre y Solimoes. En las cuencas peruanas, la sedimentación comienza con el Grupo Ambo, el cual es depositado en regímenes continentales a marino proximales, está caracterizado por areniscas finas, con intercalaciones de limolitas, lutitas negras y ocasionalmente delgadas capas de carbón. Estos sedimentos son cubiertos por la secuencia transgresiva de la Grupo Tarma, caracterizado por una secuencia que van de depósitos clásticos a carbonatados, pasando en conformidad al Grupo Copacabana, caracterizado por una potente plataforma netamente carbonatada.

La secuencia Tarma-Copacabana tiene una gran distribución en las cuencas andinas, está compuesta mayormente por un paquete carbonatado (Tarma-Copacabana), sin embargo la deposición comienza con arenas gruesas de margen costero, pasando a una secuencia lutácea transgresiva y finalmente llegando a una plataforma carbonatada. Durante el paso Carbonífero-Pérmico se encuentran niveles fosilíferos que permiten su delimitación adecuada.

La secuencia Pérmica finaliza con la deposición de la Formación Ene, secuencia que contiene lutitas organógenas, dolomitas y areniscas minoritarias.

### **3.2 Sistema Andino**

El Sistema andino se inició simultáneamente con la subducción andina, el mayor cambio en el régimen tectónico del margen oeste de la placa sudamericana. Las primeras manifestaciones de la subducción (Pérmico tardío-Triásico) corresponden a la formación Lavasen, el cual es caracterizado como un arco volcánico, intruyendo secuencias carboníferas y descansando en discordancia bajo las secuencias del grupo Mitu (Serie A: Carta Geológica Nacional, INGEMMET Bulletin No. 56,1995).

Hacia el final del periodo Pérmico, se produce una relajación de los regímenes extensionales, generando la depositación del Pérmico tardío. Esta secuencia, a su vez es afectada por un levantamiento regional, produciendo una discordancia de primer orden sobre la formación Ene-Capas Rojas. Este evento puede corresponder al

evento Juruá, identificado en las cuencas Acre y Solimoes en Brasil. Tankard(2001), describe a los ciclos de deformación-deposición en tres fases; fase de apertura controlado por subsidencia con deposición de secuencias gruesas, abandono de las fallas individuales controladas por subsidencia generando diversos depocentros en cuencas superficiales con deposición de secuencias finas, finalmente, inversión estructural y orogenia.

En el periodo comprendido desde el Triásico tardío al Jurásico Medio, las secuencias son preservadas en grábenes independientes entre sí. Las secuencias empiezan con las capas rojas del Grupo Mitu, acumulación de secuencias clásticas finas pasando a carbonatos y evaporitas del Grupo Pucará y terminando con el evento continental regional Sarayaquillo. Un ambiente regional supratidal sabkha es desarrollado en la transición del Gp.Pucará y la Fm. Sarayaquillo, lo que marca el inicio de la deposición continental.

La terminación del evento Sarayaquillo coincide con la discordancia producida por la tectónica Nevadiana, bajo los sedimentos Cretácicos.

La deposición Cretácea inicia durante el Neocomiano-Aptiano y es caracterizado por secuencias fluviales, marino marginales, ocasionalmente intercalados con sedimentos carbonáticos. Estas facies están bien representadas en las formaciones Cushabatay, Raya, Agua Caliente, Chonta, Huchpayacu y Vivian.

Durante el Cretáceo Tardío culmina la sedimentación, con el llegada de los primeros pulsos de la Orogenia Andina (Fases Peruana y Inca), pasando hasta el Mioceno Medio, a partir del cual, se inicia un periodo dominado por secuencias de molasas rojas. Esta última deposición también cuenta con el evento transgresivo de la Fm. Pozo durante el Eoceno Tardío y el Oligoceno Temprano. Las molasas continentales continuaron con su deposición desde el Oligoceno Tardío hasta la actualidad.

#### **4. ESTRATIGRAFIA**

La Estratigrafía en la Cuenca Ucayali, corresponde a rocas metamórficas precambrianas y secuencias sedimentarias que van desde el Paleozoico Inferior hasta el Cuaternario. (**Figura 3**)

**PRE-CAMBRIANO:** El pre-ordovícico está caracterizado por rocas graníticas, plutónicas básicas y rocas metamórficas, mayormente gnéicas. La secuencia fue perforada por pozos exploratorios al Este y al Norte del Complejo del Shira.

#### **PALEOZOICO**

**Ordovícico:** Los únicos afloramientos conocidos están situados a nivel del Arco de Contaya, en el margen este del Alto del Shira y en la zona Sub-andina interna del Sur de la Cuenca Ucayali.

Estas series sedimentarias y volcánicas son llamadas clásicamente Formación Contaya. La secuencia está representada por 150 metros de lutitas argilíticas, grises, marinas que aportaron graptolites de edad Llanvirniana. Estas lutitas sobreyacen a niveles de cuarcitas masivas (de ambiente litoral), de edad desconocida.

En la zona interna del Sub-andino (Sur de la Cuenca Ucayali), los afloramientos del Ordovícico Superior corresponden a la Fm. Sandía, situados al sur del Pongo de Mainique, mientras que el Ordovícico medio conocido como la Fm. San José aflora al margen este de la Cordillera Oriental. La Fm. San José, está representada por esquistos negros a grises con piritita diseminada y cristalizada, con estratos en bancos delgados, "lutitas bandeadas". Hacia la porción media de la sección, se puede observar grandes bancos de cuarcitas blancas con laminaciones entrecruzadas. De otra parte, la Fm. Sandía es caracterizada por argilitas y esquistos negros a grises y cuarcitas blancas a grises. Las argilitas del tope presentan nódulos calcáreos.

**Silúrico:** Las series sedimentarias Silúricas no fueron reconocidas en los pozos de la Cuenca Ucayali, sin embargo, ellas afloran en la zona Sub-andina interna, al Sur del Pongo de Mainique. En esta zona, el Silúrico inferior, está representado por la Fm. San Gabán. Hacia la base, esta formación presenta diamictitas intercaladas con niveles de areniscas finamente laminadas. Mientras que hacia el tope, está constituida de diamictitas masivas con clastos de hasta 60cm de diámetro de composición granítica y rocas sedimentarias facetadas. El espesor calculado es de 200m. en promedio.



Al Sur del Pongo de Mainique, sobreyaciendo a la Fm. San Gabán se encuentra la Fm. Ananea, la que está compuesta hacia la base por argilitas y lutitas grises a negras muy deformadas, intercaladas con delgados niveles de areniscas finamente laminadas. Hacia el tope corresponde a intercalaciones de areniscas y argilitas.

**Devónico:** Las series sedimentarias pertenecientes al Devónico son tradicionalmente conocidas como Grupo Cabanillas. En la extremidad sur de la Cuenca Ucayali, el Grupo Cabanillas aflora en la zona Sub-andina, los principales afloramientos se encuentran en la zona del Pongo de Mainique y en la zona de Camisea, correspondiendo a una sucesión rítmica de areniscas y lutitas desarrolladas en un ambiente infratidal litoral a deltáico, y constituyen un nivel de despegue de base de la zona Sub-andina externa.

El pozo Runuya atravesó secuencias devónicas, con un espesor de 170m. La secuencia está compuesta por dos cuerpos de areniscas separadas por un nivel de lutitas. Al Sur del pozo Runuya, la sísmica muestra un aumento de espesor, el que es afectado por fallas, erosionado y sellado por el Paleozoico Superior.

#### **Carbonífero:**

**Missisipiano:** Esta unidad estratigráfica corresponde al Grupo Ambo y fue reconocida en el sector sur del Alto del Shira como una serie sedimentaria que empieza por limos y lutitas negras, seguidas de areniscas verdes de grano fino a medio, homogéneas y porosas, que contienen niveles de areniscas masivas, con un espesor medio de 100m. Otros afloramientos importantes son conocidos en el Pongo de Mainique, donde el Grupo Ambo está conformado por 500m de intercalaciones de bancos disimétricos de areniscas y de bancos centimétricos de argilitas, lo que se desarrollan por encima de una base erosiva. El ambiente sedimentario evoluciona de una zona infratidal dominada por corrientes oscilantes hacia un sistema predominantemente deltaico.

**Pensilvaniano:** Las series sedimentarias pensilvanianas que corresponden al Grupo Tarma, regionalmente están constituidas por calizas micríticas y oolíticas, calizas dolomíticas intarcaladas de lutitas grises de plataforma carbonatada y tienen una edad Westphaliana a Stephaniana.

A nivel del Pongo de Mainique, la secuencia es descrita a partir de un sustrato basal de areniscas de costa, conocidas como “Green Sandstones”, para luego pasar en concordancia a intercalaciones de lutitas y calizas negras a grises con estratificación masiva, también se encuentran zonas dolomitizadas y presencia de chert.

En el pozo Runuya, el Grupo Tarma parece estar representado por una delgada secuencia de lutitas grises, intercaladas de calizas silíceas, que yacen a areniscas verdes. Aparentemente, el Grupo Tarma fue atravesado también en los pozos Sepa y San Martín.

**Pérmico Inferior - Copacabana:** La secuencia es descrita sobre el flanco oriental del Alto del Shira como 760m de calizas y calizas dolomíticas grises a negras, a veces marrones, esparíticas o micríticas con estratificación masiva con estilolitas, cherts y fósiles.

A nivel del Pongo de Mainique, el Grupo Copacabana yace en concordancia al Grupo Tarma, y comprende esencialmente calizas intercaladas de algunos niveles de argilitas. Esta secuencia también aflora en la Cuenca Ene, presenta un ambiente sedimentario de rampa de plataforma carbonatada y arrecifes, que probablemente ocupó una gran parte del territorio peruano y boliviano.

**Pérmico Inferior – Ene:** La secuencia es descrita en el flanco oriental del Alto del Shira y está representada por una unidad basal de areniscas finas y una unidad superior delomítico, mientras que en el Pongo de Mainique, la secuencia descansa en concordancia sobre el Grupo Copacabana y está constituida principalmente de areniscas, argilitas y algunos niveles calcáreos. Hacia la Cuenca Ene y en el Sector Sur de la Cuenca Ucayali, se pueden encontrar lutitas negras organogenas, dándole un carácter de roca madre dentro del área.

**Permo-Triásico:** En el sector Sur de la Cuenca Ucayali (Camisea), se presentan facies eólicas-fluviales denominadas como Fm. Noi y Fm. Nia, ambas están separadas por una secuencia fina, depositada en un ambiente de sabkha, denominada Fm. Shinai. El límite norte de estas secuencias es el Alto de Paititi en la zona central de la Cuenca Ucayali.

## MESOZOICO

**Triásico Superior – Jurásico Inferior:** La secuencia es representada por el Grupo Pucará. A nivel de la Cuenca Ucayali, es caracterizada por facies proximales, mientras que hacia el Oeste, muestra importantes facies calcáreas, pasando a dolomitas y evaporitas hacia el Este.

**Jurásico Medio – Tardío:** Este intervalo corresponde a la Fm. Sarayaquillo. La sección tipo de encuentra en los Cerros Cushabatay, donde es caracterizado por

areniscas rojas con laminaciones entre cruzadas, conglomerados y argilitas rojas. Se le atribuye una edad jurásica media en la base de la formación.

### **Cretácico:**

**Aptiano-Albiano:** Este intervalo es representado por la Fm. Cushabatay. La secuencia parece estar controlada por el Alto del Shira y su límite inferior podría estar dado por el Alto de Paititi, en donde se marca también el límite norte para la deposición pérmica (Fm. Noi, Nia y Shinai). La formación está caracterizada por areniscas claras, conglomerados y areniscas argilíticas intercaladas con lutitas hacia la base, corresponde a un ambiente preponderantemente fluvial. Tiene función de reservorio de petróleo y gas en los campos de Agua Caliente.

**Albiano Superior:** Este intervalo de tiempo corresponde a los depósitos de la formación Raya, la cual se caracteriza por secuencias finas lutíticas a margosas, con intercalaciones de calizas. Su límite inferior también está representado por el Alto de Paititi.

**Cenomaniano:** La Fm. Agua Caliente representa este intervalo de tiempo, está caracterizada por areniscas claras con pequeñas intercalaciones de lutitas y limolitas. La secuencia presenta facies de regresión conforme se asciende en la estratificación, pasando de areniscas de litoral a areniscas fluviales. La formación cubre una gran extensión, pasando incluso a las Cuencas Marañón y Madre de Dios.

**Turoniano-Coniaciano-Santoniano:** La formación Chonta caracteriza a este intervalo de tiempo, está constituida principalmente por calizas, con intercalaciones de lutitas, hacia el Sur de la Cuenca se manifiestan series de areniscas marinas hacia la zona basal de la formación. La secuencia es netamente transgresiva, logrando su nivel de máxima inundación en las series calcáreas medias de la formación.

**Campaniano-Maastrichtiano:** La formación Vivian caracteriza a este intervalo de tiempo, está constituida por areniscas claras de porosidad media a alta. La secuencia corresponde a ambientes marino fluviales, siendo transgresiva hacia el tope.

**Maastrichtiano Superior:** Las series sedimentarias del final del Cretácico corresponden a la Formación Cachiyacu, está constituida de lutitas oscuras, limos margosos y limos con fósiles de ambiente somero. La secuencia forma un cortejo transgresivo, llegando a su máximo nivel de inundación en su parte media.

## **TERCIARIO**

### **Paleógeno:**

**Paleoceno Inferior:** En la zona de Contamana, se describen una serie de lodolitas limosas, limos calcáreos rojos, grises y violetas denominada Formación Huchpayacu. En su miembro basal se encontraron carofitas del Cretácico tardío. La secuencia descansa en concordancia sobre la Fm. Cachiyacu, y descansa a veces sobre la Fm. Vivian sin presentar una superficie de erosión.

**Eoceno Superior-Oligoceno:** La Fm. Pozo caracteriza a este intervalo de tiempo. En la Cuenca Ucayali la Fm. Pozo corresponde a las series de la Fm. Yahuarango, el cual está constituido por argilitas rojas a púrpuras, limos rojos y conglomerados con clastos redondeados a sub-angulosos. Hacia el Sur de la Cuenca es también denominada Formación Huayabamba con abundante presencia de carofitas.

**Neógeno-Cuaternario:** Las unidades litológicas corresponden a los depósitos sedimentarios de las formaciones Chambira, Ipururo y Ucayali. Están compuestos de lodolitas rojizas a grises con intercalaciones de areniscas y conglomerados. Las formaciones son cubiertas por los depósitos continentales cuaternarios.

## **5. GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

La evolución estructural en la cuenca Ucayali puede ser dividida en siete importantes elementos tectónicos, que junto con el comportamiento tectónico-sedimentario de las cuencas Sub-Andinas han forjado la actual geometría del subsuelo en la cuenca. (**Figura 4**).

### **5.1. Paleozoico Temprano**

Fallas normales preponderantemente devonianas son observadas en información sísmica al Sur de la cuenca, formando profundos grábenes que fueron aprovechados por el Gr. Cabanillas para formar zonas aisladas de aumento de espesor. Estas depresiones constan de espesores considerables de secuencias lutíticas del Gr. Cabanillas, las cuales pueden ser consideradas como cocinas locales para hidrocarburos.

Para épocas del Devónico tardío, se manifiesta la tectónica Eo-Herciniana, provocando la discordancia entre el Gr. Cabanillas y el Gr. Ambo. Este evento compresional genera una probable inversión tectónica de las fallas normales descritas anteriormente, el rumbo regional de las fallas son mayormente norte-sur.

### **5.2. Paleozoico Tardío**

Durante el Pérmico Tardío se produce un evento extensional bastante importante en la geometría y distribución de sedimentos en la Cuenca. Horst remanentes de este evento son los altos del Shira y Contaya, los grabenes generados fueron aprovechados por la deposición carbonífera formando cocinas hidrocarburiíferas locales para el Gp. Ambo, así también mini-cuencas aisladas fueron llenadas con sedimentos del Gr. Pucará. Por último, los altos y bajos suaves provocados por la deformación pérmica fueron control para la distribución de sedimentos clásticos mesozoicos.

### **5.3. Tectónica Andina**

La tectónica andina se manifiesta por la inversión tectónica de fallas normales generadas durante el Pérmico. Este evento provocó la generación de sistemas de fallas con orientación NNW-SSE y estructuras importantes tanto al norte (Pisqui, Cashiboya, Maquía) como al sur (Sepa) de la cuenca.

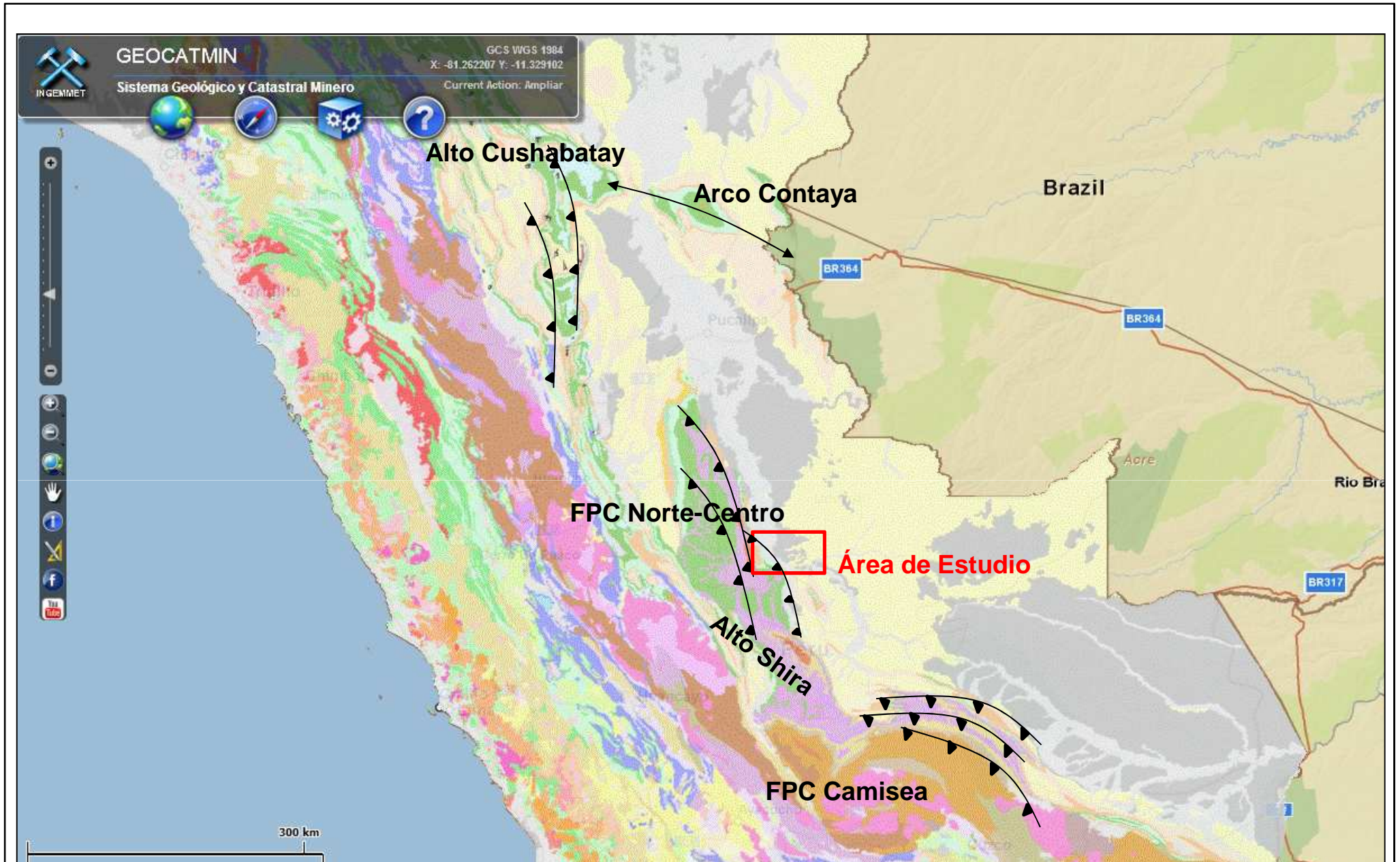


Figura 4: Marco Estructural de la Cuenca Ucayali

#### **5.4. Alto Cushabatay**

El alto de Cushabatay es un prominente rasgo en la Cuenca, se presenta en superficie con el afloramiento de las secuencias de la Fm. Sarayaquillo. Según PARSEP(2002), la formación del alto se puede deber a la inversión de un hemigraben relleno con sedimentos pérmicos, sedimentos del Gr. Pucará, Fm. Sarayaquillo y sedimento Cretácicos. La inversión se pudo haber dado en una etapa post-cretácica y pre-faja plegada y corrida.

#### **5.5. Arco de Contaya**

El arco de Contaya es un importante rasgo estructural que representa el límite noreste de la Cuenca, tiene una orientación N-S y fue generada como un horst remanente de la extensión pérmica y sufrió una inversión con los eventos compresionales Neógenos.

#### **5.6. Alto del Shira**

El Alto del Shira es el rasgo estructural más importante en la cuenca, tiene una orientación NNO/SSE desde el sector Norte de la cuenca hasta el oeste del área de Camisea. Este lineamiento estructural coincide con el límite de sedimentación para el Gr. Pucará y la Fm. Sarayaquillo, así también, coincide con el cambio de facies de los sedimentos cretácicos, siendo más superficiales al este del alto. Se le considera el límite entre las cuencas Ene(Oeste) y Ucayali(Este).

El Alto del Shira es considerado como un horst remanente de época pérmica en donde se puede encontrar sedimentos cretácicos sobre formaciones paleozoicas. El alto fue reactivado durante la deformación Neógena provocando un incremento muy considerable de relieve.

#### **5.7. Faja Plegada y Corrida**

La faja plegada y corrida se forma durante el Terciario y se manifiesta al oeste de la Cuenca y se ha dividido en dos sectores importantes, la zona Norte-Centro y el Sector Camisea. (**Figura 4**)

**Norte – Centro:**

La faja plegada y corrida en la zona norte de la Cuenca se inicia con el corrimiento Chazuta, hacia el oeste del Alto Cushabatay, marcando el límite entre la cuenca Huallaga y la Cuenca Ucayali.

En el sector central el alto del Shira funciona como una barrera para la faja plegada y corrida proveniente de la Cuenca Ene, sin embargo se puede observar faja plegada y corrida hacia el oeste del alto, en comportamiento de faja plegada de piel delgada. La deformación en el sector central se puede ver afectada por esfuerzos de rumbo, lo cuales generaron la estructura de la Falla del Tambo.

**Sector Camisea:**

La faja plegada y corrida (FPC) del sector de Camisea, es la responsable de la generación de las estructuras gasíferas de Cashiriari, San Martín, Pagoreni y Mipaya. La FPC tiene una superficie de despegue a niveles de los sedimentos Ambo/Cabanillas. El frente de corrimiento está fuertemente controlado por el borde de sedimentación de los niveles de despegue. Las FPC de San Martín y Cashiriari tienen una orientación casi E-O, mientras que las FPC de Pagoreni y Mipaya regresan a una orientación andina. El límite este de la FPC se manifiesta en cuña intra-cutánea provocando la generación de fallas de retro-corrimiento que sellan la deformación infrayacente.



## 6. GEOQUIMICA DE SUPERFICIE

La geoquímica de superficie en la exploración de hidrocarburos, es utilizada para identificar zonas en superficie ó cercanas a superficie, que tienen un contenido anómalo de hidrocarburos ó que presentan cambios inducidos por la presencia de hidrocarburos. Estas zonas señalan una potencial acumulación de petróleo ó gas en el subsuelo. Las anomalías encontradas se producen debido a la dispersión de las moléculas de hidrocarburos que migran como filtraciones ó microfiltraciones provenientes de la acumulación.

