



UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES

TESINA

Previa a la obtención del Título de Ingeniero Geólogo

TEMA:

CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, ESTRUCTURAL Y
MINERALÓGICA DE LA FORMACIÓN TIYUYACU, EN EL CAMPO
SACHA (CUENCA ORIENTE)

Elaborado por:

Richard Guillermo Vásconez García

Consejera Académica:

Ing. Rita Andrade D.

Guayaquil – Ecuador
2016

© Derechos de autor
Richard Guillermo Vásquez García

2016

UNIVERSIDAD DE GUAYAQUIL
FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES
ESCUELA DE CIENCIAS GEOLÓGICAS Y AMBIENTALES

CALIFICACIÓN QUE OTORGA EL TRIBUNAL QUE RECIBE LA SUSTENTACIÓN Y
DEFENSA DEL TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN: TESINA DENOMINADA:

**“CARACTERIZACIÓN GEOLÓGICA, ESTRUCTURAL Y MINERALÓGICA DE
LA FORMACIÓN TIYUYACU EN EL CAMPO SACHA (CUENCA ORIENTE)”.**

AUTOR: RICHARD GUILLERMO VÁSCONEZ GARCÍA

PREVIO A OBTENER EL TÍTULO DE **INGENIERO GEOLÓGO**

MIEMBROS DEL TRIBUNAL

CALIFICACIÓN (Número y Letra)

Ing. Glgo. Víctor Hugo Narváez Baquerizo, M.Sc.

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. Honorio Morán Coello.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

Ing. Glgo. Alfredo Noboa Cárdenas.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

SUSTENTACIÓN Y DEFENSA DE TRABAJO INDIVIDUAL DE TITULACIÓN
REALIZADA EN EL AUDITÓRIUM DE LA FACULTAD, EL DÍA _____

LO CERTIFICO.

Abg. Jorge Solórzano Cabezas
SECRETARIO DE LA FACULTAD

AGRADECIMIENTO

A mi padre y hermanos por estar a mi lado en los momentos más difíciles y brindarme su apoyo incondicional.

A los docentes de la Facultad de Ciencias Naturales de la Universidad de Guayaquil por impartir sus conocimientos y experiencias a lo largo de mi formación académica.

A la empresa Petrokem L.S, encabezada por el Ing. Jorge Burbano y dirigida por el Ing. Ramiro Maruri, por brindarme la oportunidad de desarrollarme profesionalmente y facilitarme la información necesaria para la culminación de este trabajo.

A los Ings. Marco Tinoco y Rita Andrade, consejeros académicos, quienes fueron parte fundamental para la realización y culminación de este trabajo.

Al Ing. Honorio Morán Coello e Ing. Alfredo Noboa Cárdenas, miembros de la comisión de revisión de este trabajo, por su colaboración y aporte con detalles técnicos importantes para la presentación del mismo.

A mis amigos con quienes compartí las aulas de clase y crecimos juntos en el ámbito estudiantil y profesional.

DEDICATORIA

A la memoria de mi madre Judith García quien a pesar de su ausencia es mi modelo de vida a seguir.

A mi padre Guillermo Vásquez y mis hermanos, Amarilis, Grace y Anthony, quienes son las personas que me inspiran para seguir día a día hacia adelante.

RESUMEN

El objetivo principal consiste en caracterizar la formación Tiyuyacu (Eoceno), presente en el Campo Sacha de la Cuenca Oriente.

Para lograr el desarrollo del presente trabajo se utilizó la información de pozos perforados, los cuales aportaron con datos como registros litológicos con sus respectivos topes y bases de los miembros litológicos de la formación Tiyuyacu y coordenadas UTM de cada pozo. Con la información obtenida se realizó mapas estructurales e isópacos de la formación en estudio.

Con la descripción de los ripios obtenidos en la perforación de cuatro pozos ubicados dentro del área de estudio, se pudo caracterizar de manera detallada la litología que prevalece en cada una de las formaciones haciendo énfasis especial en los miembros de la formación Tiyuyacu. Con todos los miembros definidos se elaboró columnas litológicas para su posterior correlación.

Con la información recopilada y analizada, luego de cumplir las actividades planteadas, junto con la información bibliográfica disponible y la aplicación modificada de la metodología de Miall 1997, se determinó la sedimentología de los miembros de esta formación, donde el ambiente de depositación de los conglomerados de la formación Tiyuyacu corresponde a un ambiente fluvial de alta energía.