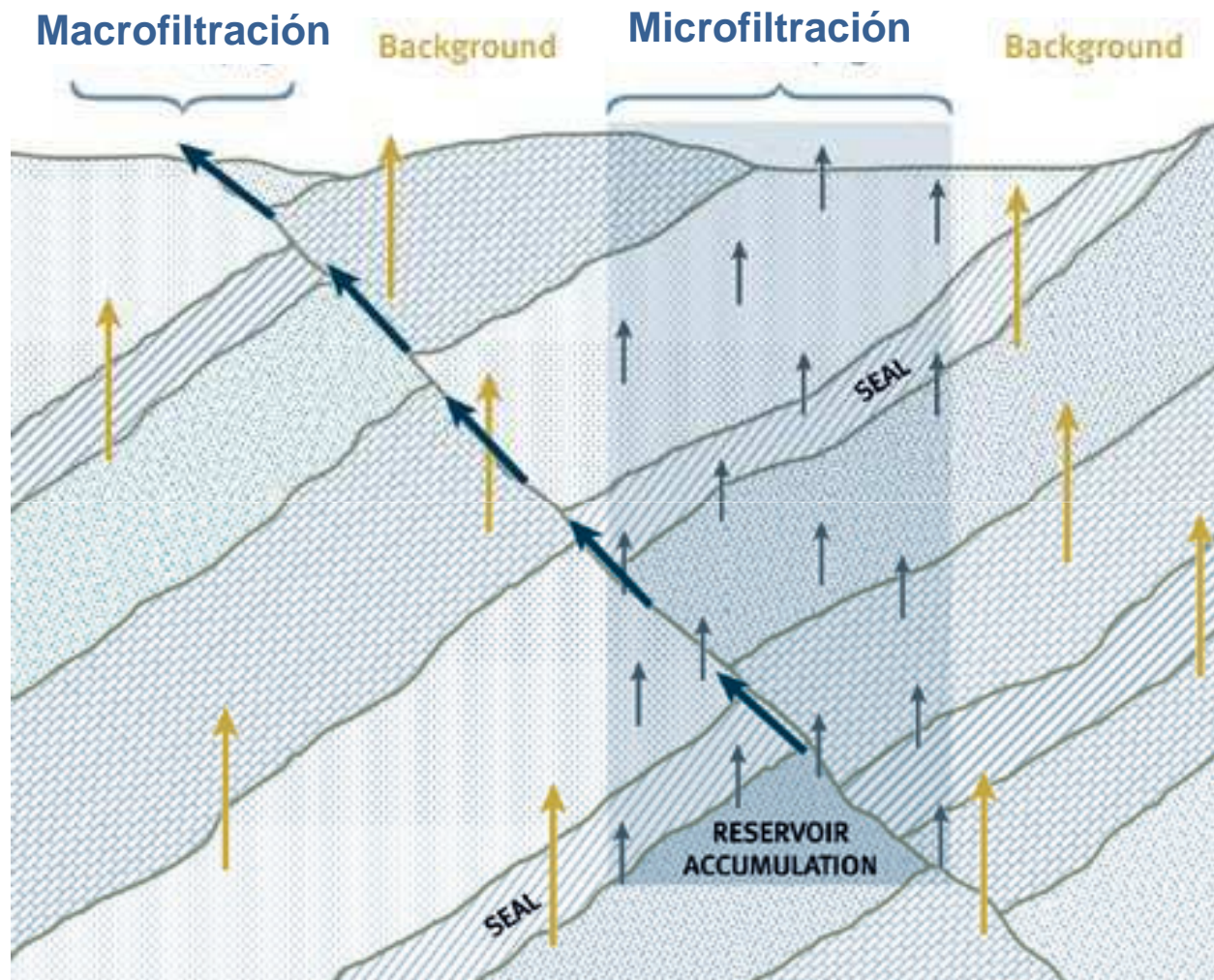
La exploración por geoquímica de superficie se utiliza desde la década de 1930, sin embargo en la pasada década se incrementó la investigación en este campo, pudiendo integrar la información geológica con los resultados del análisis geoquímico. Así también, este método puede dar mucha información acerca del potencial hidrocarburífero a un bajo costo.

El principal objetivo de la geoquímica de superficie es establecer la presencia y distribución de hidrocarburos en el área de estudio y determinar el potencial de carga en determinado prospecto. Para tal fin, un detallado estudio del sistema petrolero en el área es más que necesario, se debe determinar el tipo de hidrocarburo a encontrar (gas ó petróleo) y identificar las zonas más prospectivas en la cuenca sedimentaria.

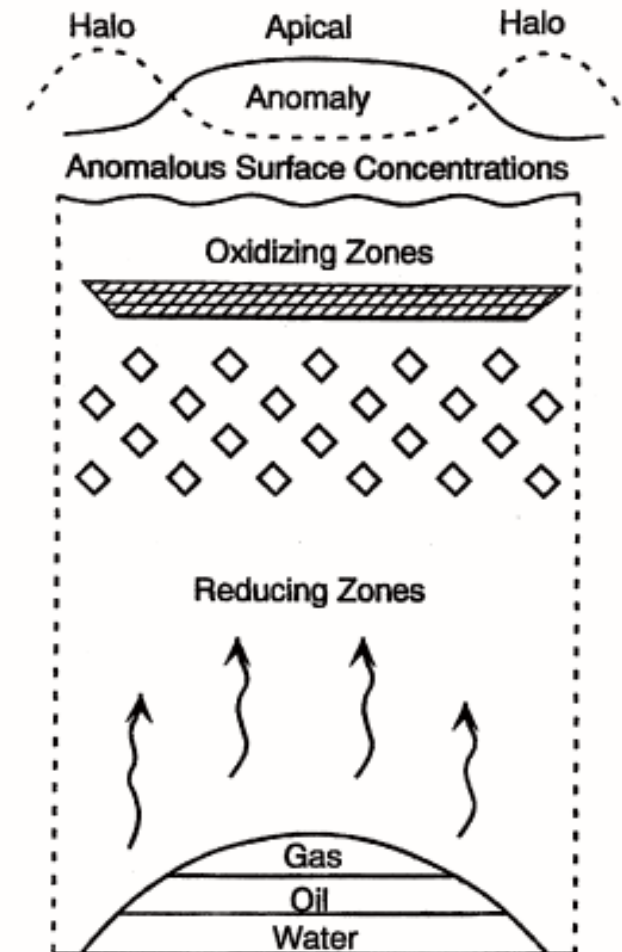
Si el objetivo de la campaña es evaluar un prospecto determinado, el resultado de la prospección geoquímica es utilizado para gestionar el riesgo sobre el proyecto, elevando el grado de inversión en dichos proyectos que posean una fuerte anomalía geoquímica. Para proyectos de desarrollo un análisis detallado de microfiltraciones puede dar un gran soporte para la ubicación de locaciones de perforación, delinear los límites productivos de zonas no desarrolladas, identificar zonas de comunicación de fluidos dentro del campo y monitorear el drenaje del campo a través del tiempo, realizando campañas con un lapso de tiempo.

Las microfiltraciones de hidrocarburo pueden darle potencial a zonas inexploradas y pueden ser un aliciente para la inversión en adquisición sísmica 2D ó 3D sobre el área.

La premisa básica para la exploración geoquímica es que los hidrocarburos fueron generados y/o entrampados a profundidad y que filtran en cantidades detectables causando su dispersión en la superficie. Debido a esto, existe una fuerte asociación entre las anomalías geoquímicas con fallas, formaciones productivas aflorando en superficie y prospectos específicos. La anomalía geoquímica representa el final de la ruta de migración del hidrocarburo, ya sea a cortas distancias como migración vertical ó largas distancias como en la migración lateral. **(Figura 5)**



### MICROSEEPAGE MODEL



Gráficos tomados de *The Leading Edge Journal* & *GORE Brochure*

**Figura 5: Migración de Hidrocarburos ligeros hacia Superficie**

Las filtraciones activas (altas concentraciones de hidrocarburos) conducen a áreas donde existe cierta fuga de hidrocarburos desde el subsuelo a superficie. Estas filtraciones pueden generar anomalías acústicas en información sísmica de alta resolución. Como las filtraciones activas están en cuencas donde se encuentran sistemas petroleros activos, estas filtraciones son fácilmente detectadas por los diferentes métodos de muestreo.

Áreas donde las filtraciones no son activas (bajas concentraciones de hidrocarburos) son caracterizadas como filtraciones pasivas, donde las filtraciones usualmente contienen hidrocarburos de bajo peso molecular, sin embargo, si pueden representar valores por encima del “background” geoquímico del área.

Niveles anómalos de filtraciones pueden ser detectadas cerca de puntos de mayor fuga ya sea fallas ó fracturas comunicadas con el reservorio ó el mismo reservorio aflorando en superficie. Las filtraciones pasivas por otro lado, ocurren como relictos de una generación pasada ó de migración esporádica en la cuenca. Ambos tipos de filtraciones son de gran utilidad para la exploración, ya que las dos pueden estar indicando una acumulación de hidrocarburos en subsuelo.

Las filtraciones también pueden ser clasificadas como macrofiltración, en donde se puede observar un escape visible de petróleo ó una fuga notoria de gas; mientras que la microfiltración es definida como una elevada concentración de hidrocarburos volátiles ó semivolátiles, ó cambios inducidos por el hidrocarburo en suelos y sedimentos. La existencia de microfiltraciones es soportada por evidencias empíricas como el incremento de hidrocarburos ligeros y de la población de microbios oxidantes de hidrocarburo en suelos y sedimentos; cambios laterales en concentración, coincidentes con cambios sedimentológicos y/o estructurales en el reservorio y la aparición y desaparición de anomalías en respuesta de depleción de reservorios.

Una reciente revisión hecha a más de 850 pozos exploratorios donde se realizaron campañas de geoquímica de superficie, señala que el 79% de los que fueron perforados sobre anomalías geoquímicas positivas resultaron en descubrimientos comerciales de petróleo y gas, mientras que el 87% de los pozos perforados en ausencia de anomalías resultaron en pozos secos. Información como esta representa una clara evidencia de la migración vertical de microfiltraciones de hidrocarburo.

La expresión geoquímica de superficie puede ser de varias maneras incluyendo concentraciones anómalas de hidrocarburos en sedimentos, suelos, agua y incluso la atmósfera; anomalías microbiológicas ó formación de parafinas; gases no asociados a hidrocarburos como helio ó radón; cambios mineralógicos, tales como formación de calcita, pirita, uranio, sulfuros elementales y sulfatos; alteración de minerales de

arcilla; anomalías de radiación; anomalías geotérmicas u hidrológicas y alteración acústica, eléctrica y propiedades magnéticas de suelos y sedimentos.

### **6.1 Método de Concentración de Gases Ligeros.**

El método de concentración de gases ligeros por absorción de suelos fue desarrollado por Horvitz (1939, 1985) y luego modificado por Phillips Petroleum. Esta técnica de exploración está basada en la observación de gases ligeros que migraron ascendentemente, desde el reservorio en subsuelo hasta superficie, donde son absorbidos por arcillas ó son incorporados en el cemento calcáreo presente en los suelos superficiales. Áreas de microfiltraciones son detectadas mediante la concentración y composición de los hidrocarburos ligeros extraídos de suelos y sedimentos. Normalmente, hay una relación directa entre la acumulación en subsuelo y la concentración de gases en los suelos superficiales.

Cuando la concentración de hidrocarburo es suficiente, es posible determinar la composición isotópica del metano y a veces, incluso, del etano y propano. Los datos isotópicos son usados para (1) discriminar los hidrocarburos biogénicos de los termogénicos, (2) diferenciar entre gas asociado y no asociado, (3) estimar la madurez térmica de los hidrocarburos migrados, y (4) correlacionar hidrocarburos superficiales con los hidrocarburos en reservorio.

La modificación al método por parte de Phillips Petroleum es una determinación cuantitativa de metano(C1), etano(C2), propano(C3), butano (C4) y componentes pesados(C5+) absorbidos por las partículas de suelo ó adoptados en el cemento del suelo.

El muestreo es de 50 gramos, los cuales pasan por un aspirado para remover los gases libres, para finalmente diluir y extraer los hidrocarburos ligeros. La muestra es digerida por ácido clorhídrico 2N. Todos los gases liberados pasan a través de una solución de hidróxido de potasio al 30% para depurar el dióxido de carbono generado durante la digestión. El gas depurado es colectado y analizado por un detector de ionización de flama (FID) para cromatografía de gases, para finalmente determinar la concentración de hidrocarburos ligeros en partes por millón(ppm).

## **6.2 Método de Concentración de Actividad Microbial.**

El método microbial fue desarrollado hace más de 30 años por Phillips Petroleum y desde 1985 ha sido liberado a la industria. La mayoría de muestras de suelos son colectadas a la profundidad de 20 cm, luego de una deshidratación durante toda una noche, son enviados al laboratorio para analizar la presencia de microbios oxidantes de hidrocarburo. Existe una relación directamente positiva entre la concentración de hidrocarburos ligeros en suelos y la población de microbios hidrocarburo-oxidantes, la relación es fácilmente medible y reproducible. Las muestras frecuentemente son procesadas para identificar la presencia de microbios butano-oxidantes, sin embargo, las muestras también pueden ser procesadas para detectar microbios metano-oxidantes si es necesario. Las anomalías de población microbial son una prueba real de petróleo ó gas termogénico en superficie.

La muestra de suelo tiene un peso de 25 gramos y es colectada en cada locación de muestreo. Los 25 gramos son diluidos y puestos en placas por separados en gel de agar y n-butanol. El butanol es el único componente de contenido orgánico para los microorganismos, además, sólo estos microorganismo son capaces de sobrevivir en este selecto ambiente de crecimiento. Después de una semana de incubación, los microorganismos crecen en colonias, visibles al ojo humano. Las colonias son contadas y el valor microbial para cada muestra es calculado del promedio de las tres placas de agar.

## 7. METODOLOGIA DE TRABAJO

El principal objetivo del presente estudio geoquímico es el reconocimiento de microfiltraciones en el área, respondiendo a las siguientes preguntas:

- ¿Existen anomalías geoquímicas en superficie, asociadas con la exploración de prospectos en subsuelo?.
- ¿Cuál es la composición de los hidrocarburos que han llegado a superficie?.
- Basados en los resultados de gases ligeros y actividad microbial, existen áreas donde se recomiendan hacer más estudios geológicos y/o geofísicos?.

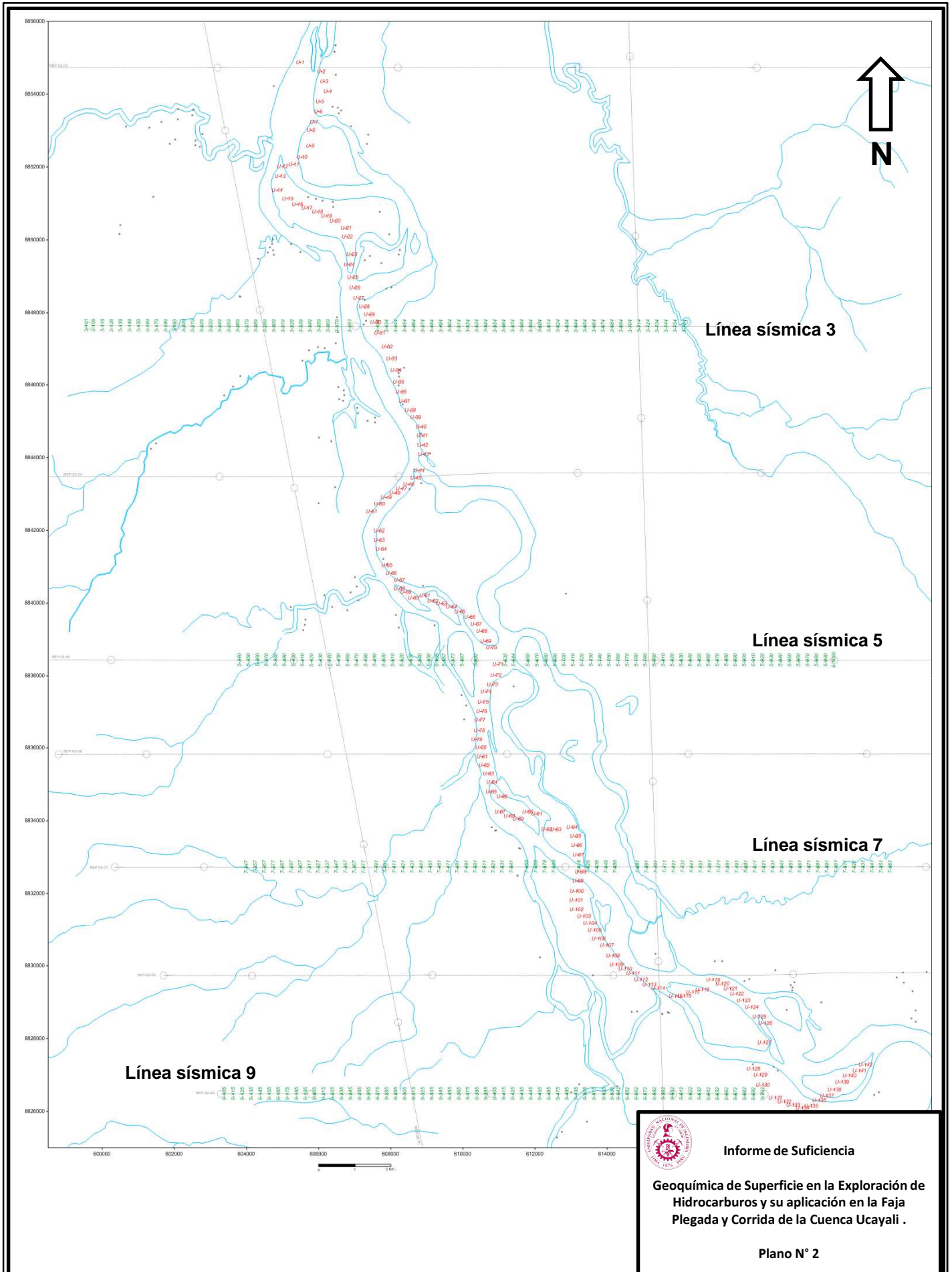
### 7.1 Muestreo Geoquímico

Para cumplir con el objetivo de la campaña, se realizó un arreglo para colección de suelo superficial en las líneas sísmica 3, 5, 7 y 9 (Muestras NU), sumando 270 estaciones de muestreo. Así también se recolectaron muestras a lo largo del Río Ucayali (Muestras U), dentro del área de estudio, teniendo 142 estaciones de muestreo. (**Plano N° 2**)

Las muestras fueron colectadas en intervalos de 250 metros aproximadamente. El trabajo de campo fue conducido por la compañía contratista en 8 días, contando con un equipo profesional de 7 personas. Las muestras para análisis de población microbial fueron obtenidas a una profundidad de 20 cm, tomando 3 muestras en cada locación, cada una de un peso de 25 gramos; las muestras para análisis de gases ligeros en suelo fueron obtenidas a una profundidad de 1m, tomando 2 muestras por cada locación, cada una con un peso de 50 gramos . Las muestras fueron empacadas y enviadas al Laboratorio de la contratista en Oklahoma, EEUU para los estudios analíticos.

	<b># Estaciones de Muestreo</b>
Fuera de la Rivera del Río Ucayali(NU)	270
En la Rivera del Río Ucayali(U)	142
<b>TOTAL</b>	<b>412</b>





Línea sísmica 9

Línea sísmica 3

Línea sísmica 5

Línea sísmica 7



Informe de Suficiencia

Geoquímica de Superficie en la Exploración de Hidrocarburos y su aplicación en la Faja Plegada y Corrida de la Cuenca Ucayali .

Plano N° 2

Plano N°2 : Plano de Muestreo Geoquímico

## 7.2 Resultados de Análisis Geoquímico

Debido a que los datos adquiridos pertenecen a la compañía operadora en el área de estudio, se ha visto conveniente no mostrar los resultados de los análisis de laboratorio realizados en las muestras colectadas, sin embargo, el presente informe mostrará el tratamiento estadístico de los datos emitidos por el laboratorio.

## 7.3 Tratamiento Estadístico de Datos Geoquímicos

Los resultados emitidos por el laboratorio fueron tratados estadísticamente de manera diferente, para el análisis de población microbial y para gas absorbido por suelo superficial.

El objetivo del tratamiento estadístico de datos geoquímicos es determinar el “background” y el “threshold”, el primero representa el valor promedio que se tiene en el área a condiciones normales, mientras que el segundo representa el límite sobre el cual se presenta una anomalía geoquímica.

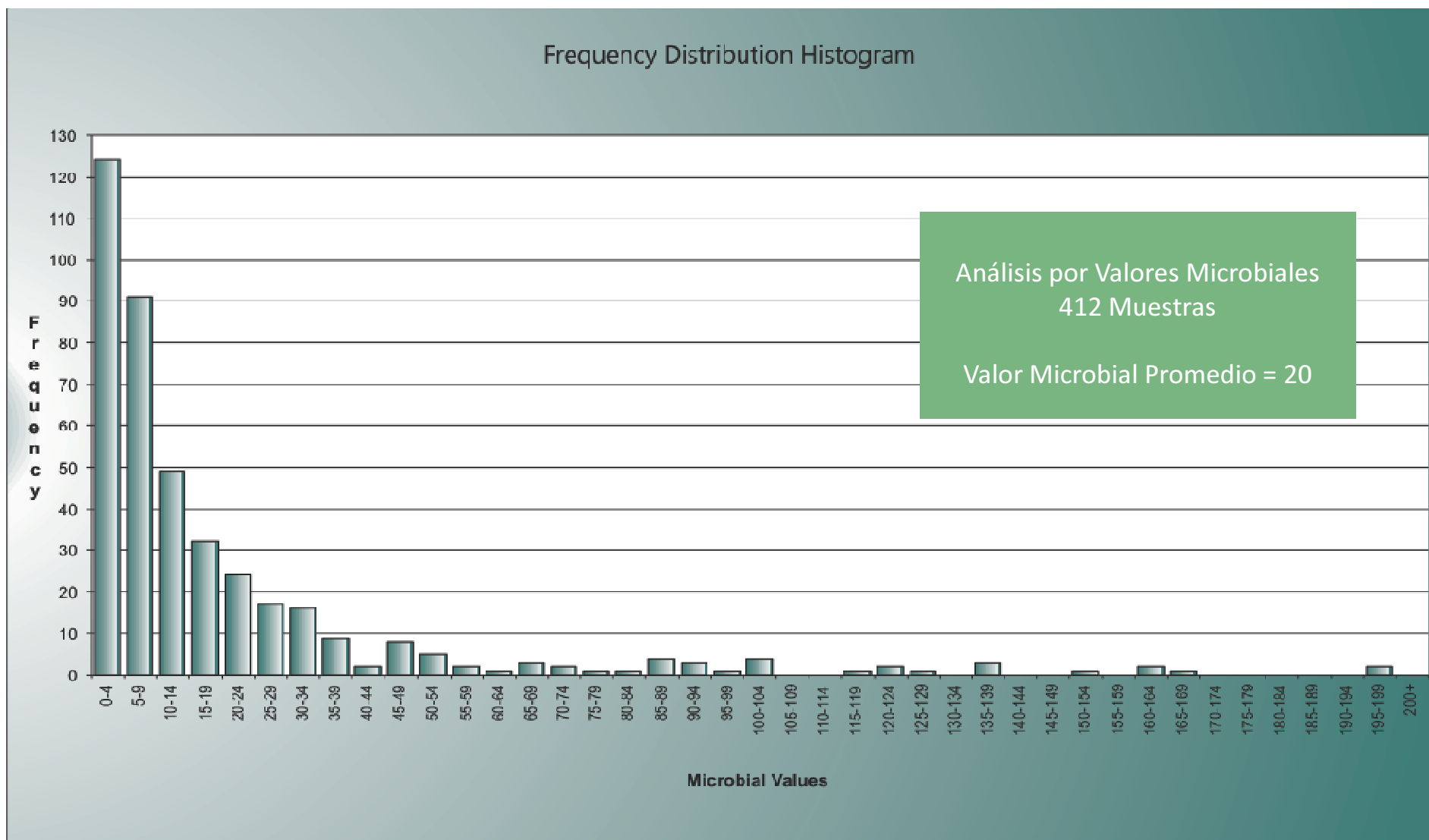
### 7.3.1 Población Microbial:

En los resultados provenientes de laboratorio se pudieron distinguir diferencias significativas entre las muestras extraídas a lo largo de la rivera del Río Ucayali y las que fueron extraídas tierra adentro, por lo que las características estadísticas fueron analizadas por separado. La **Tabla 1** resume todas las características estadísticas obtenidas.

La **figura 6** muestra el Histograma de Distribución de Frecuencias de Valores Microbiales para el área de estudio. La asimetría del histograma puede indicar un relativo potencial en el área de investigación. En un área de exploración, regiones no productivas son usualmente representadas por un histograma de distribución normal de frecuencias. Para áreas potencialmente productivas ó prospectos, la distribución de frecuencias indica una población dual, con asimetría hacia la derecha. Regiones con campos en producción tienden a mostrar una distribución normal, debido a la reducción de valores bajos en las muestras “background”.

Según la distribución de frecuencias, es distinguible que los datos tienden a elevarse en intervalos con valores microbiales altos y bajos. Los intervalos con altos valores microbiales reflejan una filtración desde la acumulación a superficie, a través de una ruta de migración.





**Figura 6: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Valores Microbiales**

**Tabla 1: Características estadísticas para Valores Microbiales.**

**MUESTRAS TOTALES**

<i>Datos Completos</i>	
Mean	20
Standard Error	2
Median	9
Mode	2
Standard Deviation	31
Sample Variance	958
Kurtosis	10
Range	197
Minimum	0
Maximum	197
Sum	8299
Count	412

<i>Datos Background</i>	
Mean	7
Standard Error	0
Median	6
Mode	2
Standard Deviation	5
Sample Variance	27
Kurtosis	0
Range	20
Minimum	0
Maximum	20
Sum	2046
Count	299

**MUESTRAS FUERA DE LA RIVERA DEL RIO UCAYALI**

<i>Datos Completos</i>	
Mean	27
Standard Error	2
Median	14
Mode	5
Standard Deviation	35
Sample Variance	1257
Kurtosis	7
Range	197
Minimum	0
Maximum	197
Sum	7265
Count	270

<i>Datos Background</i>	
Mean	11
Standard Error	0
Median	9
Mode	5
Standard Deviation	7
Sample Variance	48
Kurtosis	-1
Range	27
Minimum	0
Maximum	27
Sum	2144
Count	197

### RIVERA DEL RIO UCAYALI

<i>Datos Completos</i>	
Mean	7
Standard Error	1
Median	3
Mode	2
Standard Deviation	12
Sample Variance	141
Kurtosis	18
Range	89
Minimum	0
Maximum	89
Sum	1034
Count	142

<i>Datos Background</i>	
Mean	3
Standard Error	0
Median	2
Mode	2
Standard Deviation	2
Sample Variance	4
Kurtosis	0
Range	7
Minimum	0
Maximum	7
Sum	277
Count	106

Como se mencionó antes, los valores microbiales pueden ser clasificados en dos diferentes grupos: muestras a lo largo de la Rivera del Río Ucayali (Muestras U), y muestras fuera de la Rivera del Río Ucayali (Muestras NU). Los valores microbiales para estos dos grupos de datos son resumidos en la tabla 2.

**Tabla 2 : Valores microbiales, comparación entre Muestras U y NU**

	<b>RANGO</b>	<b>MUESTRAS TOTALES</b>	<b>MUESTRAS BACKGROUND</b>
		Media/Dev. Std.	Media/Dev. Std
<b>Muestras U</b>	0 – 89	7/12	3/2
<b>Muestras NU</b>	0 – 197	27/35	11/7

Las muestras recogidas a lo largo del Río Ucayali fueron obtenidas a 10 metros del río. A pesar de ello, las muestras representan a un ambiente más húmedo que las muestras obtenidas sobre las líneas sísmicas, fuera de la influencia del río, las cuales presentan valores microbiales parecidos a estudios realizados en otras zonas de la selva amazónica.

Para determinar la existencia de una anomalía geoquímica significativa es necesario establecer las características de la población “background”. Estos valores han sido

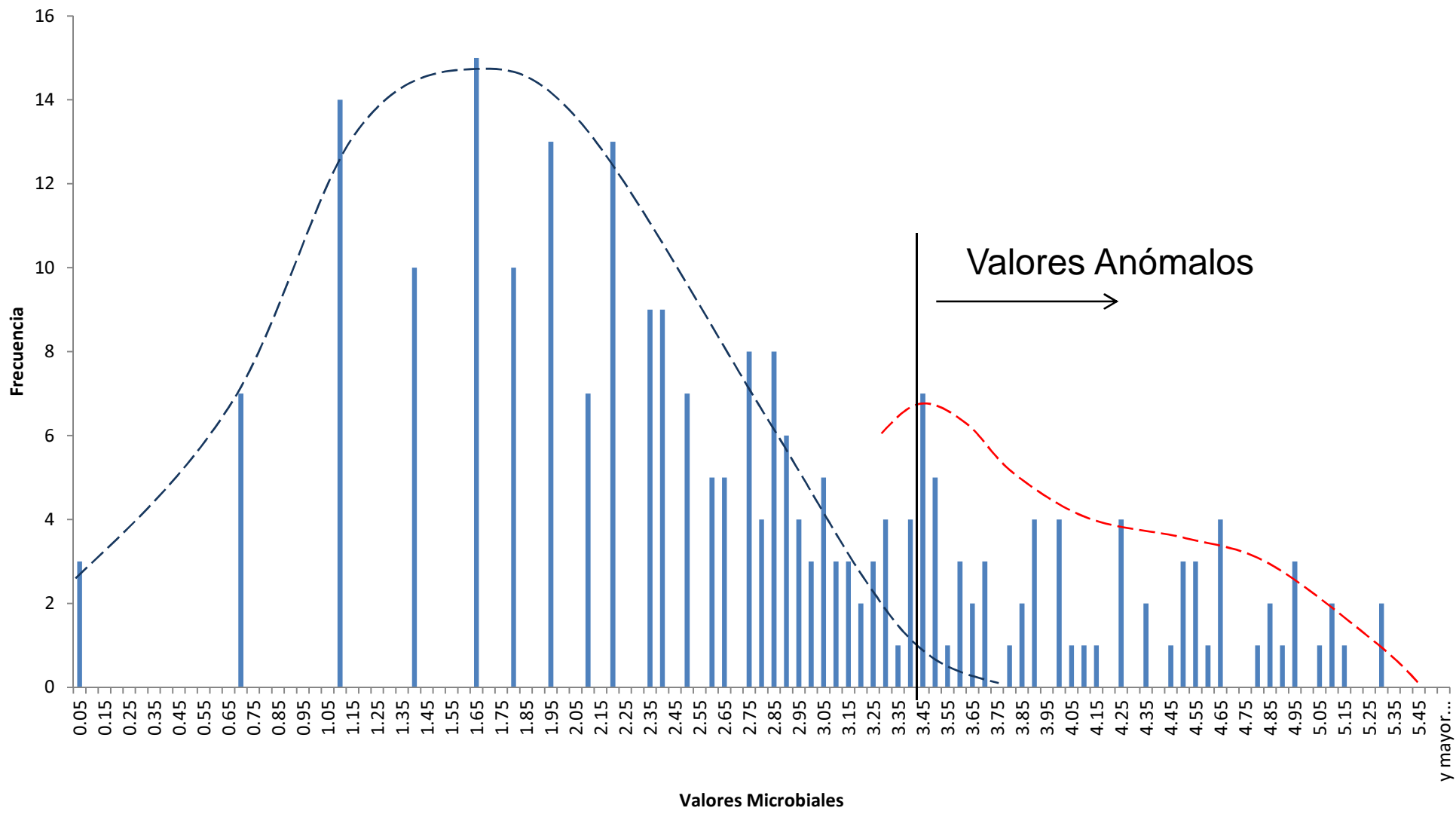
establecidos estadísticamente y han sido resumidos en la Tabla 2. Según estudios realizados en otros sitios de la selva amazónica, valores microbiales mayores a 3 veces la desviación standard sobre el “background” son indicativos de la presencia de una microfiltración. Esto significa que valores superiores a 32 para las muestras NU y valores superiores a 9 para muestras U, pueden ser indicativos de una microfiltración significativa.

Así también, se realizó un histograma Log-normal para los valores microbiales en muestras NU, donde se observó dos poblaciones superpuestas, una caracterizada por los valores background y la otra por la microfiltración analizada. (**Figura 7**)

**Tabla 3 : Valores microbiales, Background y Threshold**

	<b>Background</b>	<b>Threshold</b>
<b>Muestras U</b>	3	9
<b>Muestras NU</b>	11	32

Los valores microbiales han sido plotados en su respectiva línea de adquisición y son presentadas en las **figuras 8, 9, 10, 11 y 12**. Las curvas fueron suavizadas (“smoothed”), con el fin de reducir el impacto de valores erráticos, fue calculado tomando el promedio de la estación y las estaciones adyacentes.



**Figura 7: Histograma Log-Normal de distribución de frecuencias para Valores Microbiales en Muestras NU**

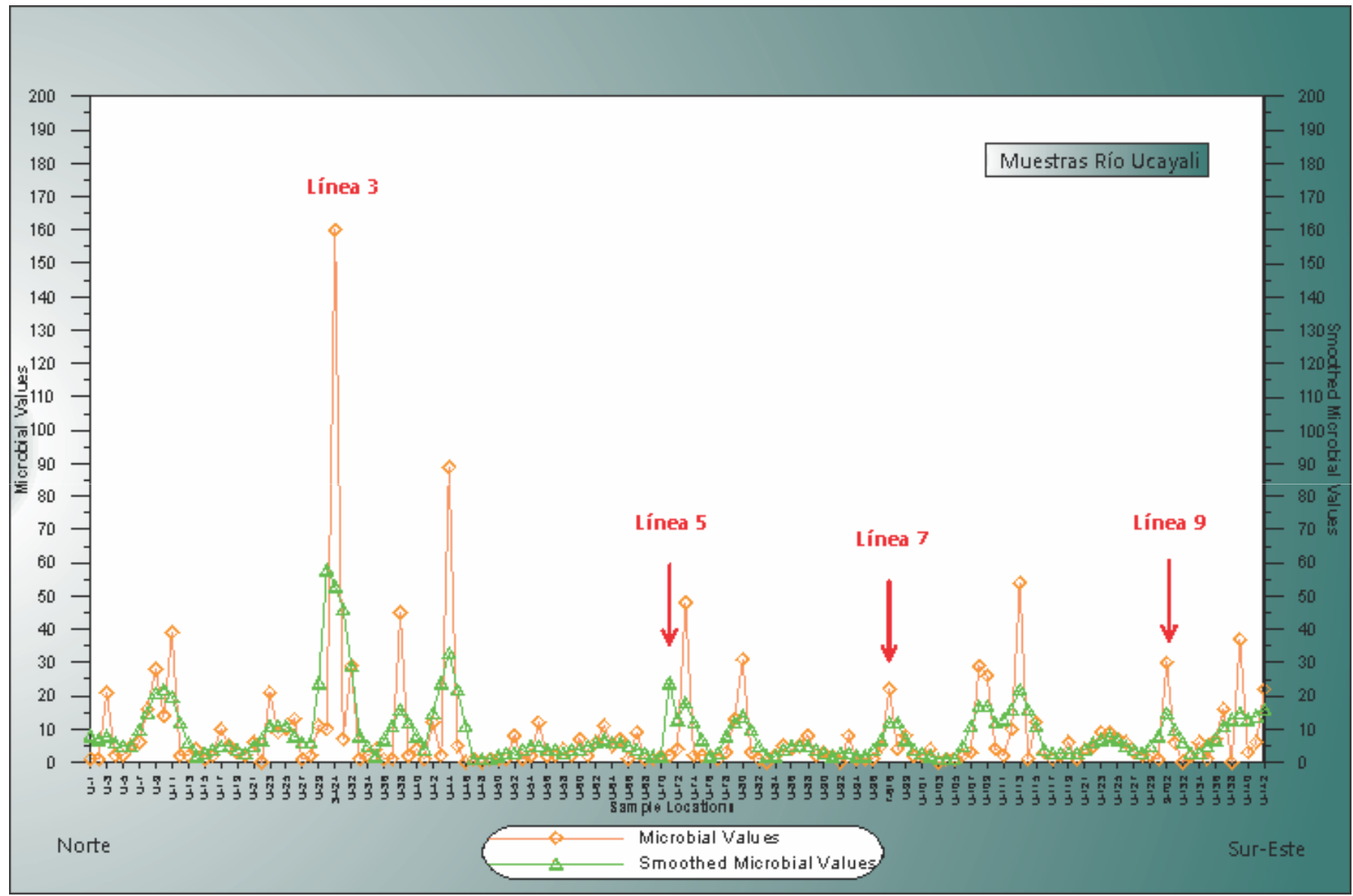


Figura 8: Valores microbiales a lo largo del Río Ucayali

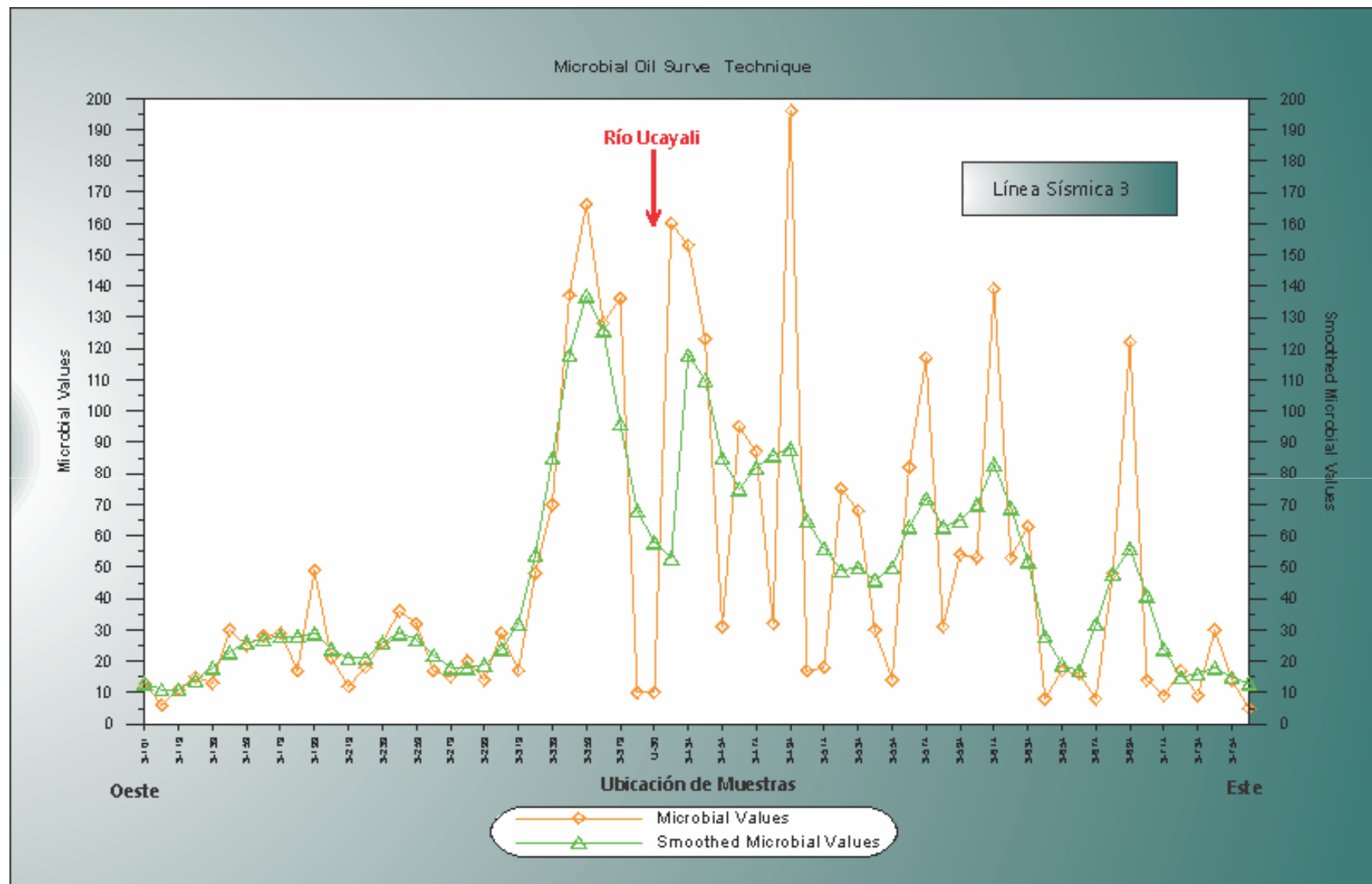


Figura 9: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 3

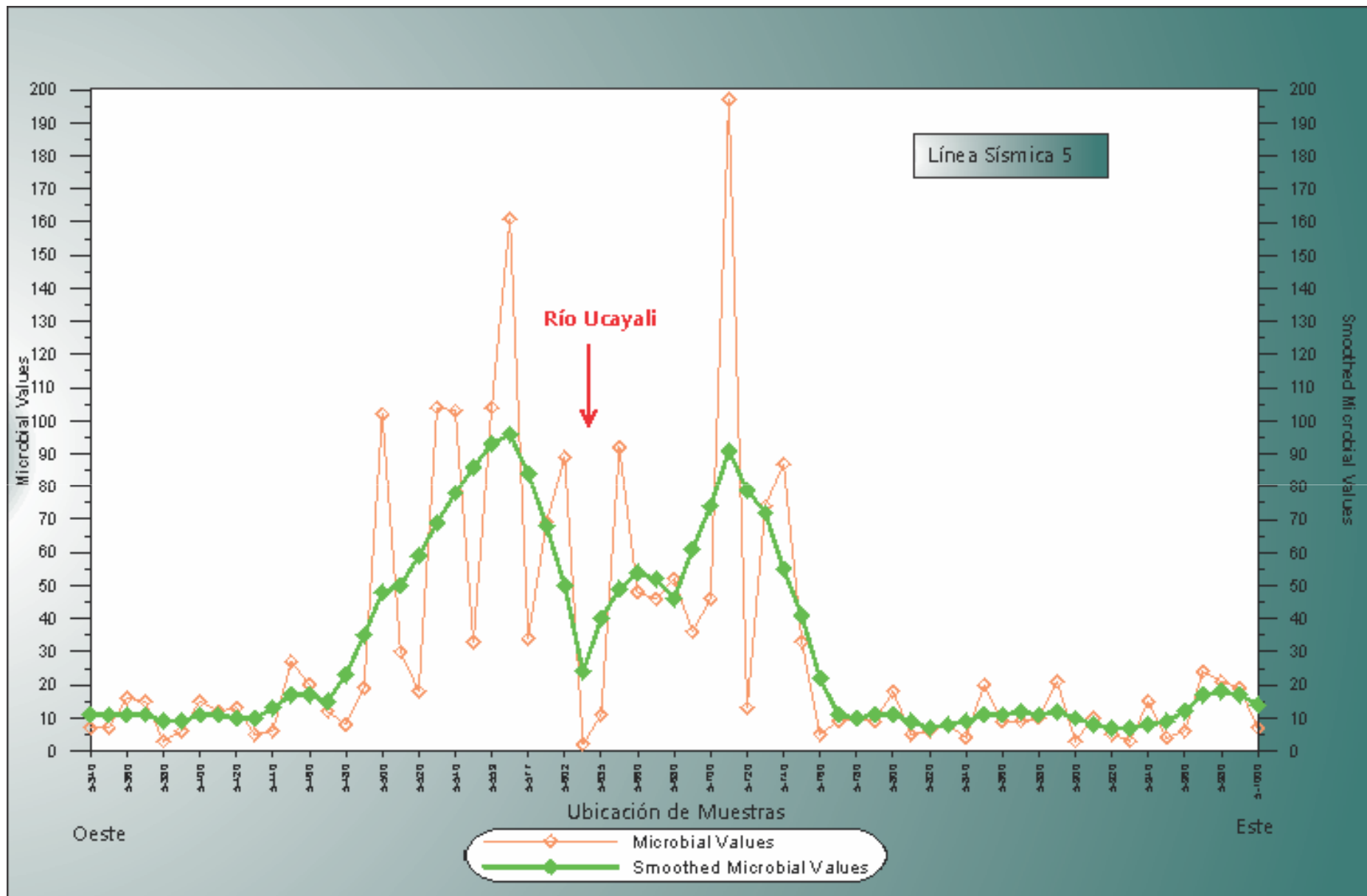
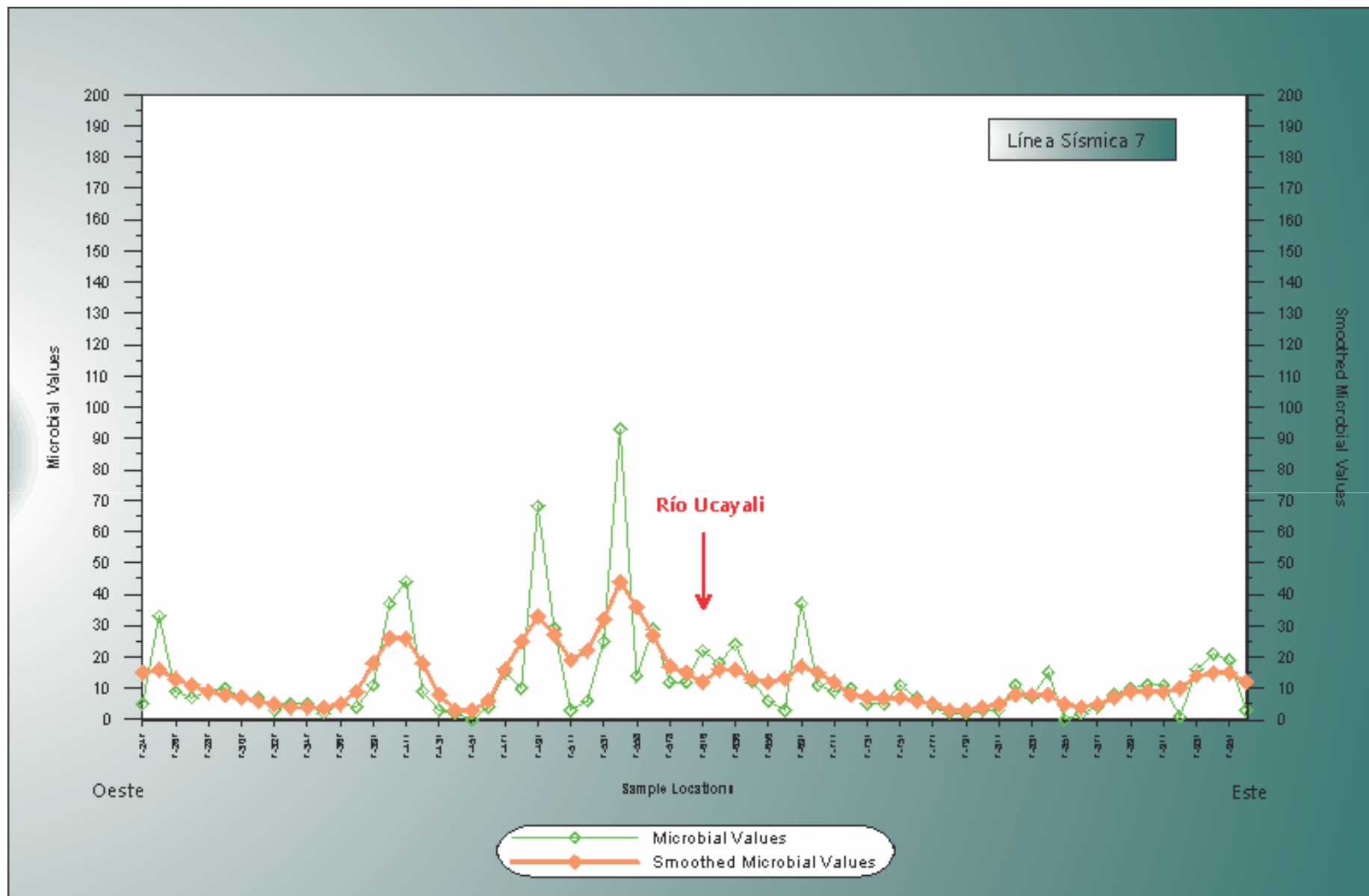
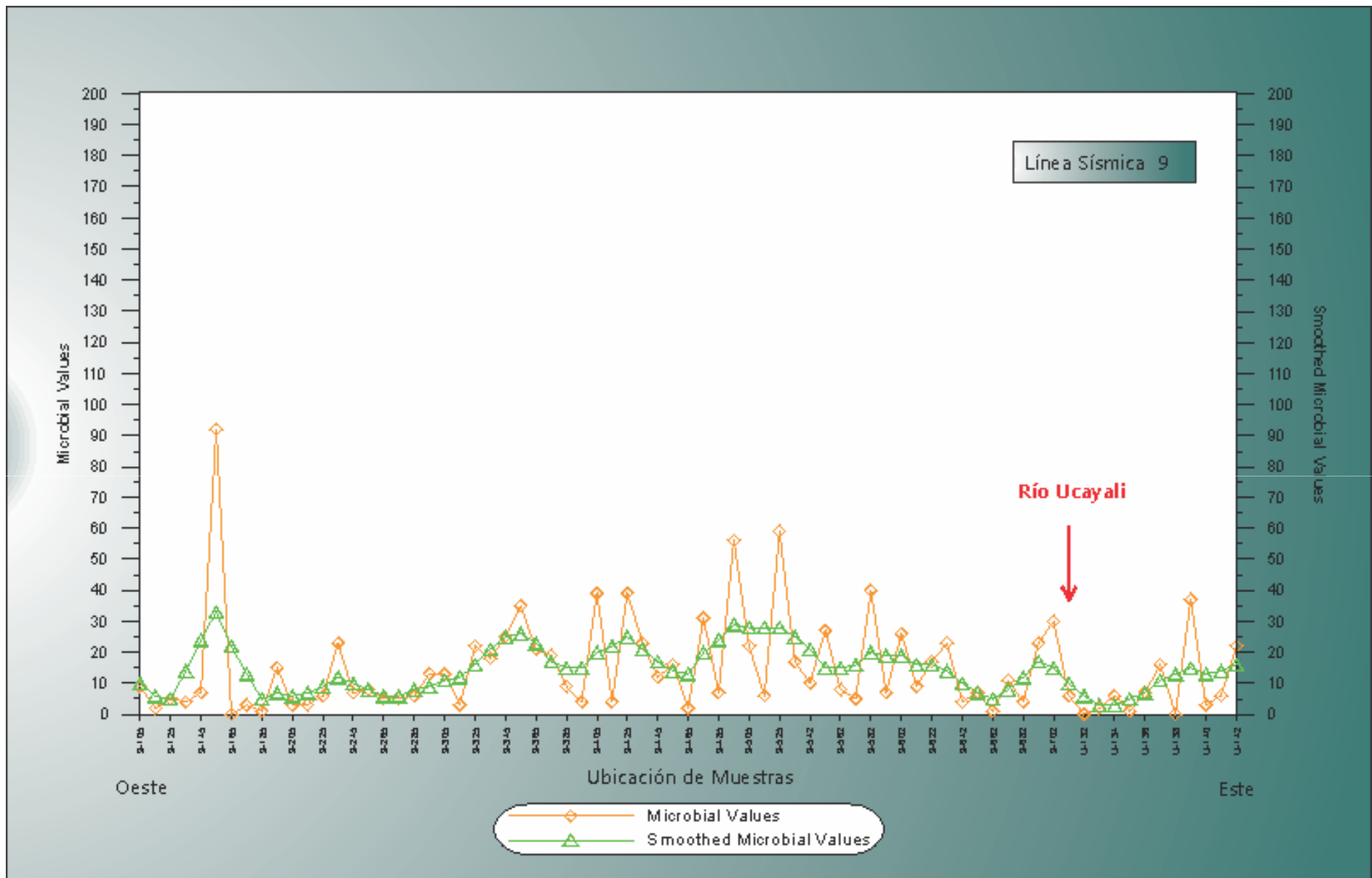


Figura 10: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 5





**Figura 11: Valores Microbiales a lo largo de la Línea Sísmica 7**



### 7.3.2 Concentración de Gases Ligeros:

Las muestras de suelo obtenidos en cada estación también fueron analizados por concentración de gases ligeros. Esto fue hecho para determinar la composición del hidrocarburo migrado. En la **figura 13** se muestra la distribución de frecuencias para la concentración de gas metano, en donde se puede observar la asimetría hacia el lado derecho del histograma resultando en valores altos en la concentración de metano.