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I	1
1.- INTRODUCCIÓN.....	1
1.1. Ubicación	3
1.2. Antecedentes.....	5
1.3. Objetivos	7
1.4. Metodología	8
CAPÍTULO II	10
2. GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO.....	10
2.1. Generalidades	10
2.2. Formación Tena (Maestrichtiense Inferior – Paleoceno Inferior).....	12
2.3. Formación Tiyuyacu (Paleoceno Superior – Eoceno)	12
2.4. Formación Orteguzza (Eoceno Medio – Oligoceno).....	13
CAPÍTULO III	15
3. GEOLOGÍA LOCAL	15
3.1. Descripción litológica de formaciones presentes en pozos seleccionados.	16
3.1.1. Formación Hollín.	16
3.1.2. Formación Napo.	17
3.1.3. Basal Tena.	18
3.1.4. Formación Tena.....	18

3.1.5. Formación Tiyuyacu.....	19
3.1.6. Formación Orteguzza.....	19
3.1.7. Indiferenciado (Formaciones. Chalcana, Arajuno, Curaray, Chambira, Mesa, Mera).....	19
3.2. Descripción litológica por intervalos de la formación Tiyuyacu (Resumen Master Log).....	21
3.3. Descripción litológica a detalle de la formación Tiyuyacu.....	24
3.4. Correlación estratigráfica de la formación Tiyuyacu y sus miembros.	30
CAPÍTULO IV	41
4. SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN TIYUYACU	41
4.1. Descripción de Campo.....	45
4.1.1. Conglomerado Inferior Tiyuyacu.....	45
4.1.2. Conglomerado Superior Tiyuyacu	46
BIBLIOGRAFÍA.....	54
ANEXOS	55

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Mapa de ubicación del campo Sacha	4
Figura 1. 2. Mapa de ubicación del área de estudio dentro del campo Sacha....	5
Figura 2. 1. Mapa de la Cuenca Oriente	11
Figura 2.2. Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Oriente.....	14
Figura 3. 1. Sección sísmica SS-2 mostrando el anticlinal Sacha Profundo	¡Error! Marcador no definido.
Figura 3. 2. Columna estratigráfica local (sin escala) del campo Sacha.....	20
Figura 3. 3. Ubicación de los pozos a correlacionar dentro del área propuesta.	30
Figura 3. 4. Correlación de la formación Tiyuyacu, tope y base del conglomerado superior.	33
Figura 3. 5. Correlación de la formación Tiyuyacu, tope y base del conglomerado inferior.	34
Figura 3. 6. Leyenda litológica.	35
Figura 3. 7. Mapa estructural tope formación Tiyuyacu.	36
Figura 3. 8. Mapa estructural tope conglomerado superior Tiyuyacu.....	37
Figura 3. 9. Mapa estructural tope conglomerado inferior Tiyuyacu.....	38
Figura 3. 10. Mapa de isópacas del miembro conglomerado superior Tiyuyacu	39
Figura 3. 11. Mapa de isópacas del miembro conglomerado inferior Tiyuyacu.	40
Figura 4. 1. Nomenclaturas de las litofacies en los ambientes fluviales.....	43
Figura 4. 2. Nomenclaturas de los elementos arquitecturales de los ambientes fluviales	44

Figura 4. 3. Afloramiento conglomerado inferior mostrando buzamiento aparente hacia el este.....	46
Figura 4. 4. Ubicación de los afloramientos descritos y de la falla regional cubierta.	47
Figura 4. 5. Afloramiento conglomerado superior, donde se aprecia las secuencias granodecrescentes.....	48
Figura 4. 6. Secuencias de conglomerados presentes en el afloramiento.	49
Figura 4. 7. Estratificación cruzada con dirección hacia el SE.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Datos de pozos utilizados con topes de la formación Tiyuyacu	55
Tabla 2. Datos de pozos utilizados con topes del conglomerado superior Tiyuyacu.....	56
Tabla 3. Datos de pozos utilizados con topes del conglomerado inferior Tiyuyacu.....	57

ABREVIATURAS Y SIGLAS

Cm	Centímetro.
DA	Barra de acreción longitudinal.
E	Este.
ft	Pies.
Gp	Conglomerado con estratificación plana.
Gt	Conglomerado con estratificación cruzada.
Km	Kilómetros.
MD	Distancia medida.
N	Norte
TVD	Distancia vertical verdadera.
WGS84	Sistema Geodésico Mundial 1984. Son las siglas en inglés de World Geodetic System 84

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo resulta de la caracterización geológica, estructural y de rípos de perforación obtenidos del Campo Sacha, ubicado en la Cuenca Oriente.