Como se vio en los datos de población microbial, existen diferencias significativas entre las muestras obtenidas en la rivera del Río Ucayali y las obtenidas fuera del mismo. Los rangos y valores “background” para concentraciones de metano, son resumidos en la Tabla 4.

**Tabla 4 : Concentración de Metano, comparación entre Muestras U y UN (ppm)**

	<b>RANGO</b>	<b>MUESTRAS TOTALES</b>	<b>MUESTRAS BACKGROUND</b>
		Media/Dev. Std.	Media/Dev. Std
<b>Muestras U</b>	1 – 312	156/65	104/46
<b>Muestras NU</b>	0 – 407	28/60	4/4

Considerando la suma de tres desviaciones standard al valor del background, se puede indicar que a valores mayores de 242 para muestras U y valores mayores de 16 para muestras NU, serían una manifestación de una microfiltración.

**Tabla 5 : Concentración de Metano, Background y Threshold (ppm)**

	<b>Background</b>	<b>Threshold</b>
<b>Muestras U</b>	104	242
<b>Muestras NU</b>	4	16

Las características estadísticas de las concentraciones de gas metano son resumidas en la Tabla 6.

Así como en el caso de valores microbiales, se realizó un histograma de frecuencias Log-normal para las muestras NU, el cual presenta la superposición de dos poblaciones, como representación de los valores background y de los valores causados por la microfiltración. (**Figura 14**)

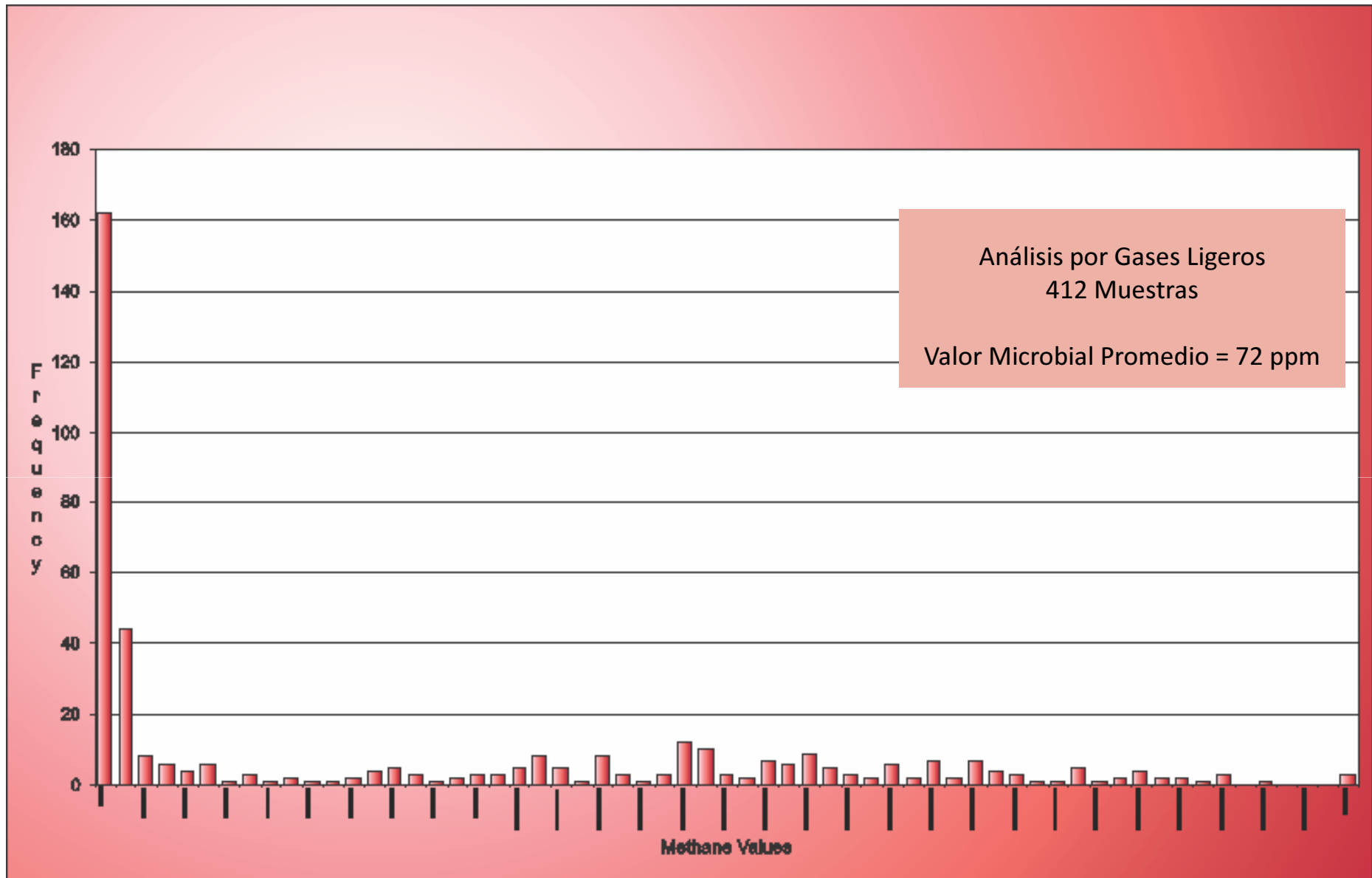


Figura 13: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Concentraciones de Metano

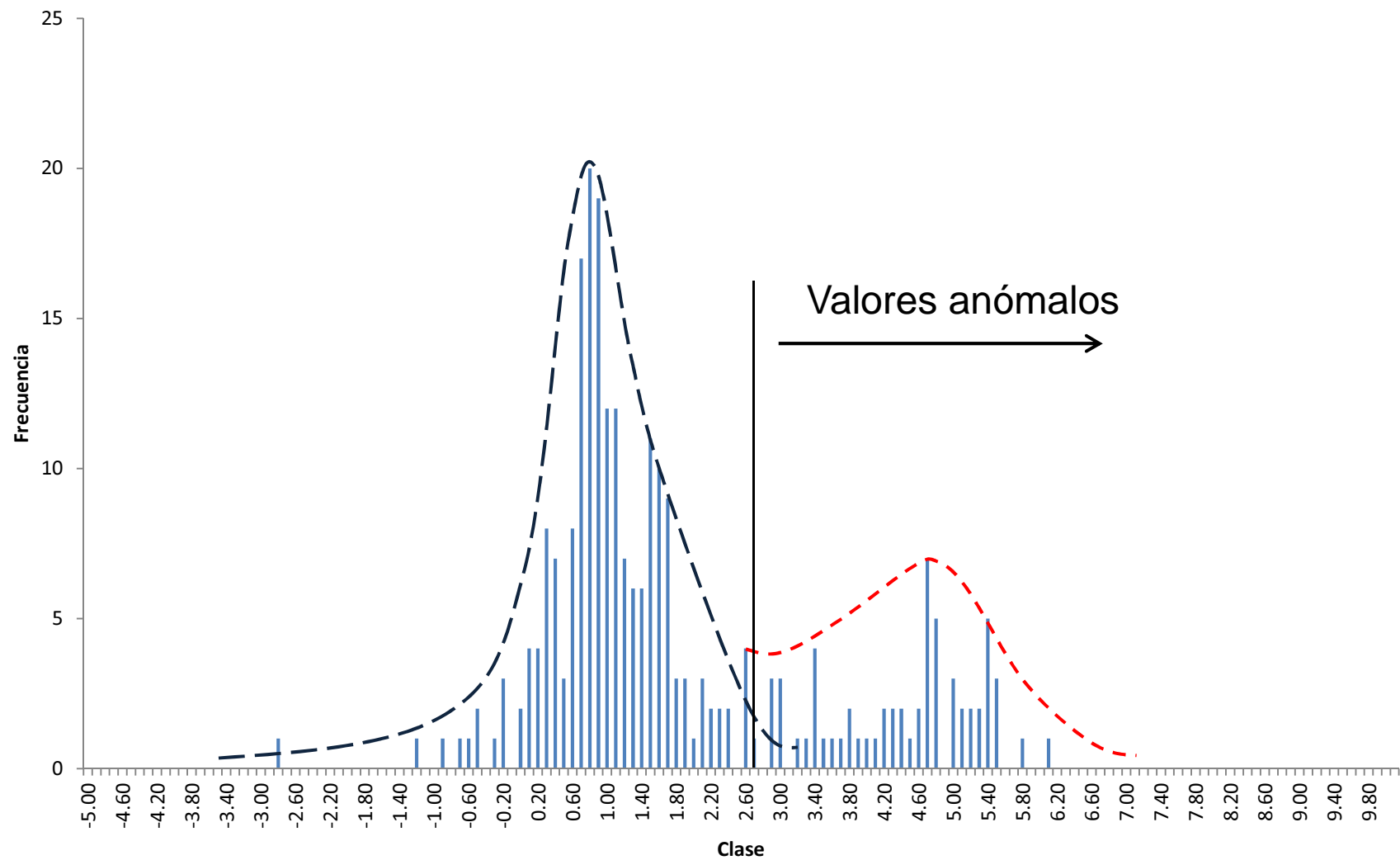


Figura 14: Histograma Log-Normal de distribución de frecuencias para Concentración de Metano en Muestras NU

El gas ligero concentrado en el suelo, se encuentra adsorbido por minerales de arcilla ó por el cemento cálcico presente entre los granos de arena. Los valores elevados de concentración de gas se pueden deber a niveles altos de microfiltraciones de hidrocarburos ó a la presencia de suelos alcalinos carbonatados, los cuales preservan el contenido de gas adsorbido.

**Tabla 6: Características estadísticas para Concentraciones de Metano (ppm).**

**MUESTRAS TOTALES**

<i>Datos Completos</i>	
Mean	72.11
Standard Error	4.30
Median	8.94
Mode	2.00
Standard Deviation	87.20
Sample Variance	7604.32
Kurtosis	-0.34
Range	407.60
Minimum	0.00
Maximum	407.60
Sum	29707.35
Count	412

<i>Datos Background</i>	
Mean	7.54
Standard Error	0.85
Median	2.65
Mode	2.00
Standard Deviation	13.32
Sample Variance	177.29
Kurtosis	9.58
Range	69.33
Minimum	0.00
Maximum	69.33
Sum	1855.85
Count	246

**MUESTRAS FUERA DE LA RIVERA DEL RIO UCAYALI**

<i>Datos Completos</i>	
Mean	28.04
Standard Error	3.70
Median	3.00
Mode	2.00
Standard Deviation	60.42
Sample Variance	3650.79
Kurtosis	9.93
Range	407.60
Minimum	0.00
Maximum	407.60
Sum	7486.87
Count	267

<i>Datos Background</i>	
Mean	4.14
Standard Error	0.33
Median	2.59
Mode	2.00
Standard Deviation	4.84
Sample Variance	23.38
Kurtosis	10.38
Range	27.93
Minimum	0.00
Maximum	27.93
Sum	898.40
Count	217

### RIVERA DEL RIO UCAYALI

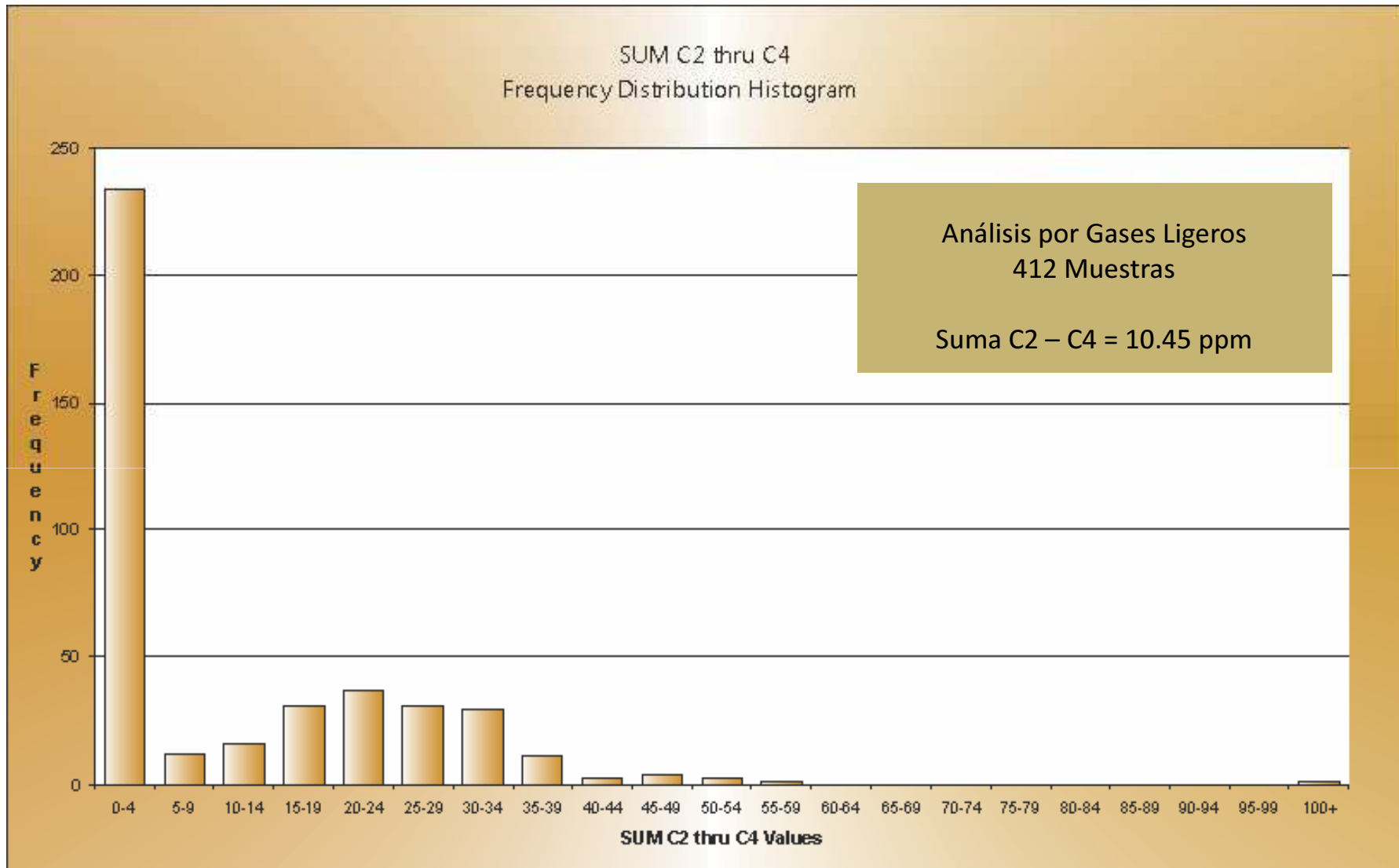
<i>Datos Completos</i>	
Mean	156.46
Standard Error	5.52
Median	161.50
Standard Deviation	65.80
Sample Variance	4329.47
Kurtosis	-0.02
Range	311.47
Minimum	0.99
Maximum	312.46
Sum	22216.68
Count	142

<i>Datos Background</i>	
Mean	103.77
Standard Error	5.55
Median	122.21
Standard Deviation	46.11
Sample Variance	2126.05
Kurtosis	-0.10
Range	153.80
Minimum	0.99
Maximum	154.79
Sum	7160.28
Count	69

Se analizó el pH en más de 20 suelos de ambos paquetes de muestras (muestras U y NU) para determinar si habían suficientes diferencias para explicar los resultados. Las muestras que presentan altas concentraciones de gases ligeros tuvieron un rango de pH entre 7.8 y 8.6 ya sea en muestras U como en muestras NU; mientras que las muestras con bajas concentraciones de gases ligeros presentaron rangos de pH entre 7.1 y 7.5 para las muestras U (Río Ucayali) y un rango entre 4.2 y 6.1 para las muestras NU (fuera del Río Ucayali). Este análisis soporta la conclusión que en los suelos alcalinos a lo largo del Río Ucayali favorecen la preservación del suelo carbonatado, resultando en altas concentraciones de gases ligeros.

Se realizó un histograma de frecuencia de la suma de hidrocarburos desde etano hasta butano (C2 – C4) y es ilustrado en la **figura 15**. Como se observó en los datos de valores microbiales y los de metano, existe una asimetría hacia la derecha, sugiriendo la presencia de una microfiltración en el área de estudio.

**Figuras 16 y 17** muestran las comparaciones entre metano-etano y etano-propano respectivamente. Ambos gráficos muestran una fuerte correlación positiva, indicando una conexión genética entre los gases. El promedio de los ratios C1/C2 y C2/C3 son 12 y 2.5 respectivamente, estos valores son característicos en gases asociados con acumulaciones de hidrocarburos ligeros y/o condensados.



**Figura 15: Histograma de distribución de frecuencias en escala normal para Concentraciones de C2-C4**



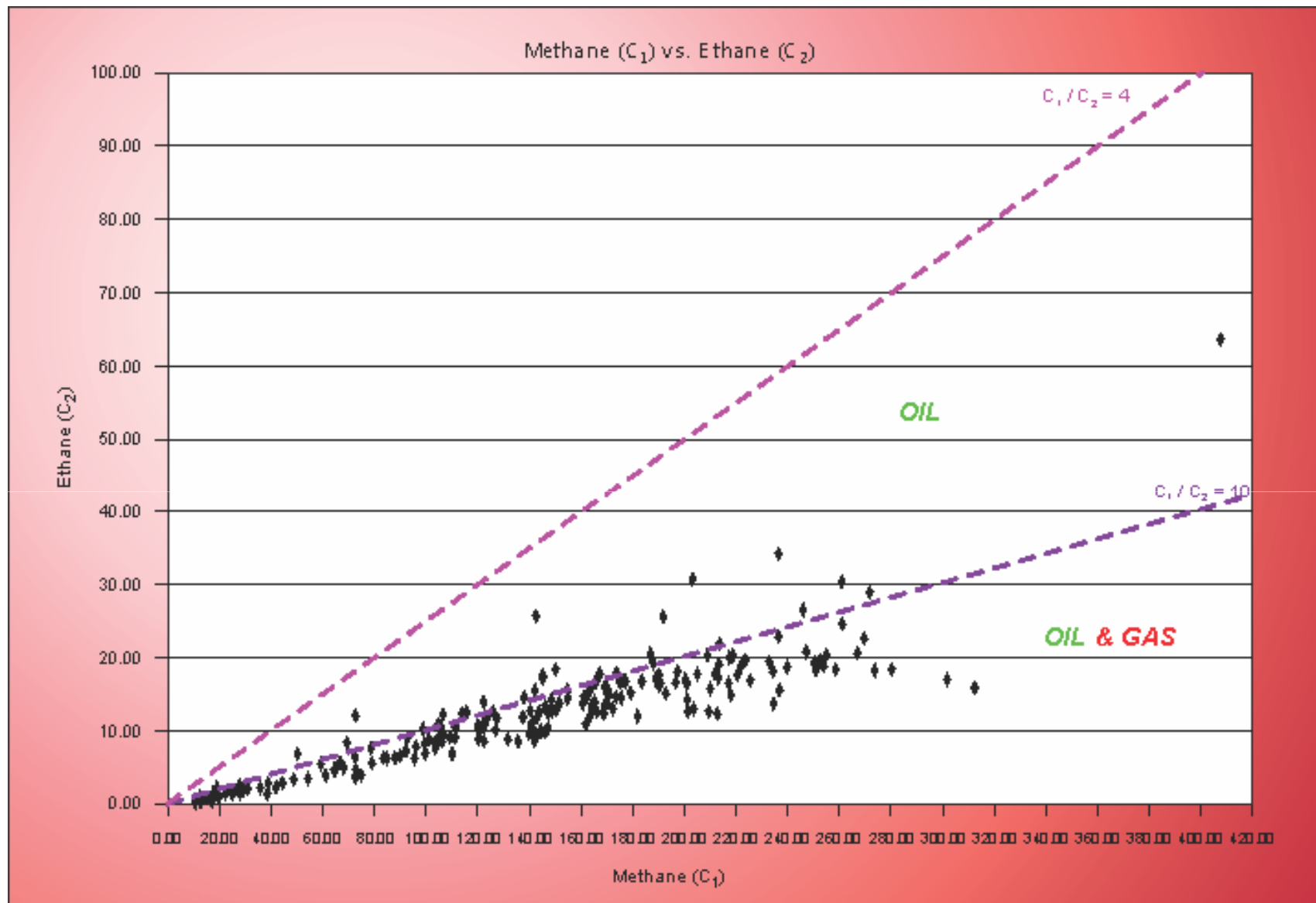


Figura 16: Gráfico Metano(C1) vs Etano (C2) asociado con el hidrocarburo fuente.