Este documento está enfocado en la descripción de los diferentes miembros que forman parte de la formación Tiyuyacu. Se han determinado los topos y bases litológicos de 32 pozos (ver tabla 1.1) dentro del área de estudio del Campo Sacha, con la ayuda de los rípos de perforación. Se realizó la descripción litológica de 4 pozos seleccionados dentro del mismo campo, debido a que los mismos están ubicados de tal manera que cubren de norte a sur el área de trabajo.

Los datos obtenidos de estos 32 pozos, sirvieron para realizar los mapas estructurales y mapas de isópacas de cada miembro de la formación Tiyuyacu. En cambio para la correlación estratigráfica, se utilizó los 4 pozos seleccionados, estos pozos son: Sacha 445D, Sacha 278D, Sacha 422D y Sacha 387D.

Para la interpretación geológica, se necesitó realizar una descripción de las litofacies observadas en un afloramiento de la formación Tiyuyacu, ubicado en las siguientes coordenadas 189281E y 9880295N, Datum: WGS 84, en la provincia de Napo, para compararlas posteriormente con las ya descritas por

Christophoul *et al.*, en el capítulo correspondiente a la “Dinámica de la cuenca Oriente desde el Paleógeno”.

El trabajo se lo ha dividido en 4 capítulos:

En el capítulo I se define la ubicación del área de estudio, antecedentes, objetivos y metodología.

El capítulo II hace referencia de manera general a la geología regional del área de estudio.

En el capítulo III se detalla las características mineralógicas de todas las formaciones, los mapas estructurales y de isópacas de los miembros de la formación Tiyuyacu, así también la correlación de los estos.

El capítulo IV explica brevemente la sedimentología de esta formación, su ambiente sedimentario de depositación, descripción de las litofacies. Además se realiza comparaciones entre lo observado en el afloramiento, con las interpretaciones realizadas anteriormente por otros autores.

Tabla 1.1. Lista de pozos utilizados para realizar el trabajo

SACHA 216 D	SACHA 278 D	SACHA 423 D	SACHA 441 D
SACHA 220 D	SACHA 282 D	SACHA 480 D	SACHA 442 D
SACHA 257 D	SACHA 283 D	SACHA 481 D	SACHA 443 D
SACHA 258 D	SACHA 286 D	SACHA 290 V	SACHA 444 D
SACHA 267 D	SACHA 287 D	SACHA 291 D	SACHA 445 D
SACHA 268 D	SACHA 332 D	SACHA 381 D	SACHA 446 D
SACHA 276 D	SACHA 421 D	SACHA 387 D	SACHA 447 D
SACHA 277 D	SACHA 422 D	SACHA 440 V	SACHA 448 D

Realizado por autor

1.1. Ubicación

El Campo Sacha se localiza en el nororiente ecuatoriano en la provincia de Orellana. Está limitado hacia el norte por los campos, Palo Rojo, Eno, Ron y Vista. Al sur por el campo Culebra-Yulebra. Al este por los campos Shushufindi y Aguarico, hacia el oeste por los campos Pucuna y Paraíso.

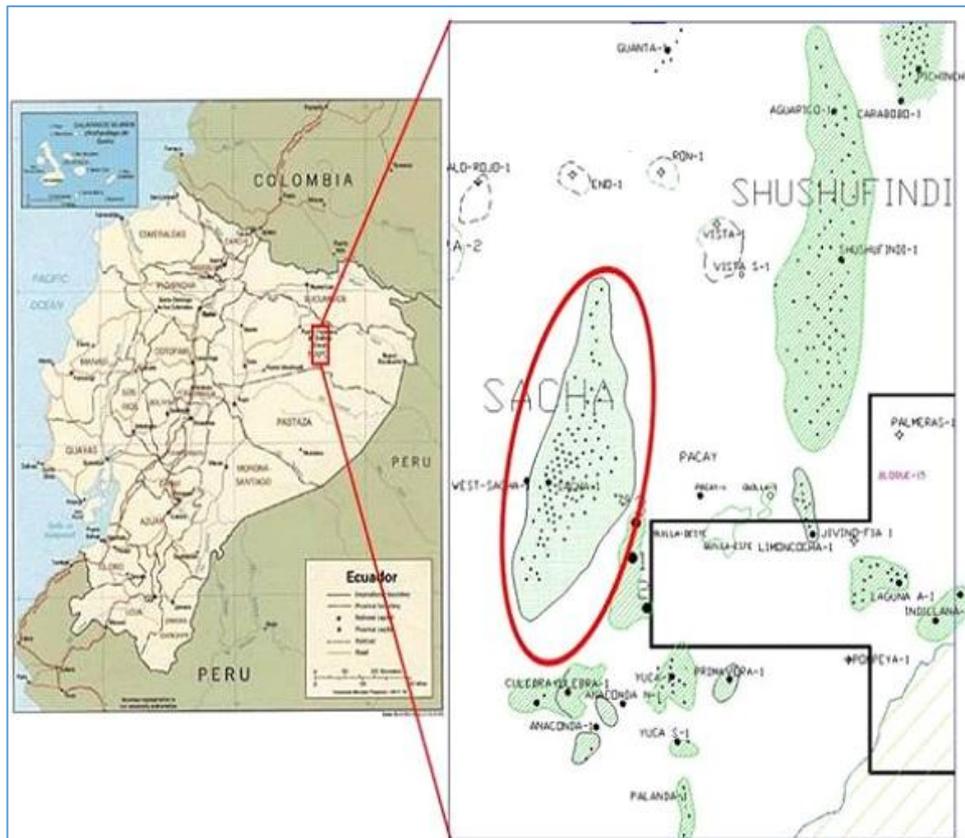


Figura 1. 1. Mapa de ubicación del campo Sacha
Fuente: Petroamazonas EP

El área de estudio está ubicado dentro del Campo Sacha, la misma que fue delimitada por vértices con las siguientes coordenadas:

PUNTOS	Coordenadas UTM. Datum: WGS 84	
	X	Y
1	288540.00	9950840.00
2	298022.00	9950840.00
3	298022.00	9982275.00
4	288540.00	9982275.00

Fuente: Datos tomados por autor.



Figura 1. 2. Mapa de ubicación del área de estudio dentro del campo Sacha
Fuente: Google Earth.

1.2. Antecedentes

La Cuenca Oriente representa una de las cuencas subandinas más complejas tanto desde el punto de vista científico como económico. La misma posee alrededor de 30000 millones de barriles de petróleo acumulados en varios campos. (Baby, 2004, p. 13)

Debido a los varios procesos sedimentarios que sufrió la cuenca Oriente, se tiene una secuencia estratigráfica con cambios drásticos en su litología dentro de una misma formación geológica. Este es el caso de la formación Tiyuyacu, cuyos miembros son:

- Conglomerado Superior
- Conglomerado Inferior

Baldock (1982), sugiere que se trata de una gruesa secuencia de capas rojas de edad Terciaria (Eoceno), que sobreyace a la formación Tena,

aparentemente concordante, pero con un significativo cambio de facies. La formación Tiyuyacu es una secuencia de arcillas rojas, comprendiendo conglomerados basales gruesos, sobre los cuales se depositaron areniscas con intercalaciones de lutitas rojas, verdosas y grises. (p. 22)

Todas estas litologías de la formación Tiyuyacu fueron expuestas en forma breve por otros autores, cuyo objetivo fue el estudio regional de toda la Cuenca Oriente, así como las areniscas de la formación Napo ya que es allí donde se encuentran los potenciales reservorios.

1.3. Objetivos

Objetivo General

Definir las características geológicas, estructurales y litológicas de la formación Tiyuyacu.

Objetivos Específicos

- Identificar y caracterizar los límites litológicos de la formación Tiyuyacu, utilizando los ripsos de perforación.
- Establecer la correlación de las unidades geológicas, encontradas en los diferentes pozos del Campo Sacha.
- Elaborar mapas de isópacas e interpretar los rasgos estructurales, característicos de la formación Tiyuyacu dentro del Campo Sacha.
- Identificar la génesis de la formación Tiyuyacu.