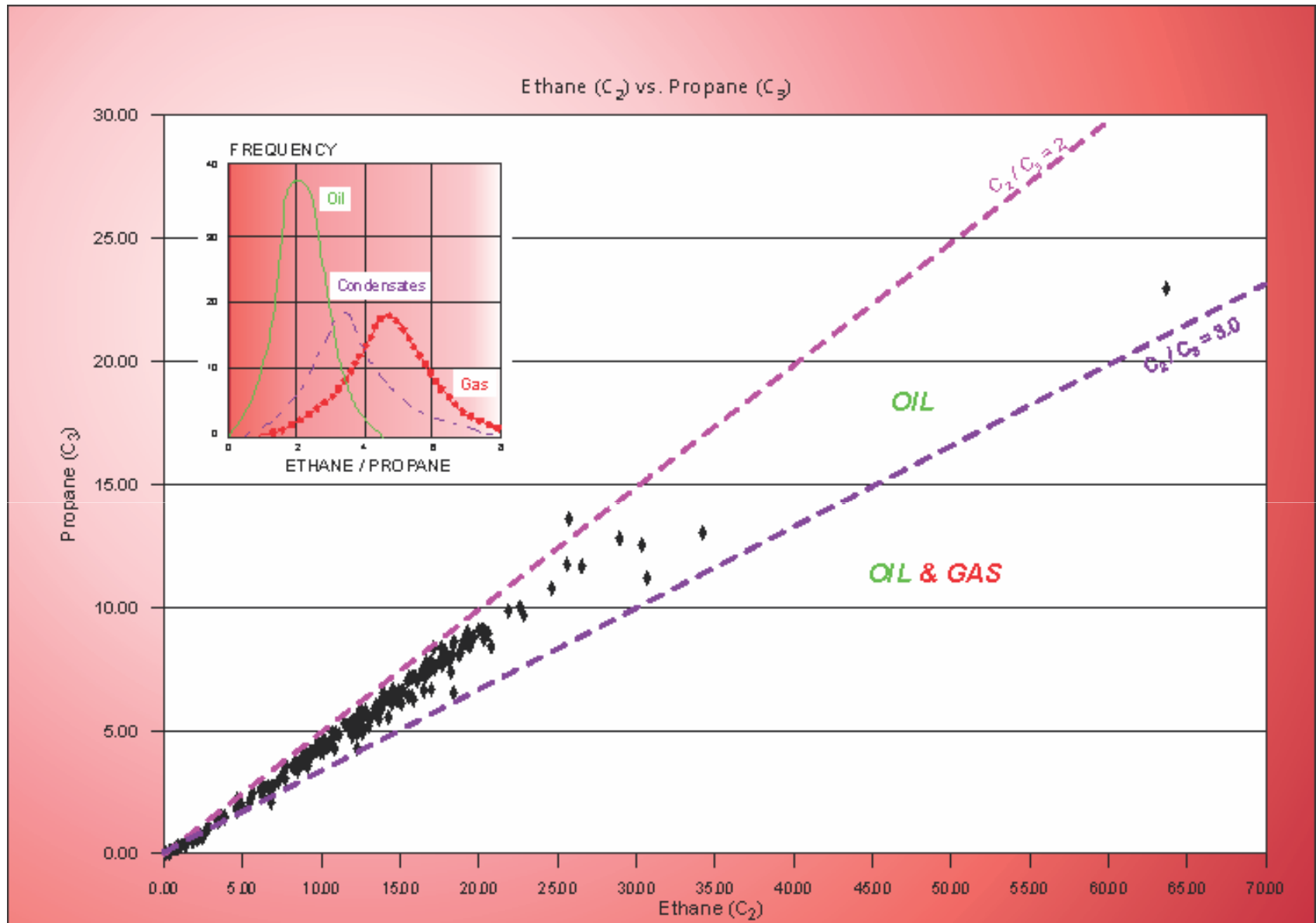


Figura 17: Gráfico Etano(C<sub>2</sub>) vs Propano (C<sub>3</sub>) asociado con el hidrocarburo fuente.

La **figura 18** representa otro gráfico composicional comúnmente usado, en donde se comparan los ratios  $C1/(C2+C3)$  y  $C2/(C3+C4)$ , mostrando la afiliación de los gases con petróleo ligero y condensados.

Las concentraciones de gases ligeros han sido ploteados en sus líneas de adquisición y son mostrados en las **figuras 19, 20, 21, 22 y 23**.

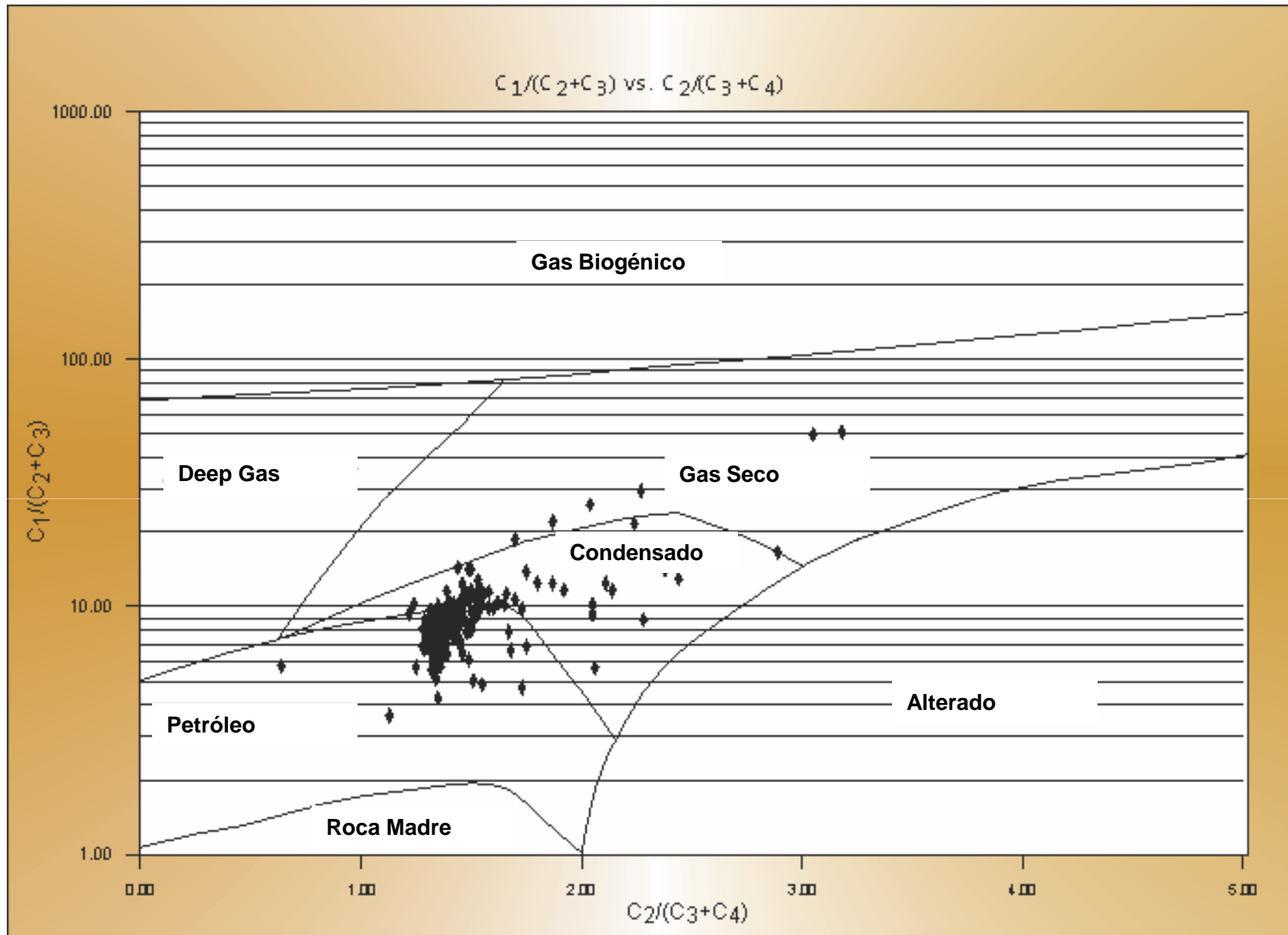


Figura 18: Gráfico composicional de ratio de Metano(C1), Etano(C2) y Propano (C3).

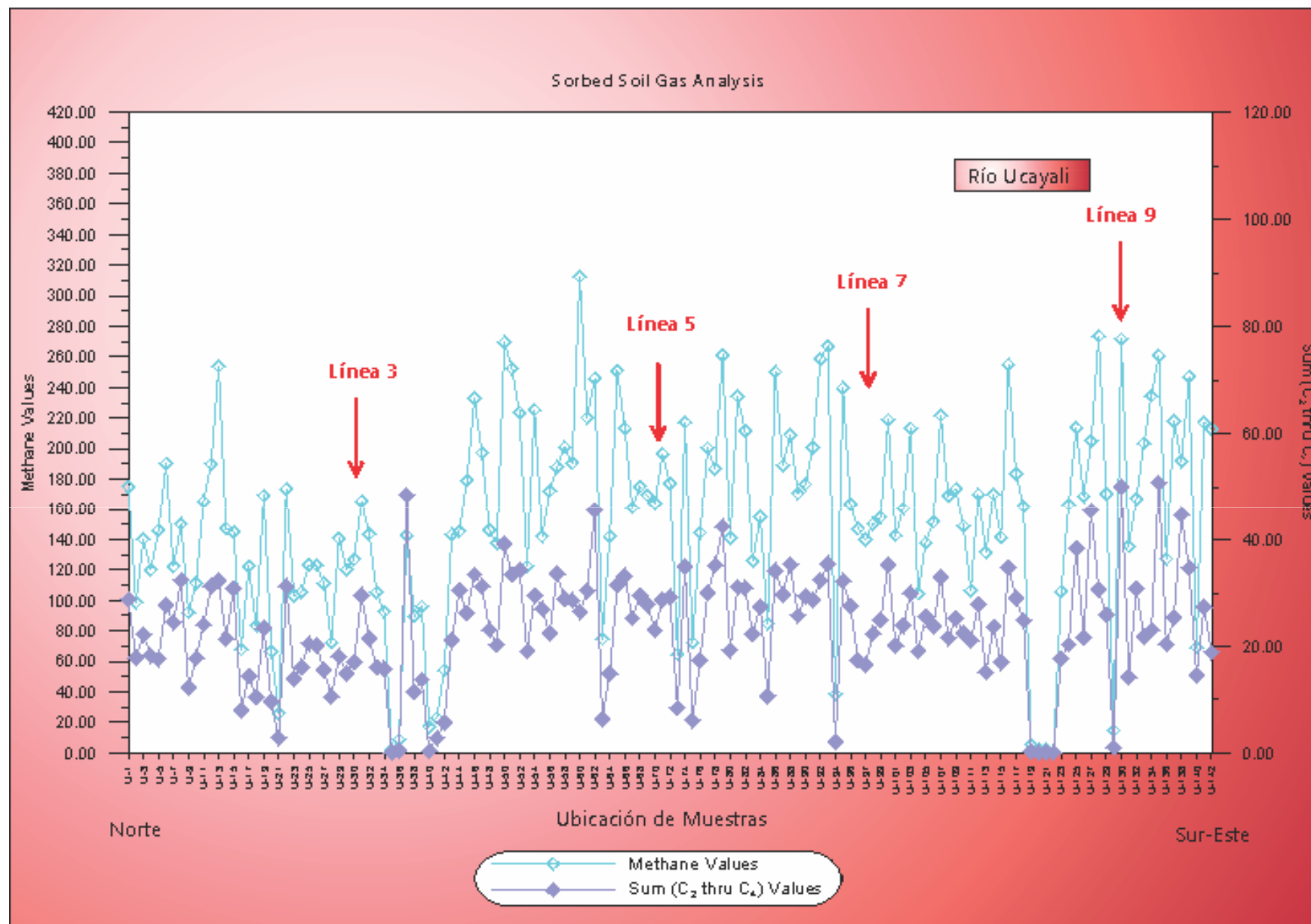
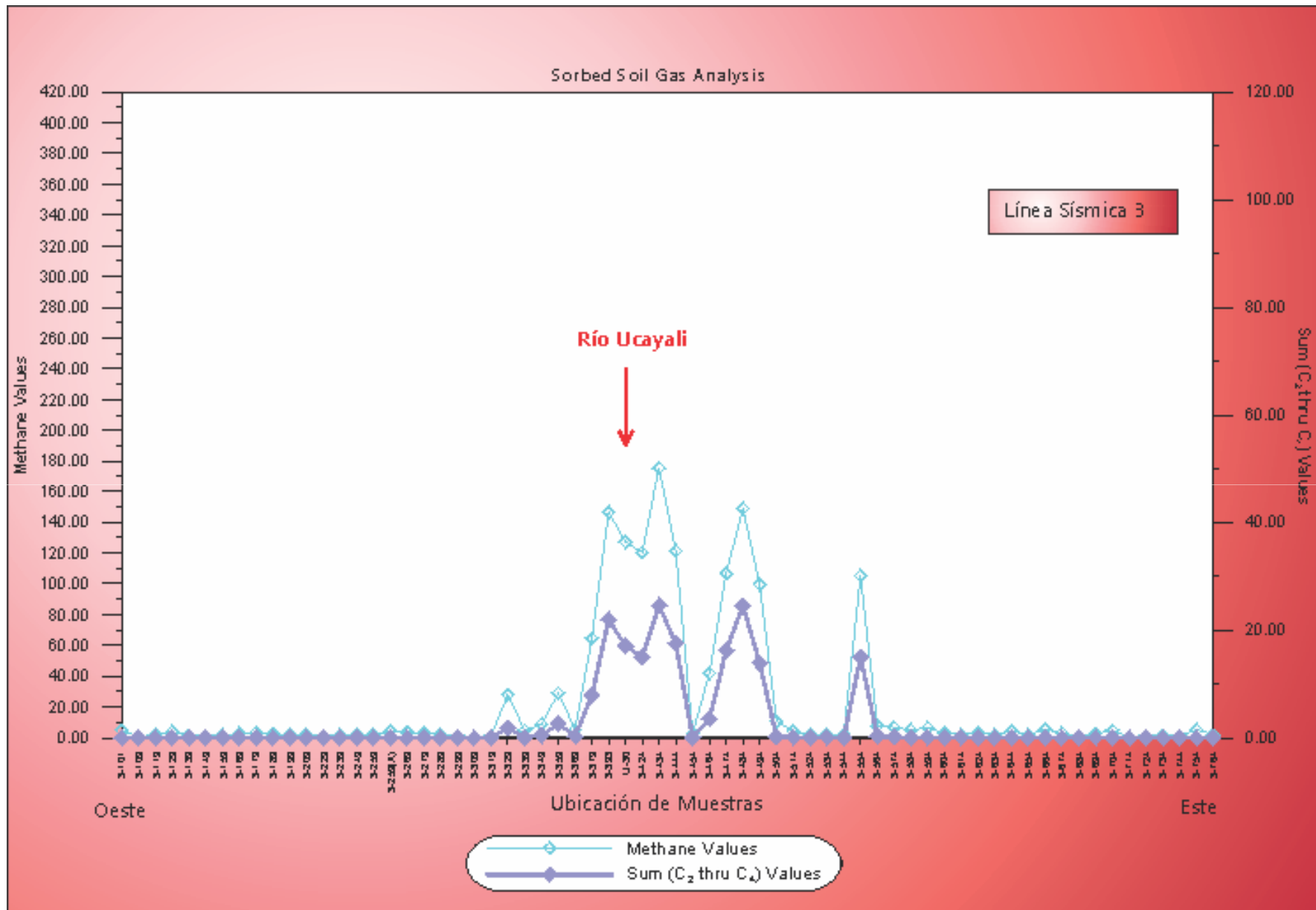


Figura 19: Concentración de Metano a lo largo del Río Ucayali



**Figura 20: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 3**

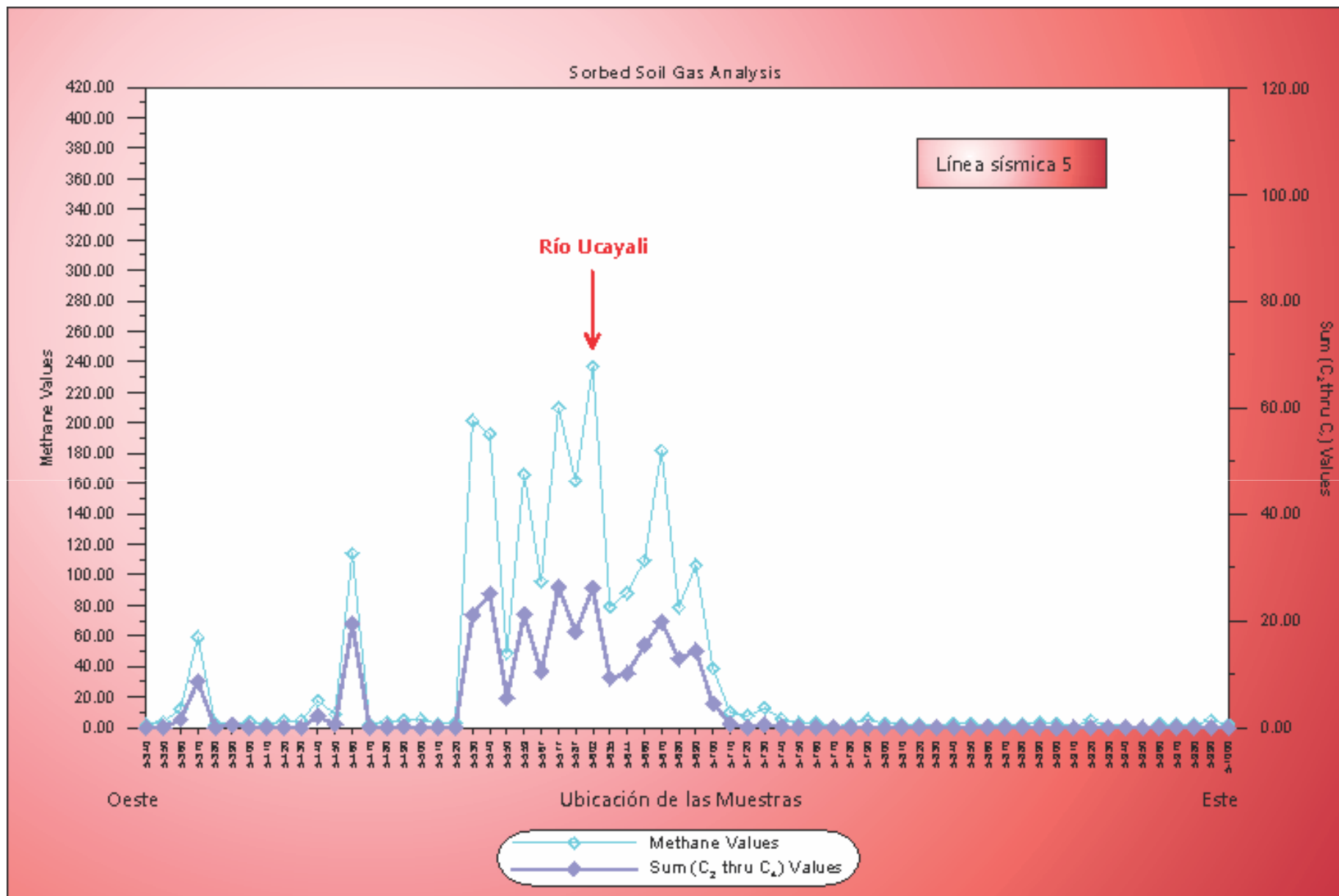
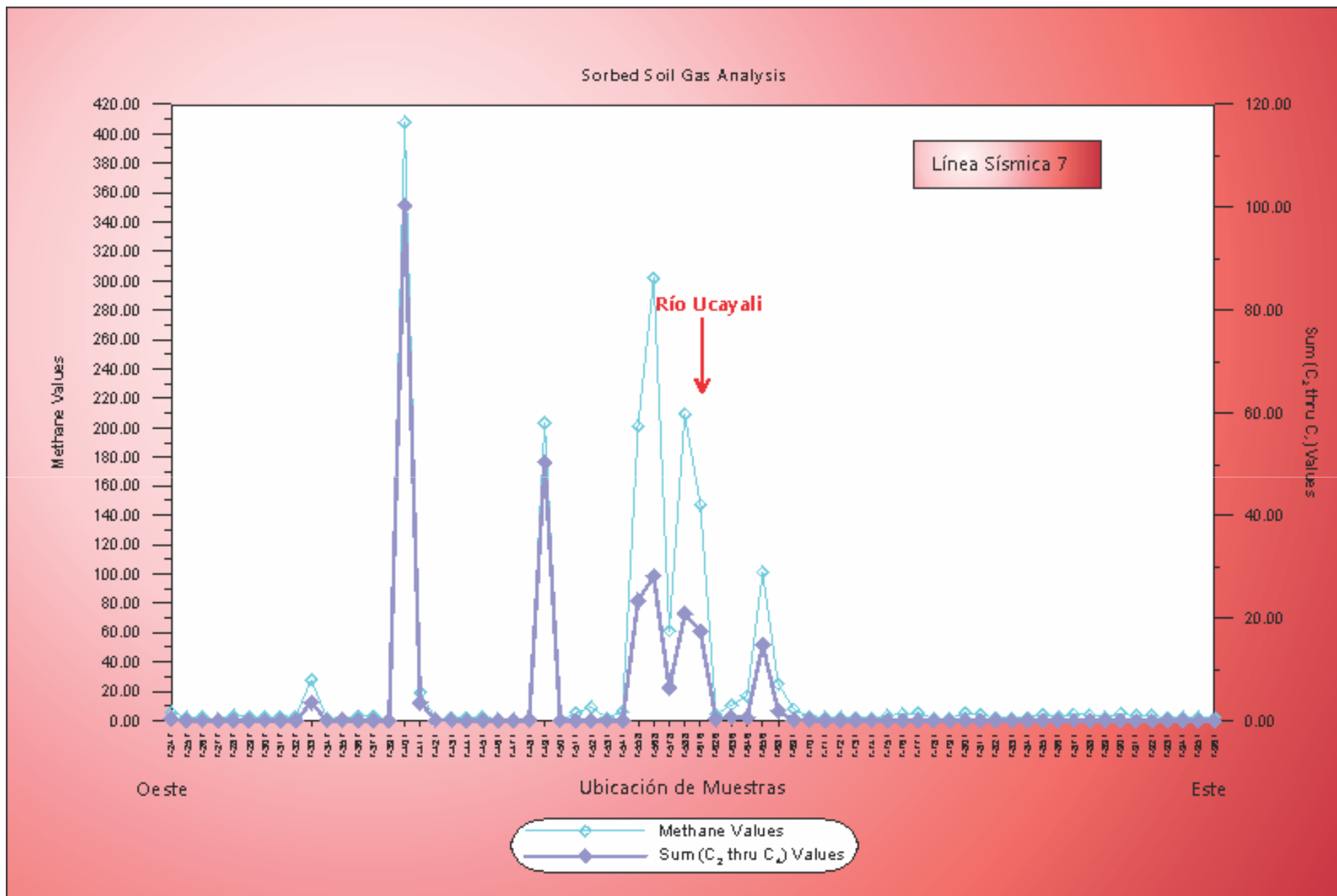


Figura 21: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 5





**Figura 22: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 7**

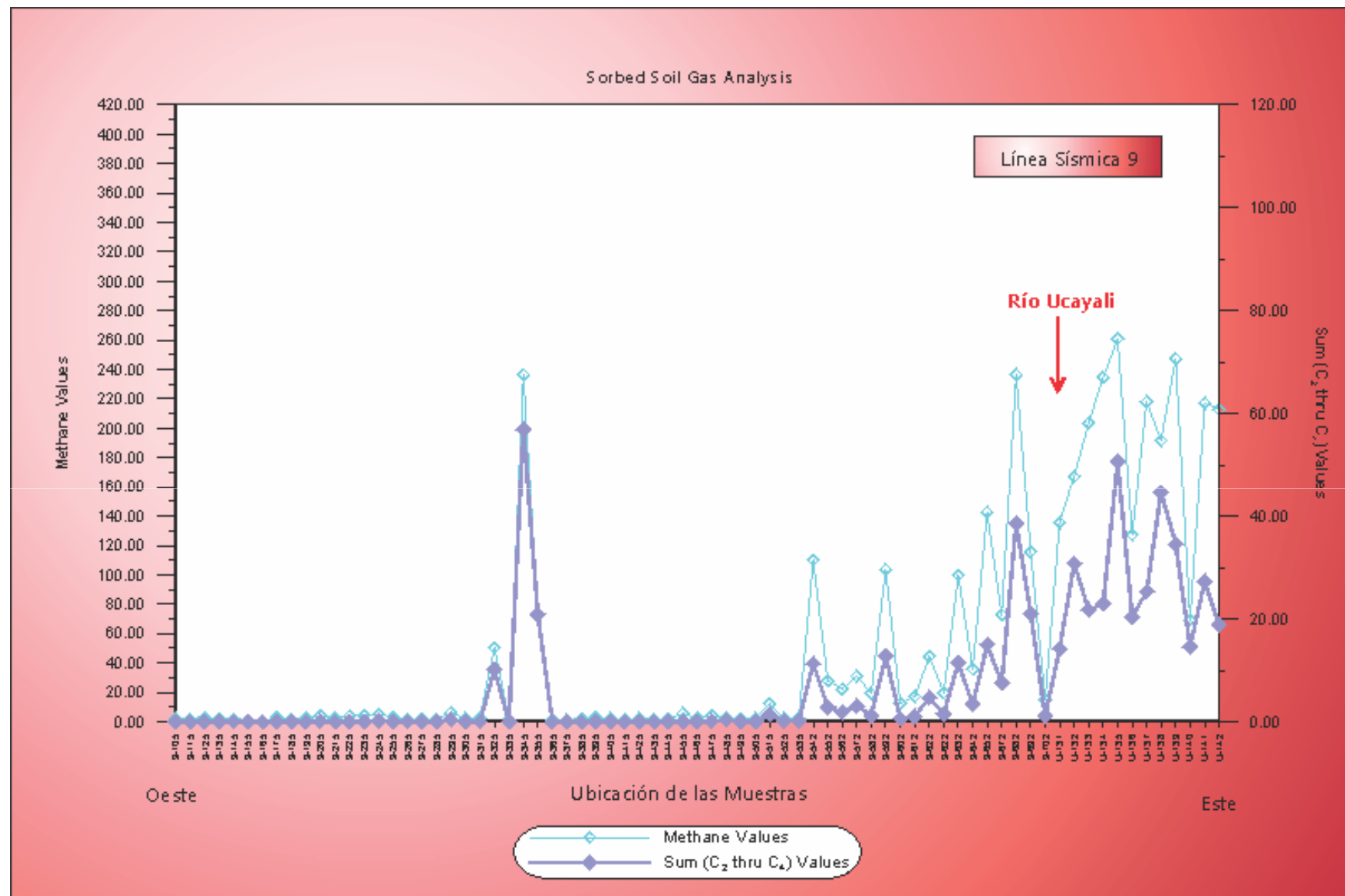


Figura 23: Concentración de Metano a lo largo de la Línea Sísmica 9

## 7.4 Planos Geoquímicos

### 7.4.1 Valores Microbiales:

En el Mapa de Valores Microbiales (**Plano N° 3**), los valores altos han sido designados con los colores rojo, naranja y amarillo. Para este y para los mapas subsiguientes, la información ha sido tratada como representación de dos diferentes grupos de datos (Muestras U y Muestras UN), las cuales han sido clasificadas según su respectivo valor de threshold.