1.4. Metodología

Para el desarrollo del presente trabajo y cumpliendo los objetivos del mismo, se ha utilizado:

- ✓ Muestras de ripios de perforación obtenidos de 4 pozos seleccionados dentro del campo Sacha, con el objetivo de describir y caracterizar los ripios de las mismas: En primer lugar debemos identificar las zarandas, ya que es allí el lugar donde retornan los fluidos de perforación junto con los ripios que se generan, luego se recoge y lava la muestra obtenida y utilizando tamices de diferente tamaño de malla, separamos y despreciamos los recortes más gruesos, para analizar en el microscopio de luz reflejada los recortes más finos que nos queda.

- ✓ Datos de 32 pozos perforados dentro del campo Sacha, estos datos corresponden a registros litológicos (MasterLogs), topes formacionales (usando ripios de perforación) y coordenadas de los diferentes topes litológicos (Surveys), todo esto para la correlación y elaboración de los mapas propuestos.

- ✓ Bibliografía existente y la aplicación del método modificado de Miall (1985; 1996), para analizar los depósitos de los miembros de la formación Tiyuyacu, así como su procedencia.

Según Miall (1985, 1996), la arquitectura fluvial de una cuenca se construye siempre con una serie de elementos básicos que se combinan entre si dando distintos tipos de modelos, que dependen de la variación de los controles alocíclicos al que esté sometido el sistema.

Miall describió ocho elementos básicos, canal de acreción lateral, sedimentos de corrientes densas, barras y formas de gravas, macroformas que desarrollan caras de avalancha importantes, formas arenosas, arenas con laminación paralela y depósitos de granulometría fina de desbordamientos.

Considerando estas características descritas por Miall, se realizó una comparación con las muestras de ripios obtenidas de los pozos perforados en el campo Sacha, así como una observación y descripción de los afloramientos de la formación Tiyuyacu ubicado en la vía Napo-Puyo.

CAPÍTULO II

2. GEOLOGÍA REGIONAL DEL ÁREA DE ESTUDIO

2.1. Generalidades

El Oriente propiamente dicho comprende una cuenca terciaria de sedimentos que yacen horizontalmente con mesas y terrazas disectadas. Los ríos más importantes (Aguarico, Napo, Pastaza, Santiago) determinan las principales características morfológicas.

La compleja zona subandina comprende las estribaciones, que alcanzan hasta 2000 metros de altura formadas por el levantamiento Napo al Norte y el levantamiento Cutucú al Sur, en los que los sedimentos Mesozoicos plegados y cabalgados están expuestos (Baldock, 1982, p. 11).

Todo el Oriente en profundidad presenta un basamento de rocas cristalinas pre-cámbricas del Escudo Guyano - Brasileño, sobre el cual se depositaron los sedimentos del Paleozoico y Mesozoico inferior de la plataforma epicontinental (formaciones Pumbuiza, Macuma y Santiago). Durante varias transgresiones marinas cretácicas se depositaron finas capas de sedimentos marinos -miogeosinclinal- (formaciones Hollín, Napo y Tena) sobre una amplia cuenca de antepaís (pericratónica). La cuenca se profundiza hacia el norte y más evidentemente hacia el sur del Oriente central. En su sección oeste - este, la cuenca Oriente es asimétrica, presentando un moderado buzamiento hacia el

oeste y sur, cuyo eje actual está inmersa al sur - suroeste, donde los espesores de los sedimentos alcanzan los 1000 metros (Confield, 1982).