La información planteada en el Mapa de Valores Microbiales Suavizados (**Plano N° 4**) representan la información estadísticamente suavizada, cada valor representa el promedio ponderado entre el valor de la locación actual y las locaciones adyacentes. Este suavizado reduce las perturbaciones entre muestras y realza en mayor medida las anomalías a detectar.

**Tabla 7: Asignación de Colores para ANOMALIA MICROBIAL (Muestras U)**

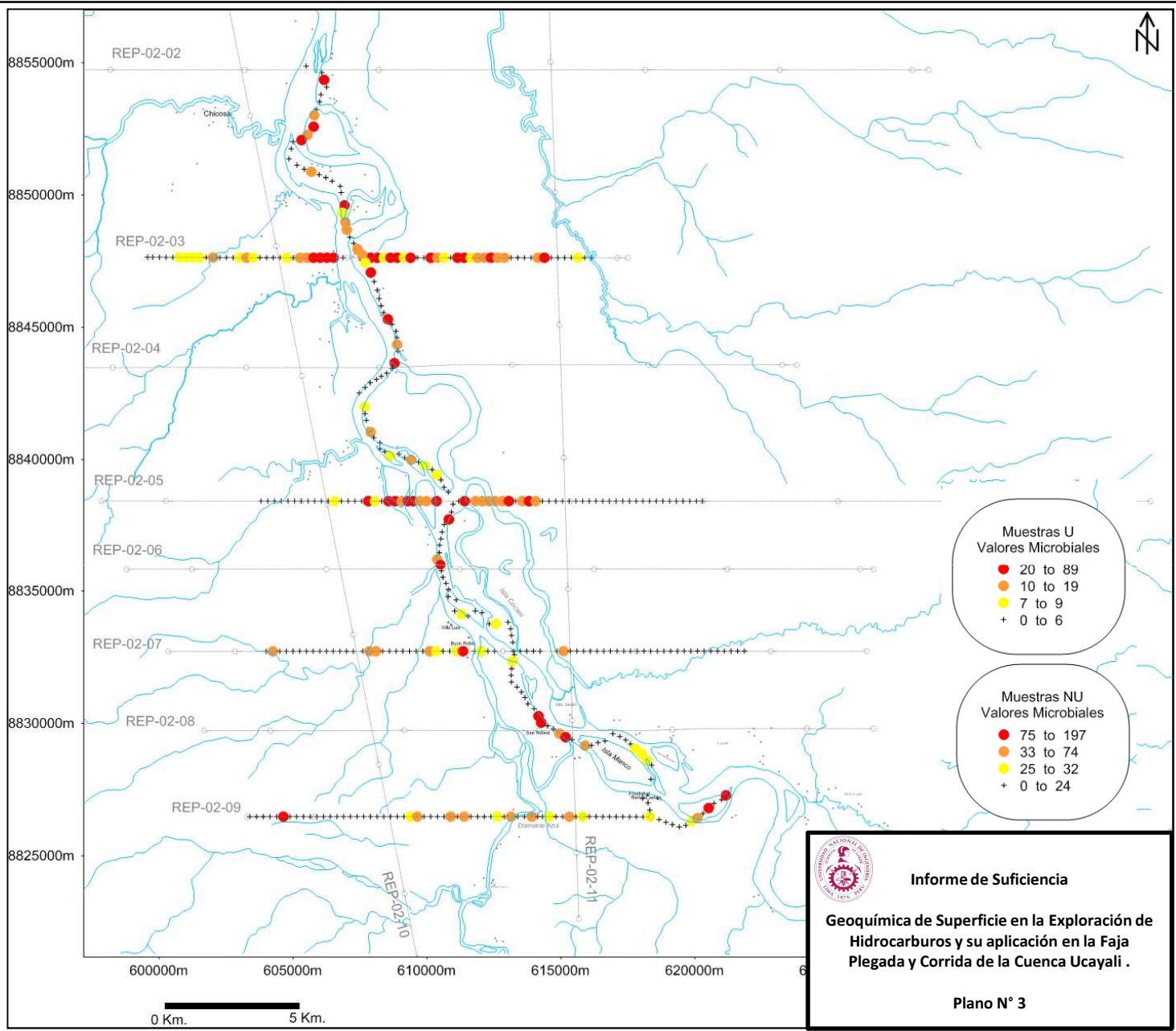
**Threshold = 9**

Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	Valores Microbiales
Rojo	14	9.9	20-89
Naranja	14	9.9	10-19
Amarillo	13	9.2	7-9
Sin Color	101	71.1	0-6

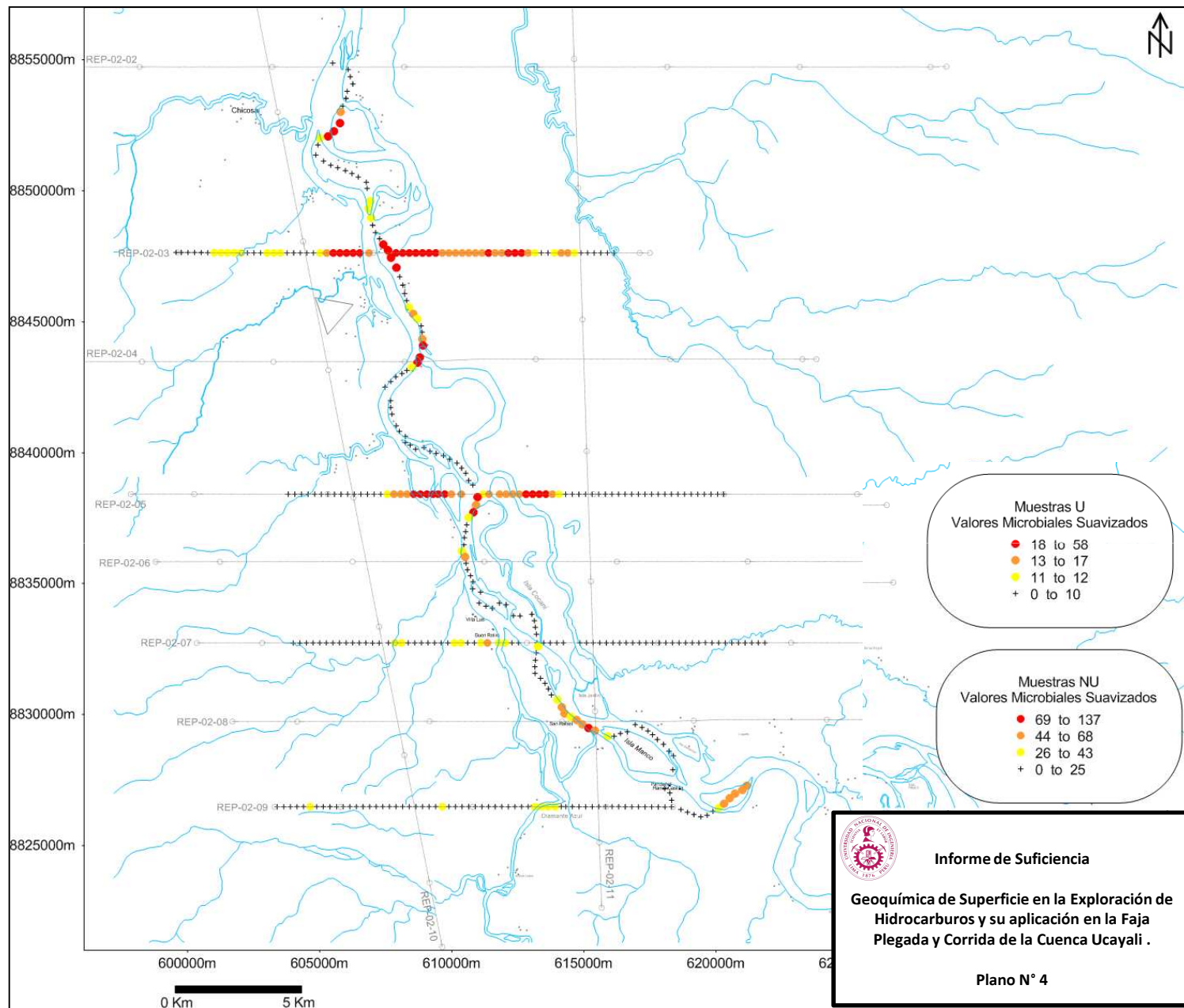
**Tabla 8: Asignación de Colores para ANOMALIA MICROBIAL (Muestras NU)**

**Threshold = 32**

Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	Valores Microbiales
Rojo	26	9.6	75-197
Naranja	27	10.0	33-74
Amarillo	28	10.4	25-32
Sin Color	189	70.3	0-24



**Plano N°3 : Plano Geoquímico de Anomalías de Valor Microbial**



**Plano N°4 : Plano Geoquímico de Anomalías de Valores Microbiales Suavizados**

#### 7.4.2 Gases Ligeros:

El **Plano 5** muestra la Concentración de Metano Adsorbido por el suelo a lo largo de la zona de interés. Para este y para los mapas subsecuentes, la información ha sido tratada como la representación de dos poblaciones distintas (Muestras U y Muestras NU) y cada población ha sido ploteada usando sus respectivos valores de threshold.

La información representada en el Mapa de Concentración de Metano Suavizado (**Plano 6**), muestra los datos de concentración de metano suavizado; cada valor de muestra representa el promedio ponderado entre dicha locación y las adyacentes. Como se dijo anteriormente, este proceso permite reducir las perturbaciones en el mapa y realza significativamente las anomalías objetivo. El **Plano 7** representa las Concentraciones de Etano hasta Butano en el área de estudio.

Los **Planos 8 y 9** ilustran la variación en la composición del Gas Adsorbido por el suelo, en el área de interés. La proporción de metano se presenta en el **Plano 8**, y la variación del ratio Metano/Etano en el **Plano 9**. Los datos considerados para estos mapas son los que presentan concentraciones de metano mayores a 10 ppm. Valores menores provocan valores erráticos e irreales en el ratio Metano/Etano.

**Tabla 9: Asignación de Colores para ANOMALIA EN GAS METANO  
(Muestras U)**

**Threshold = 242**

Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	Metano ppm
Rojo	14	9.9	242-312
Naranja	16	11.3	213-242
Amarillo	14	9.9	190-213
Sin Color	98	69.5	0-190

**Tabla 10: Asignación de Colores para ANOMALIA EN GAS METANO**

**(Muestras NU)**

**Threshold = 16**

Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	Metano ppm
Rojo	28	10.4	106-410
Naranja	26	9.6	16-106
Amarillo	27	10.0	5.6-16
Sin Color	189	70.0	0-5.6

**Tabla 11: Asignación de Colores para ANOMALIA EN GASES C2-C4**

**(Muestras U)**

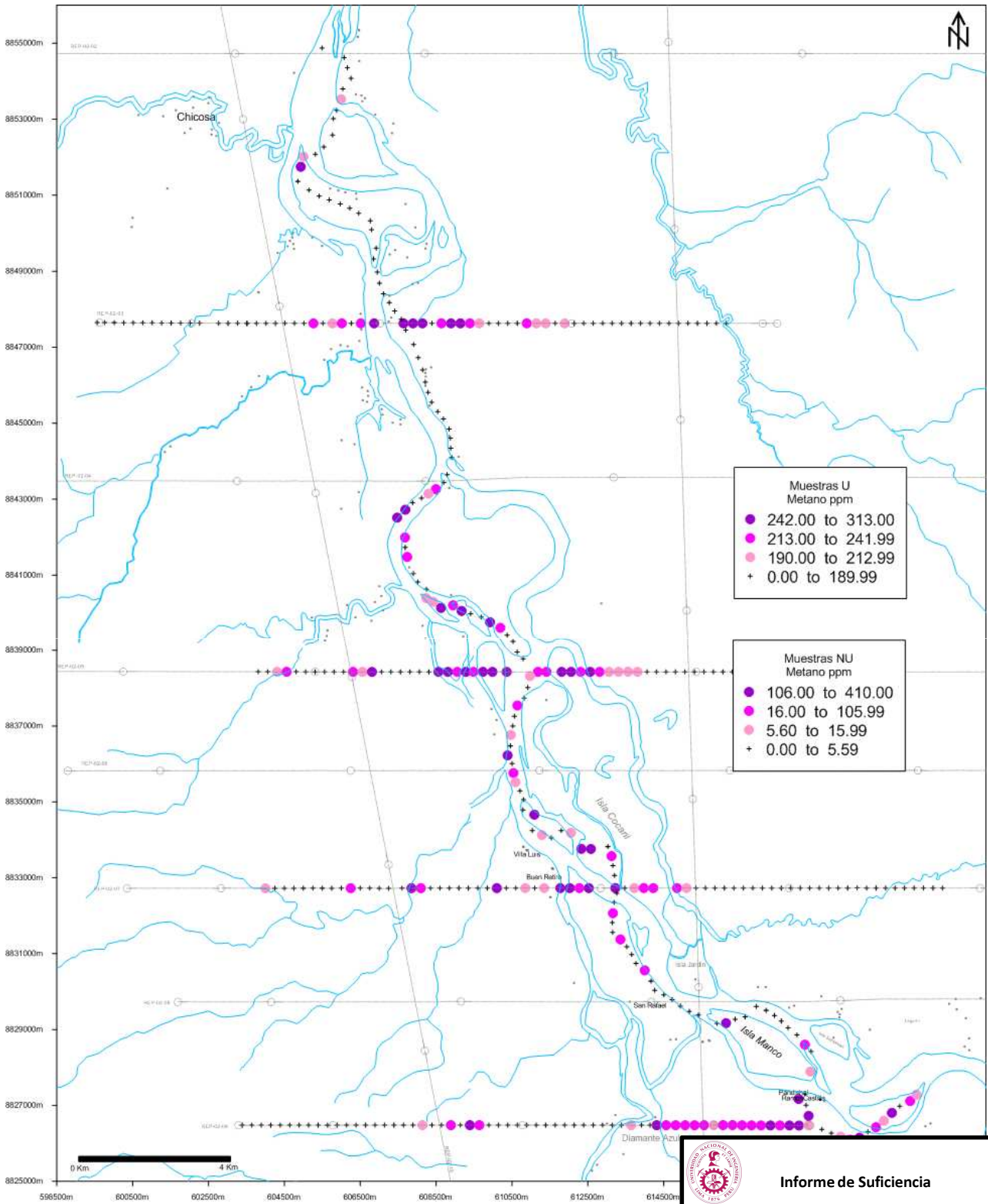
Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	C2-C4 ppm
Rojo	14	9.9	34.8-51
Naranja	14	9.9	31.5-34.8
Amarillo	13	9.2	29.6-31.4
Sin Color	101	71.1	0-29.5


**Tabla 12: Asignación de Colores para ANOMALIA EN GASES C2-C4**

**(Muestras NU)**

Color Mapa	Número de muestras	% de Muestras	C2-C4 ppm
Rojo	26	9.6	15-101
Naranja	29	10.7	1.9-14.9
Amarillo	26	9.6	0.2-1.9
Sin Color	189	70.0	0-.19

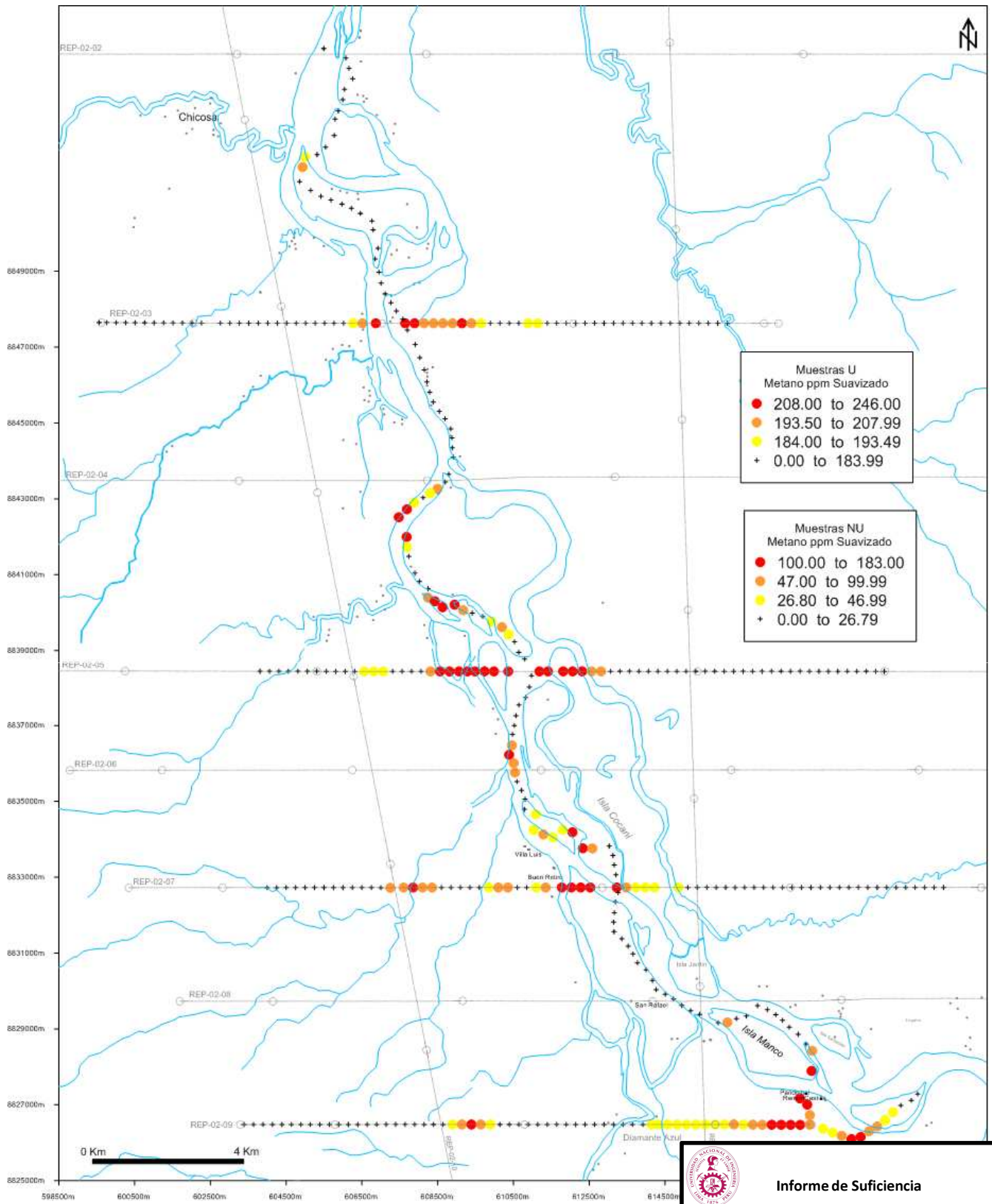





 **Informe de Suficiencia**  
**Geoquímica de Superficie en la Exploración de Hidrocarburos y su aplicación en la Faja Plegada y Corrida de la Cuenca Ucaiyali .**  
**Plano N° 5**

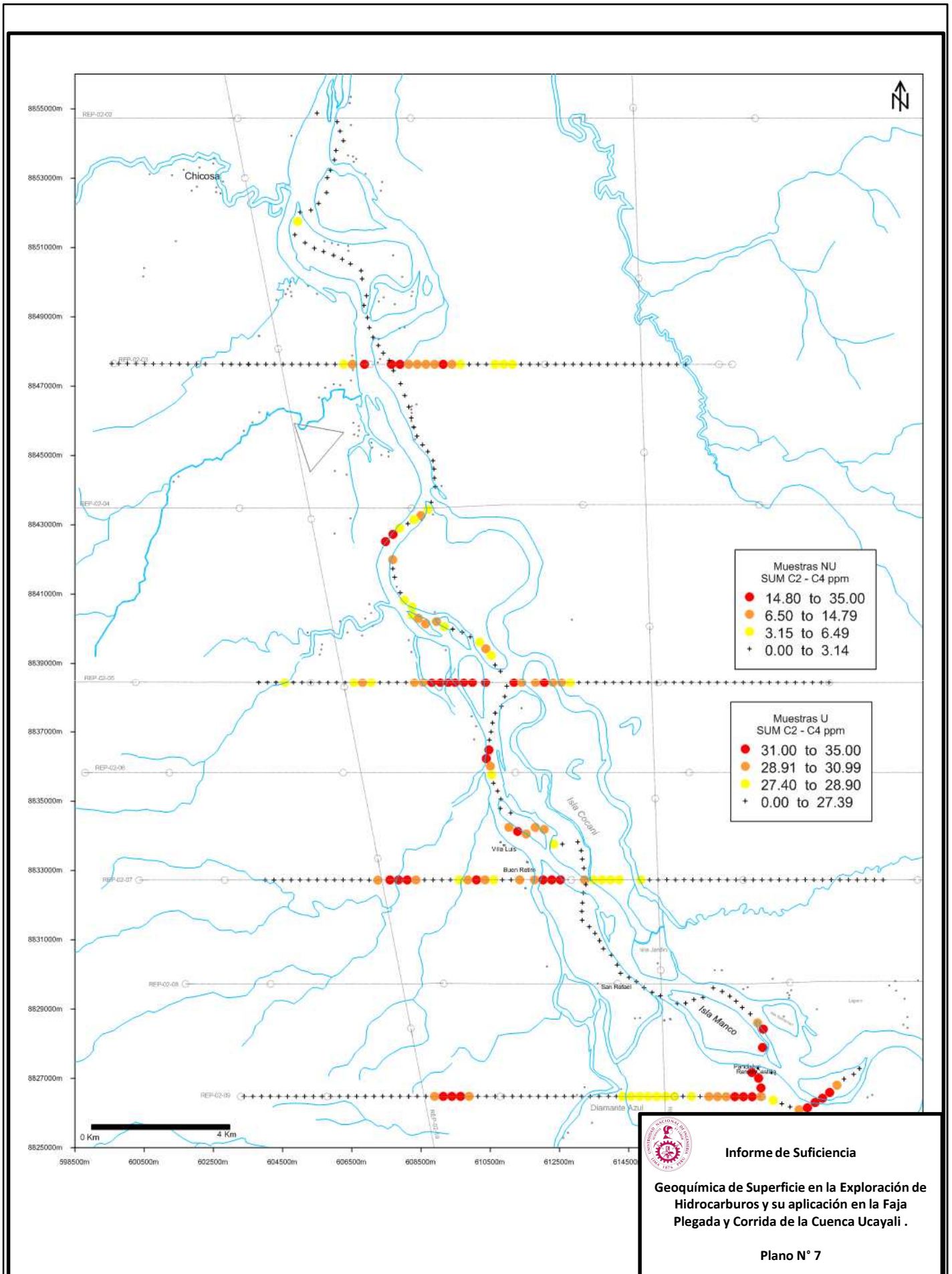
**Plano N°5: Plano de Concentración de Metano en Suelo**