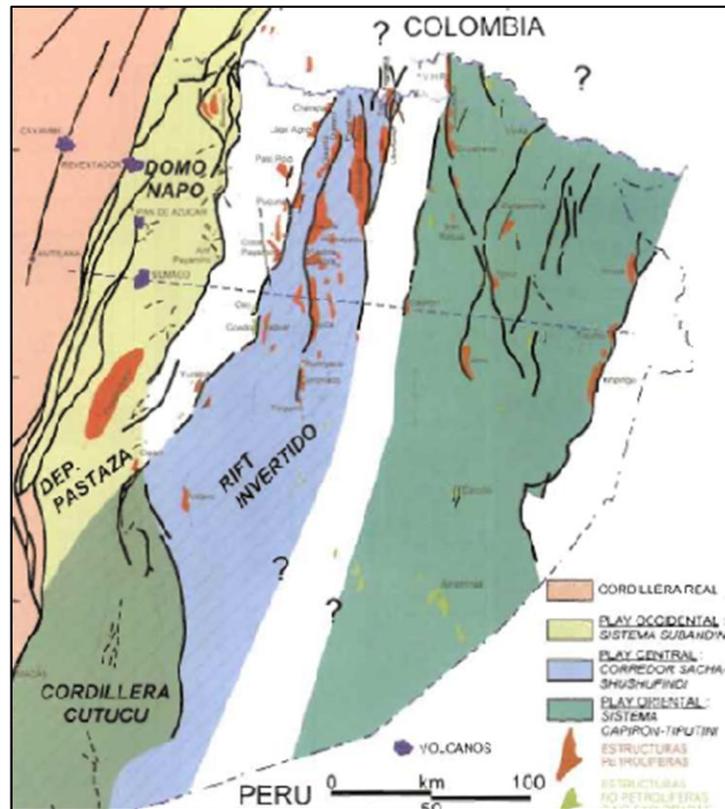


Figura 2. 1. Mapa de la Cuenca Oriente
Fuente: Cuenca Oriente Geología y Petróleo.

Las condiciones marinas en el Jurásico inferior y en el Cretácico superior, contrastan con los sedimentos del Jurásico superior, Cretácico inferior y Terciario que son fundamentalmente de agua dulce y salobre de origen continental. (Estupiñan, 2005, pp. 51-56).

2.2. Formación Tena (Maestrichtiense Inferior – Paleoceno Inferior)

Las capas rojas de Tena constituyen la cubierta normal y oblicua de la formación Napo en todo el Oriente ecuatoriano. (Bristow, 1977, p. 328).

La litología principal corresponde a arcillas abigarradas de color principalmente pardo rojo, pero variando desde rojo claro y ladrillo, hasta púrpura. Aparentemente la coloración roja ha sido acentuada en la superficie, ya que matices grises y verdosas se encuentran en partes profundas y en perforaciones. En los cortes de la carretera Tena – Puerto Napo se puede observar arcilla limosa, suave, de color gris o negro. Las arcillas a veces margosas, más frecuentemente arenosas varían desde macizas hasta laminadas. El contacto entre las formaciones Napo – Tena, es aparentemente concordante, se señala por un brusco cambio de facies que corresponde a un hiato erosional. El Hiato está confirmado por estudios micropaleontológicos. (Bristow, 1977, p. 329).

2.3. Formación Tiyuyacu (Paleoceno Superior – Eoceno)

Se encuentra sobre la formación Tena, aparentemente en concordancia, pero con un significativo cambio de facies (conglomerado basal), y una discordancia importante, evidenciada por una erosión parcial de la formación Tena Superior. La formación Tiyuyacu es una sucesión de capas rojas, comprendiendo conglomerados basales gruesos al que sobreyacen areniscas con intercalaciones de lutitas rojas, verdes y grises; cuyo espesor varía de menos de 100 metros a más de 250 metros. Bristow, 1977, p. 331.

2.4. Formación Orteguzza (Eoceno Medio – Oligoceno)

Yace sobre la formación Tiyuyacu y se encuentra debajo de los sedimentos continentales de la formación Chalcana. Comprende una secuencia de lutitas grises con areniscas limosas con glauconita y estratificación cruzada, indicando así un posible ambiente costero. Entre la formación Tiyuyacu Superior y la formación Orteguzza existe un fuerte reflector sísmico, el mismo que marca el paso de ambiente continental a marino. (Almeida, 2010, p. 11).

La edad de esta formación de origen marino somero es atribuida al Eoceno Medio – Oligoceno (Labogeo, 1995). Su potencia es de aproximadamente de 49 metros en el sistema Subandino, pero en algunos pozos en la cuenca Oriente alcanzan hasta 250 metros (Estupiñan, 2005, p. 63).