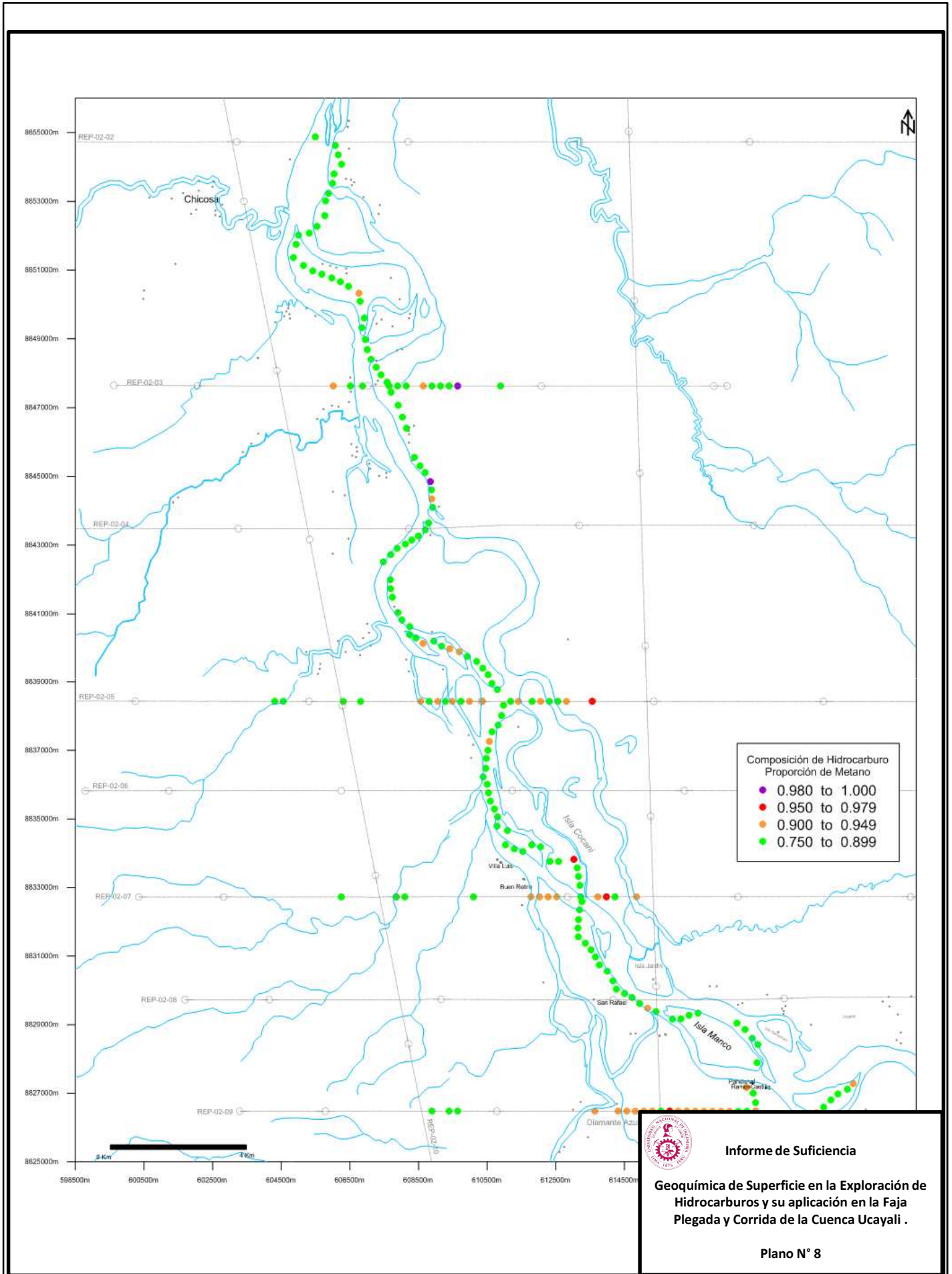


 **Informe de Suficiencia**  
**Geoquímica de Superficie en la Exploración de Hidrocarburos y su aplicación en la Faja Plegada y Corrida de la Cuenca Ucayali .**  
**Plano N° 6**

**Plano N°6 : Plano de Concentración de Metano en Sue lo, valores suavizados**

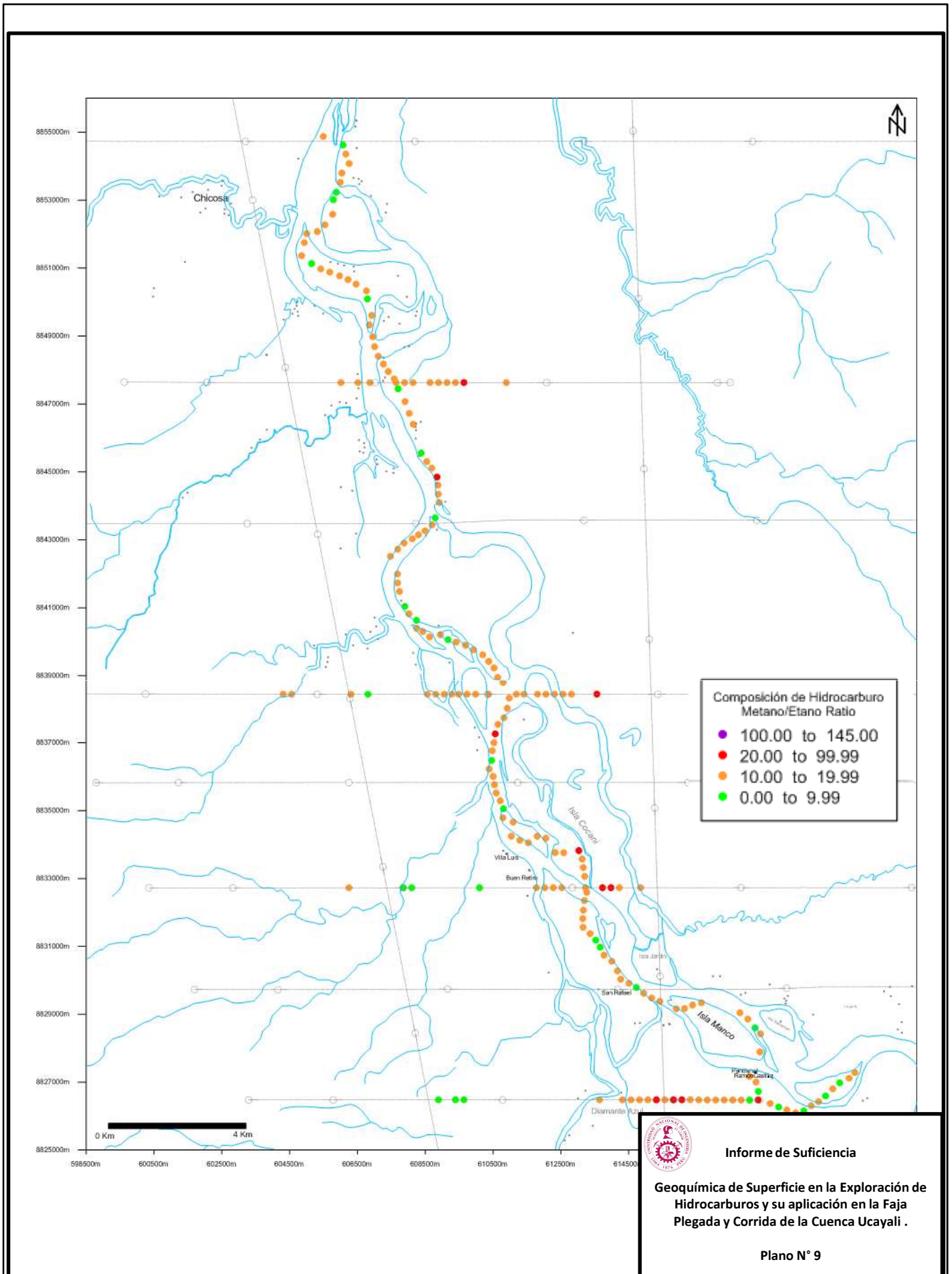


**Plano N°7 : Plano de Concentración de C2 a C4 en Su elo.**



**Plano N°8 : Plano de Proporción de Metano en gas de l suelo.**





**Plano N°9 : Plano de Ratios Metano/Etano del Gas en suelo.**

## **8. INTEPRETACION DE LOS PLANOS GEOQUIMICOS**

Las anomalías de valores microbiales y de gas adsorbido por suelo representan el final de la migración de hidrocarburo. El incremento de microfiltraciones basadas en estas anomalías, pueden reflejar la migración de hidrocarburo desde una acumulación en subsuelo ó de la fuga de hidrocarburo a través de una falla ó fracturas comunicantes. El grupo de muestras con valores altos puede indicar la ubicación de algún rasgo estructural ó estratigráfico que está controlando la migración en el área de estudio. Si la migración en el área de estudio es preponderantemente vertical, las anomalías estarían indicando directamente una acumulación de hidrocarburos en el subsuelo. Por otro lado, si la trampa en subsuelo no coincide con una anomalía positiva de gas adsorbido ó valores microbiales, se podría inferir que la trampa no está cargada con hidrocarburos. Si el marco estructural y estratigráfico en el área de estudio provocan una migración lateral, como estratos permeables inclinados ó discordancias, la interpretación será más complicada, ya que las anomalías de valor microbial ó de gas adsorbidos no está directamente sobre la trampa fuente.

Para poder determinar el estilo estructural y estratigráfico en el área de estudio nos apoyaremos en la interpretación de las líneas sísmicas, relacionando directamente las anomalías con la geología del subsuelo interpretada en la línea sísmica.

El resultado de los análisis geoquímicos documenta la presencia de importantes microfiltraciones, las cuales se relacionan con anomalías geoquímicas tanto para valores microbiales como para gas adsorbido por el suelo. A continuación se detalla lo observado por cada línea sísmica y lo observado en las muestras tomadas sobre el Río Ucayali.

- La anomalía más resaltante ocurre a lo largo del sector central de la Línea Sísmica N° 3. Esta se extiende desde 3 Km al Oeste del Río Ucayali, hasta 5 Km al Este del Río. La anomalía es bien definida por los datos de valor microbial, concentraciones de gas metano y etano-butano.
- La segunda anomalía bien desarrollada se presenta a lo largo del sector central de la Línea Sísmica N° 5, extendiéndose desde 3.5 Km al oeste del Río Ucayali hasta 3.5 Km al este del Río. Esta anomalía fue detectada tanto por valores microbiales como por concentraciones de gas metano. Sobre la misma línea, también se puede observar una pequeña anomalía en su sector oeste.

- La tercera microfiltración amerita mayor investigación ya que no está muy bien definida. Esta se encuentra a lo largo de la Línea Sísmica N° 7, extendiéndose desde 3 Km al oeste del Río Ucayali hasta 2 Km al Este del Río. Se encuentran algunos valores microbiales altos de manera discontinua y limitada hacia el lado oeste del Río, los valores anómalos para gas metano y etano-butano se manifiestan a ambos márgenes del río.
- La principal microfiltración en la Línea Sísmica 9 es mejor vista en los datos de gas adsorbido por suelo y se localiza en el margen oeste del Río Ucayali a lo largo de aproximadamente 4 Km. Los valores microbiales son generalmente bajos con algunos valores altos dispersos. La anomalía puede estar relacionada con valores anómalos encontrados sobre el Río Ucayali, bajo la misma dirección de la línea sísmica.
- Muestras geoquímicas fueron recogidas a lo largo del Río Ucayali desde 8 al norte de la Línea Sísmica N° 3 hasta 3 Km al este de la Línea Sísmica 9. Las anomalías presentes sobre el Río se localizaron (1) 6-7 Km al norte de la Línea Sísmica 3; (2) a la intersección de la Línea Sísmica 3 y el Río Ucayali; (3) pequeña anomalía a la intersección de la Línea Sísmica 5 y el Río Ucayali; (4) punto medio entre la Línea Sísmica 7 y la 9; y (5) en el borde sur del área a 3 Km al Este de la Línea Sísmica 9.

### 8.1 Plays de Exploración

Las microfiltraciones identificadas, indican áreas generales con alto potencial hidrocarburífero (**Plays**), estas áreas representan acumulaciones en subsuelo ó zonas de fuga de hidrocarburo. La correlación de las anomalías con la información geológica y geofísica disponible nos permite identificar tres “plays” con un importante potencial hidrocarburífero.(**Planos 10 y 11**)

**Play “A”** es asociada con una estructura en subsuelo con un probable cierre en 4 direcciones (**Figura 24**), el cual se extiende hasta 4 Km hacia el norte de la Línea Sísmica 3 y hasta 2 km al sur de la Línea Sísmica 4, más hacia el sur se encuentra un sinclinal con dirección E-O, el cual independiza las plays “A” y “B”.

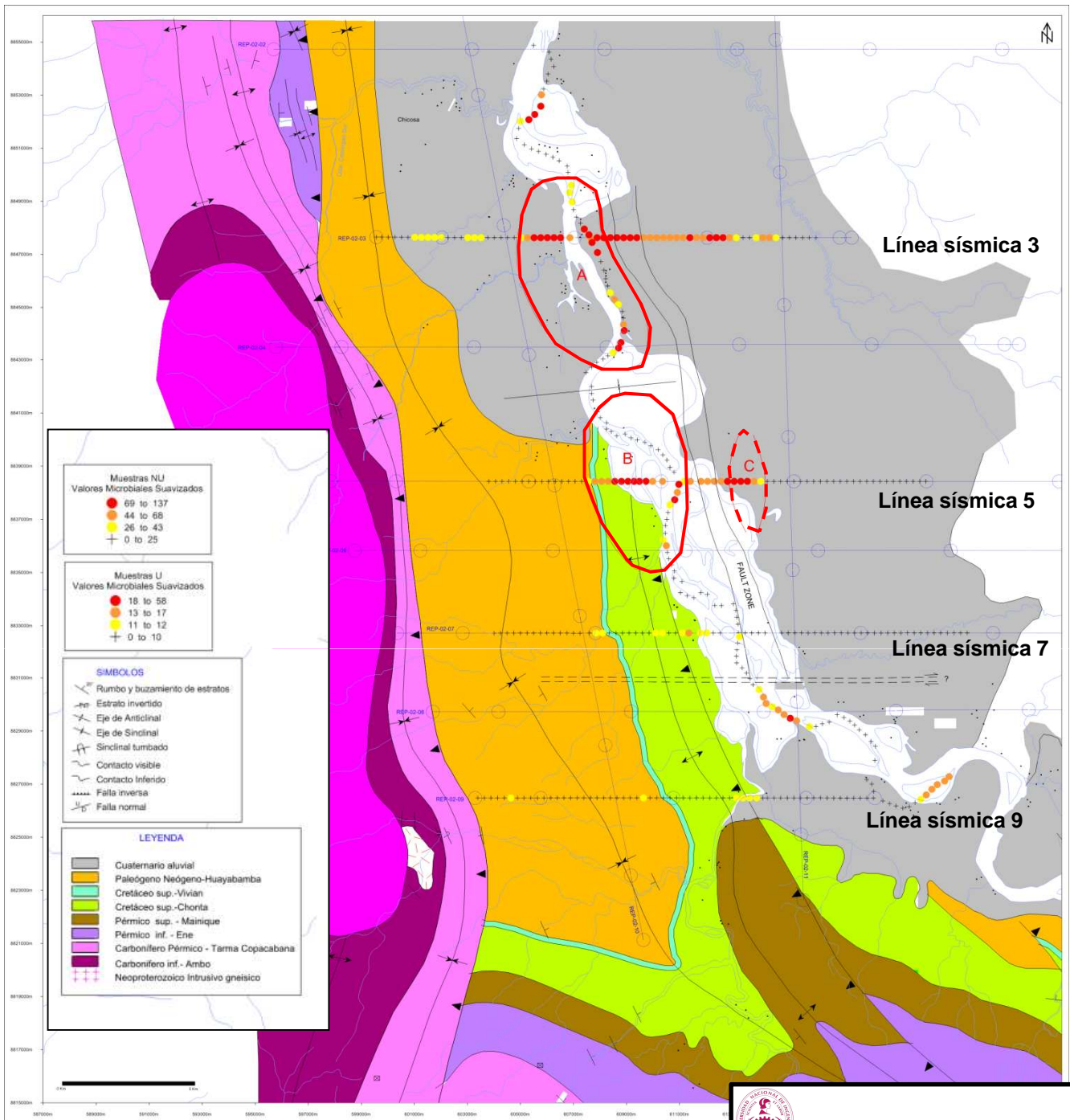
**Play “B”** es asociada con la anomalía presente en la Línea Sísmica 5 y se extiende desde 3 Km al norte de la misma hasta aproximadamente 200m al sur de la Línea

Sísmica 6 (**Figura 25**). El límite sur no está claramente definido, por lo que se recomienda un estudio en mayor detalle para definir los límites de este Play.

Hacia el Este del Play “B” existe una pequeña estructura que representa una anomalía relativamente fuerte (**Play “C”**) y cuyo potencial debe ser evaluado con una mayor cobertura de datos.

Las anomalías presentes en las Líneas sísmicas 7 y 9, están asociados con rasgos estructurales, por lo que sus valores son significativamente bajos comparando con los valores de los Plays previos (**Figuras 26 y 27**).

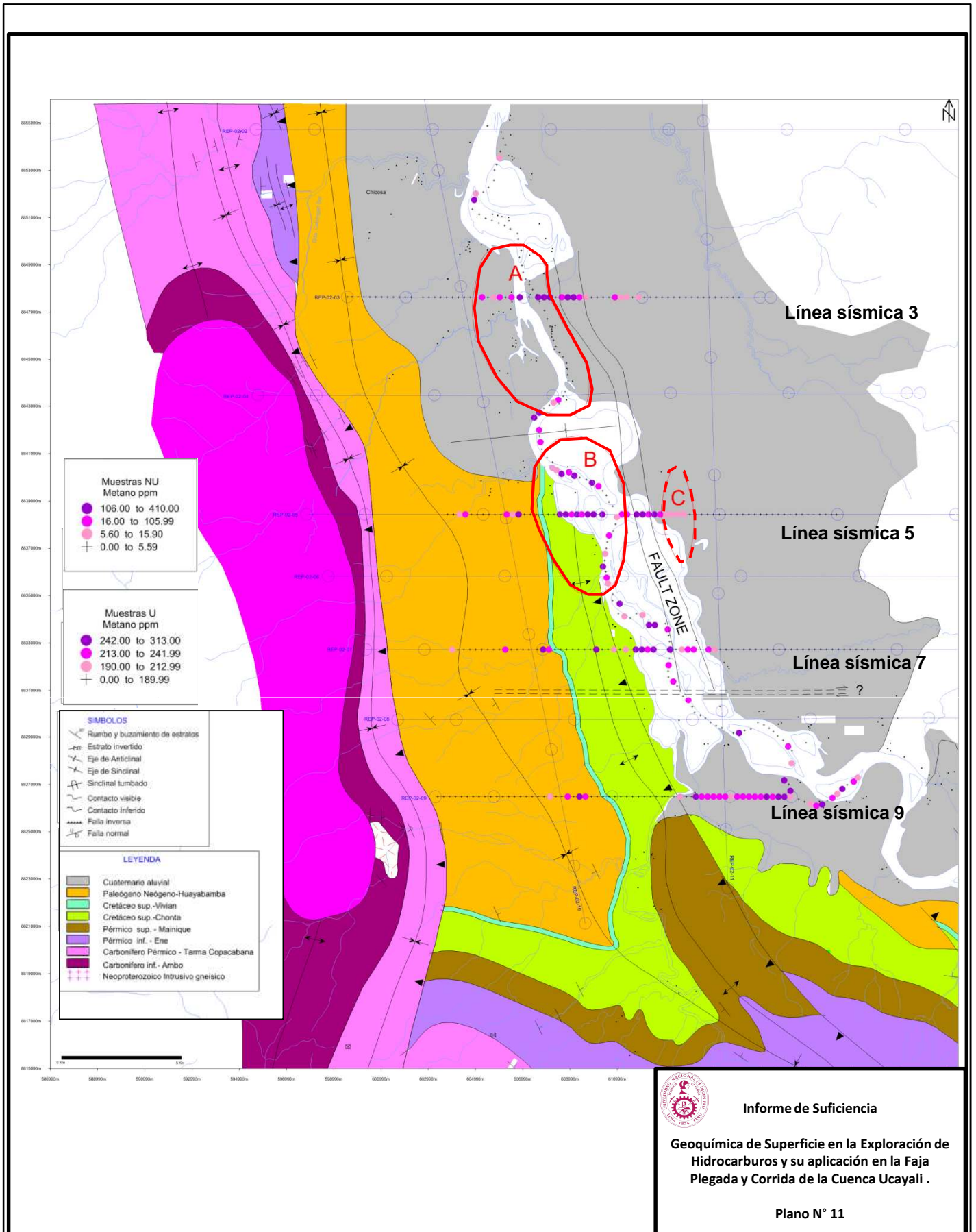
La muy buena correlación entre la información geológica y geoquímica sugiere el gran beneficio que traería hacer una grilla de muestreo mucho más detallada sobre los Plays “A” y “B”, con lo que se definirá con mayor precisión los límites del reservorio, madurando la estructura a nivel de prospecto.



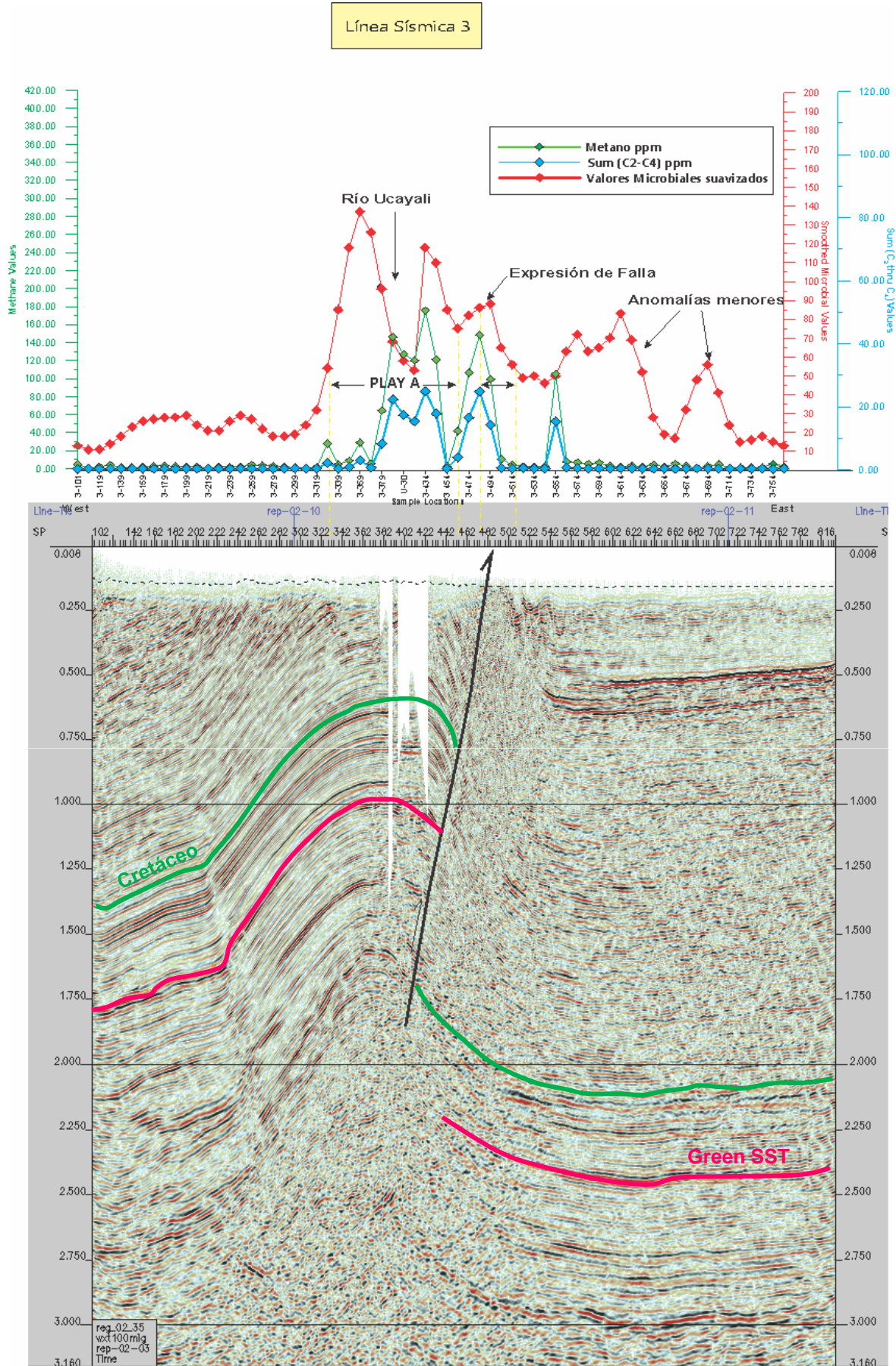
**Informe de Suficiencia**  
**Geoquímica de Superficie en la Exploración de**  
**Hidrocarburos y su aplicación en la Faja**  
**Plegada y Corrida de la Cuenca Ucayali .**  
  
**Plano N° 10**

**Plano N°10 : Plano de Valores Microbiales Suavizados integrado con la Geología del área.**





**Plano 11 : Plano de Concentraciones de Metano integrado con la geología del área**



**Figura 24 : Línea Sísmica 3, integración del análisis geoquímico.**



Línea Sísmica 5

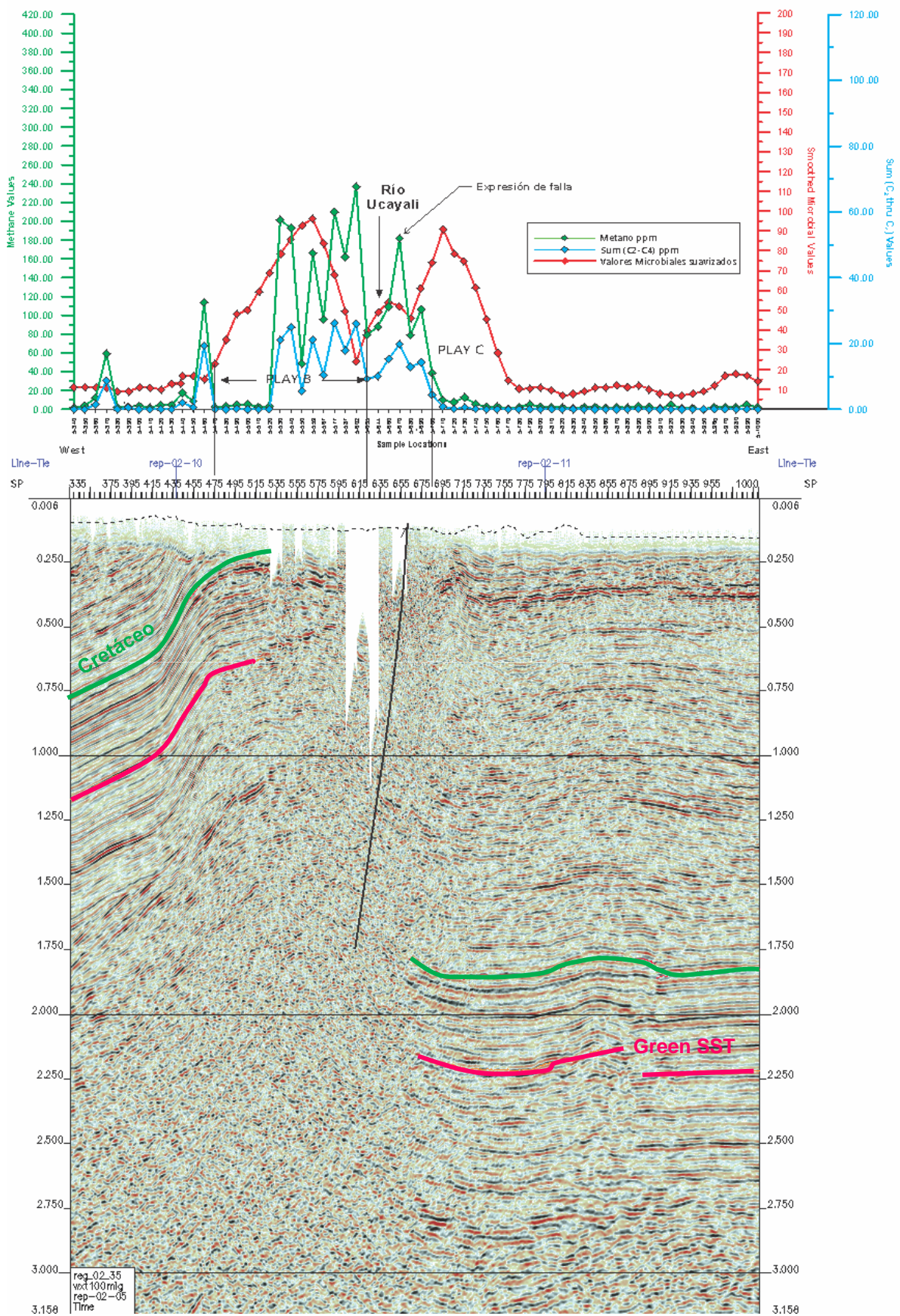


Figura 25 : Línea Sísmica 5, integración del análisis geoquímico.



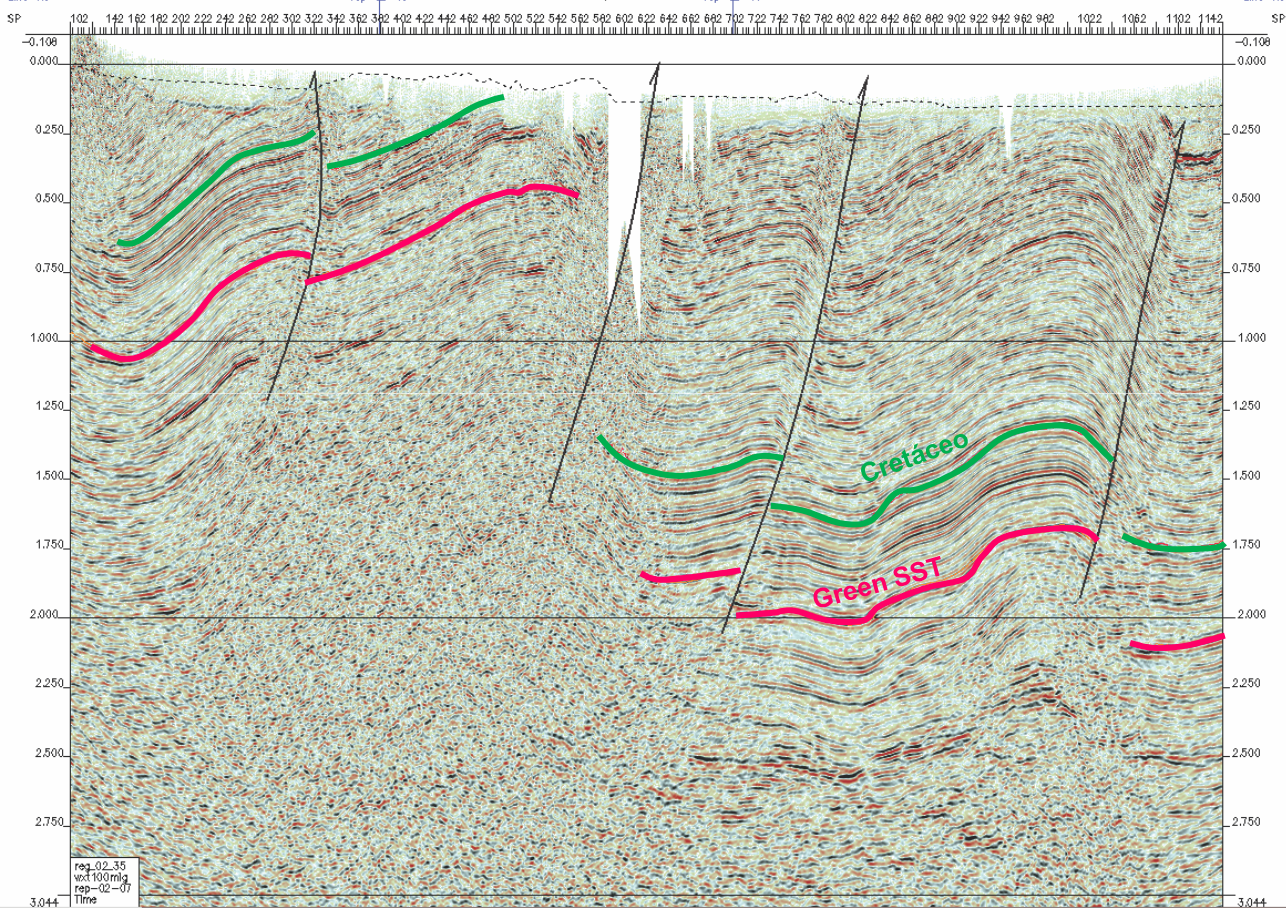
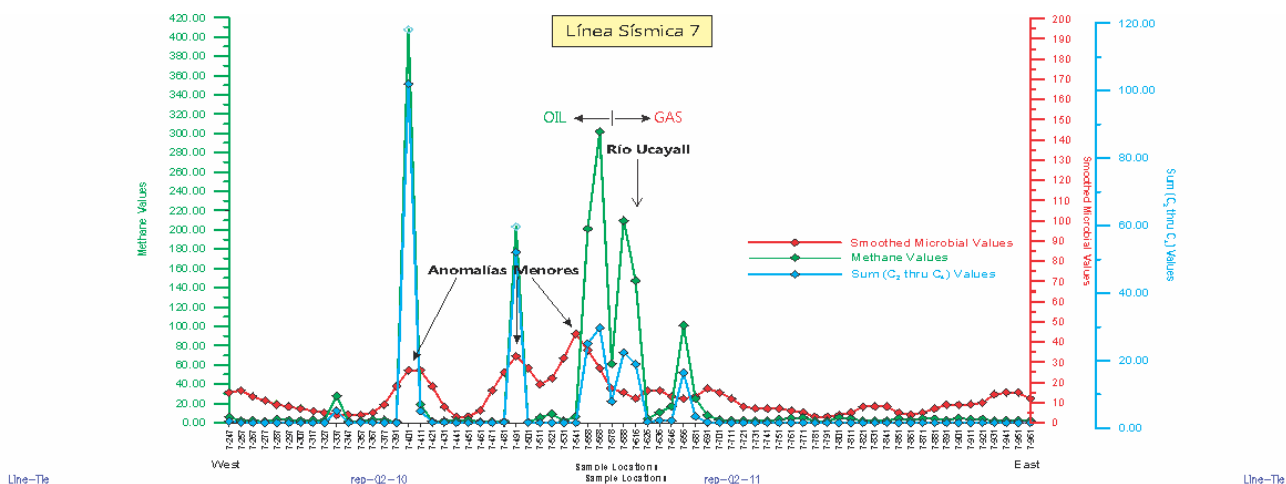
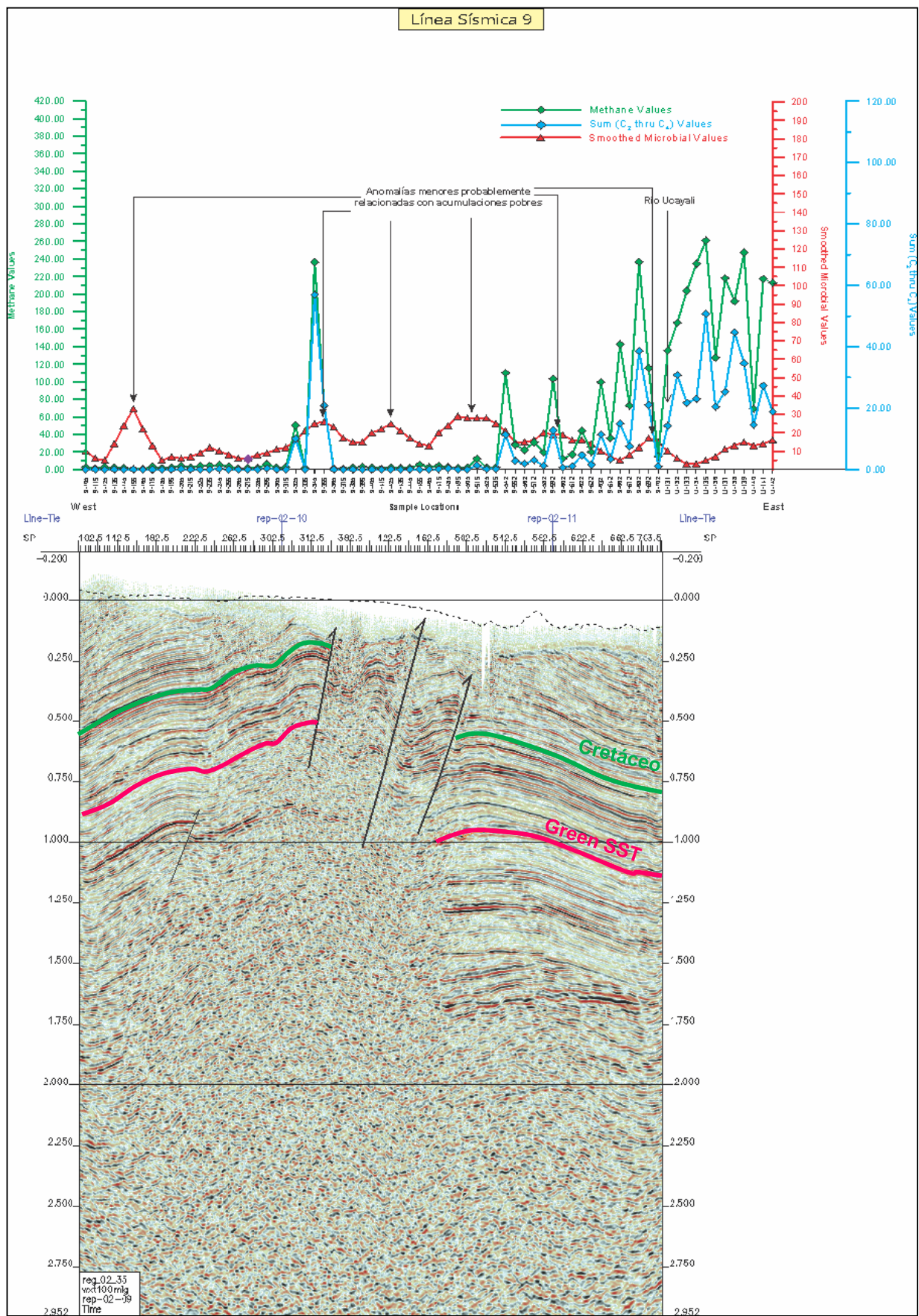


Figura 26 : Línea Sísmica 7, integración del análisis geoquímico.





**Figura 27 : Línea Sísmica 9, integración del análisis geoquímico.**

## 8.2 Interpretación sobre la Composición y Origen de Volátiles

Genéticamente, los hidrocarburos encontrados cerca a la superficie pueden ser producidos por actividad bacteriana, termogénica, diagenética ó tienen un origen combinado. Estos pueden ser generados en sedimentos superficiales y suelos, ó generados a grandes profundidades y asociados con generación de petróleo y gas. Adicionalmente, la mezcla de suelos, mineralogía, y actividad microbiana puede afectar de manera variada sobre los métodos de prospección de gas adsorbido por suelos. Consecuentemente, las características geoquímicas originales pueden haberse modificado, debido a los procesos ocurridos en superficie. A pesar de sus diversos orígenes y las posibles modificaciones en composición, los estudios geoquímicos realizados y las campañas de prospección geoquímica documentan que la composición de los gases encontrados en los suelos, reflejan de alguna manera, la composición del hidrocarburo fuente, en el subsuelo (Jones and Drozd, 1983; Klusman, 1993).

Se tiene una serie de ratios y valores en composición que nos permiten diferenciar el gas seco termogénico del biogénico. Se pueden discriminar observando los isotopos de gas y la presencia y abundancia de etano y otros hidrocarburos ligeros en el gas. El gas biogénico es 99+% metano con una muy pequeña parte de etano, propano, etc. El metano/etano ratio va de cientos a miles, mientras que en el gas termogénico típico está entre valores de 5-50. Isotópicamente, el carbono en el metano biogénico está entre -60 y -70 mientras que en el termogénico está entre -55 a -30. El ratio entre etano y etileno es  $<1$  en gas biogénico y  $>1$  en gas termogénico. El ratio de isobutano/normal butano tiende a  $>1$  en gas biogénico y  $<1$  en gas termogénico. Estos son algunos de los criterios disponibles para discriminar gas biogénico y termogénico, y el mismo criterio será aplicable para gases en suelo.

La composición de los hidrocarburos migrados (ó acumulados en subsuelos) pueden ser inferidos de ratios en hidrocarburos ligeros y gráficos XY seleccionados para tal fin. Jones and Drozd (1983) publicaron algunos ratios empíricos para gas en suelos, basados en miles de mediciones realizadas en diferentes áreas en Estados Unidos y Canada. Estos ratios son útiles para establecer las diferencias entre una posible acumulación de petróleo, petróleo/gas ó gas.

En la Tabla N° 13 se muestran los ratios promedio obtenidos en las muestras colectadas con valores anómalos en concentración de metano y etano-butano.

**Tabla 13: Ratios de Hidrocarburos Ligeros**

	<u>C1/C2</u>	<u>C1/C3</u>	<u>C1/C4</u>	<u>C1/(C1-C4)</u>	<u>C2/C3</u>
<b>OIL</b>	<b>4-10</b>	<b>10-20</b>	<b>15-40</b>	<b>0.55-0.75</b>	<b>1.0-2.5</b>
<b>O/G, COND</b>	<b>10-20</b>	<b>20-50</b>	<b>40-100</b>	<b>0.75-0.95</b>	<b>2.5-4.0</b>
<b>THERMAL GAS</b>	<b>20-50</b>	<b>50-100</b>	<b>100-200</b>	<b>0.95-1.00</b>	<b>4-6</b>
<b>BIOGENIC GAS</b>	<b>&gt;100</b>	<b>&gt;&gt;100</b>	<b>&gt;&gt;200</b>	<b>0.99-1.00</b>	<b>&gt;6.0</b>
<i>LN 3; 329-359</i>	<i>18.0</i>	<i>70</i>	<i>138</i>	<i>0.93</i>	<i>3.8</i>
<i>LN 3; 379-554</i>	<i>12.7</i>	<i>28</i>	<i>44</i>	<i>0.88</i>	<i>2.4</i>
<i>LN 5; 360-370</i>	<i>12.1</i>	<i>33</i>	<i>49</i>	<i>0.88</i>	<i>2.8</i>
<i>LN 5; 440-460</i>	<i>14.9</i>	<i>41</i>	<i>49</i>	<i>0.89</i>	<i>2.8</i>
<i>LN 5; 530-700</i>	<i>13.9</i>	<i>33</i>	<i>53</i>	<i>0.90</i>	<i>2.5</i>
<i>LN 7; 491-616</i>	<i>14.2</i>	<i>36</i>	<i>54</i>	<i>0.90</i>	<i>2.6</i>
<i>LN 7; 626-681</i>	<i>24.2</i>	<i>78</i>	<i>104</i>	<i>0.93</i>	<i>3.1</i>
<i>LN 9; 325-365</i>	<i>6.8</i>	<i>19</i>	<i>28</i>	<i>0.81</i>	<i>2.8</i>
<i>LN 9; 535-572</i>	<i>16.5</i>	<i>51</i>	<i>87</i>	<i>0.85</i>	<i>3.0</i>
<i>LN U; 8-13</i>	<i>11.3</i>	<i>26</i>	<i>39</i>	<i>0.86</i>	<i>2.3</i>
<i>LN U; 23-32</i>	<i>11.6</i>	<i>27</i>	<i>41</i>	<i>0.87</i>	<i>2.3</i>
<i>LN U; 108-115</i>	<i>12.3</i>	<i>28</i>	<i>41</i>	<i>0.87</i>	<i>2.3</i>
<i>LN U; 127-138</i>	<i>12.3</i>	<i>28</i>	<i>41</i>	<i>0.87</i>	<i>2.4</i>

Como es evidente en la Tabla 13 y en los **Planos 8 y 9**, el gas adsorbido por suelo confirma que los gases son termogénicos y provienen de una fuente de acumulación de hidrocarburo predominantemente con petróleo y gas/condensados. Muestras con bajas concentraciones de gas, son indicativos de los valores “background” y no son representativos de los hidrocarburos migrados que pueden ser asociados con acumulaciones en el subsuelo.

## 9. CONCLUSIONES

Los resultados de los análisis de valores microbiales y de gas adsorbido por suelo documentan la presencia de microfiltraciones de hidrocarburo, de las cuales las más fuertes se encuentran a lo largo de las Líneas Sísmicas 3 y 5. Existen también microfiltraciones un tanto difusas, como las que se presentan en las Líneas Sísmicas 7, 9 y a 3 Km al este de la Línea 9 en el río Ucayali.

Las anomalías geoquímicas encontradas se relacionan directamente con rasgos estructurales en la geología de subsuelo, determinando 3 plays de exploración en el área de estudio y bajando considerablemente el riesgo geológico sobre las trampas estructurales encontradas.

Se encontraron anomalías menores sobre la línea sísmica 7 y 9, sugiriendo un proceso de fuga de hidrocarburos desde la trampa a superficie ó acumulaciones menores cerca a superficie.

Según el análisis de ratios de hidrocarburos ligeros encontrados en suelos, se pudo determinar que el gas estaba asociado a petróleo ligero ó gas/condensado.

Las microfiltraciones identificadas en este estudio indican las áreas con mayor potencial hidrocarburífero en el área, ya que se manifiestan a través de anomalías en superficie, ya sea en valores microbiales ó concentración de gases ligeros en el suelo.

El uso de la Geoquímica de Superficie en la Selva Amazónica es completamente aplicable, debido a su bajo costo y a su bajo impacto sobre el medio ambiente. Así también, refuerza la configuración de prospectos disminuyendo considerablemente el riesgo geológico sobre estos.



## **10. RECOMENDACIONES**

Se recomienda analizar las anomalías geoquímicas, ya sean grandes ó pequeñas, mediante una cuidadosa correlación con toda la información geológica y geofísica disponible, con el fin de evaluar adecuadamente el significado exploratorio de una microfiltración determinada.

Basados en el resultado de esta campaña geoquímica y de la muy buena correlación entre la información geológica y geoquímica, se recomienda realizar un trabajo detallado sobre los Plays “A” y “B”, reduciendo el espaciamiento entre estación de muestreo y focalizando el cubrimiento sobre estas áreas. Este trabajo podría proveer mapas más precisos y se podría delimitar de mejor manera la extensión de los Plays.

Se recomienda considerar un análisis adicional a las muestras de suelo para obtener datos de carbono isotópico, así también, estudio de fluorescencia y cromatografía, con el fin de caracterizar de manera más precisa la composición del hidrocarburo almacenado.

## 11. BIBLIOGRAFIA

GIL RODRIGUEZ, W. F.(2002).- Evolución Lateral de la Deformación de un Frente Orogénico: Ejemplos de las Cuencas Subandinas entre 0° y 16° Sur.

JONES, V. T. & DROZD, R. J. (1983).- Prediction of Oil and Gas Potential by Near-Surface Geochemistry. AAPG Bulletin. V. 67 N. 6, pp. 932-952.

MEGARD, F. (1973).- Estudio Geológico de los Andes del Perú Central. Inst. Geol. Min. Y Met. Bol N° 8 Serie D. Estudios Especiales.

PALACIOS, O. (1980).- El Grupo Pucará en la Región Subandina (Perú Central). Boletín de la Sociedad Geológica del Perú, 67, p. 153-162.

PARSEP (2002).- Ucayali & Ene Basin, Technical Report.

SCHOELL, M. (1983).- Genetic characterization of natural gas: AAPG Bull, v. 67, pp. 2225-2228.

SCHUMACHER, D. & ABRAMS, M. A. (1996).- Hydrocarbon Migration and Its Near-Surface Expression: AAPG Memoir 66, pp. 445.

SCHUMACHER, D. (2000).- Surface Geochemical Exploration for oil and gas: New life for and old technology. The Leading Edge Journal, March 2000, pp. 258-261.

TANKARD A. (2001) Serie A: Carta Geologica Nacional, INGEMMET Bulletin No. 56, 1995. "Tectonic Framework of Basin Evolution in Peru".

WILSON J. J. & REYES L. (1964).- Cretaceous Stratigraphy in Central Andes of Peru. AAPG. Bulletin, 47, pp. 1-34.