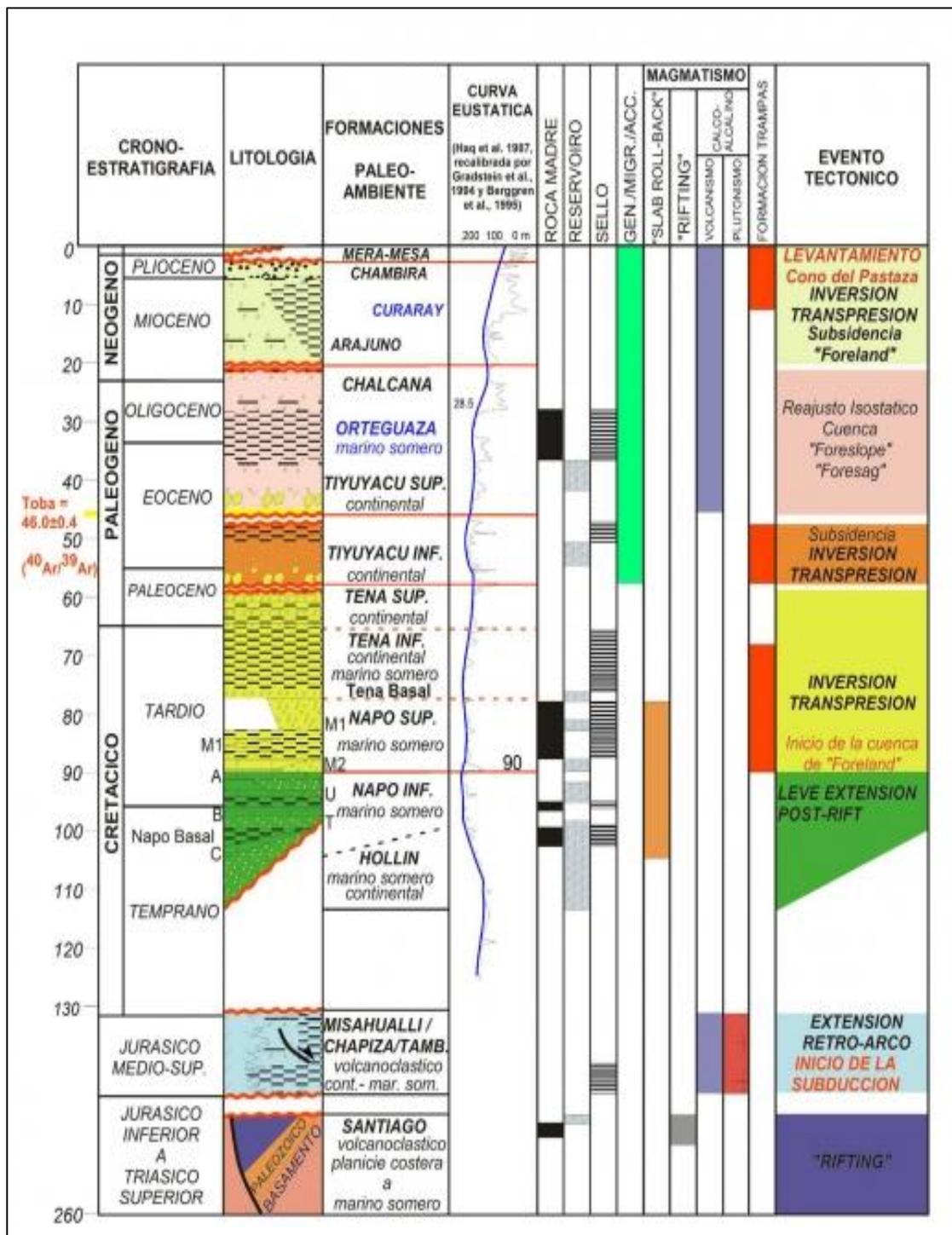


Figura 2.2. Columna estratigráfica generalizada de la Cuenca Oriente
Fuente: Baby, p. 18

CAPÍTULO III

3. GEOLOGÍA LOCAL

Introducción

El Campo Sacha es un anticlinal de dirección NNE – SSO. Se localiza en el flanco occidental del corredor Sacha – Shushufindi. Bajo la estructura Sacha de edad Cretácica se desarrolló el anticlinal “Sacha Profundo”, de una posible edad Jurásico Inferior – Tardío a Medio, que plegó los depósitos Paleozoicos (formaciones Pumbuiza y Macuma) y Triásico – Jurásico de la formación Sacha. (Rivadeneira M., 2014, p. 248)

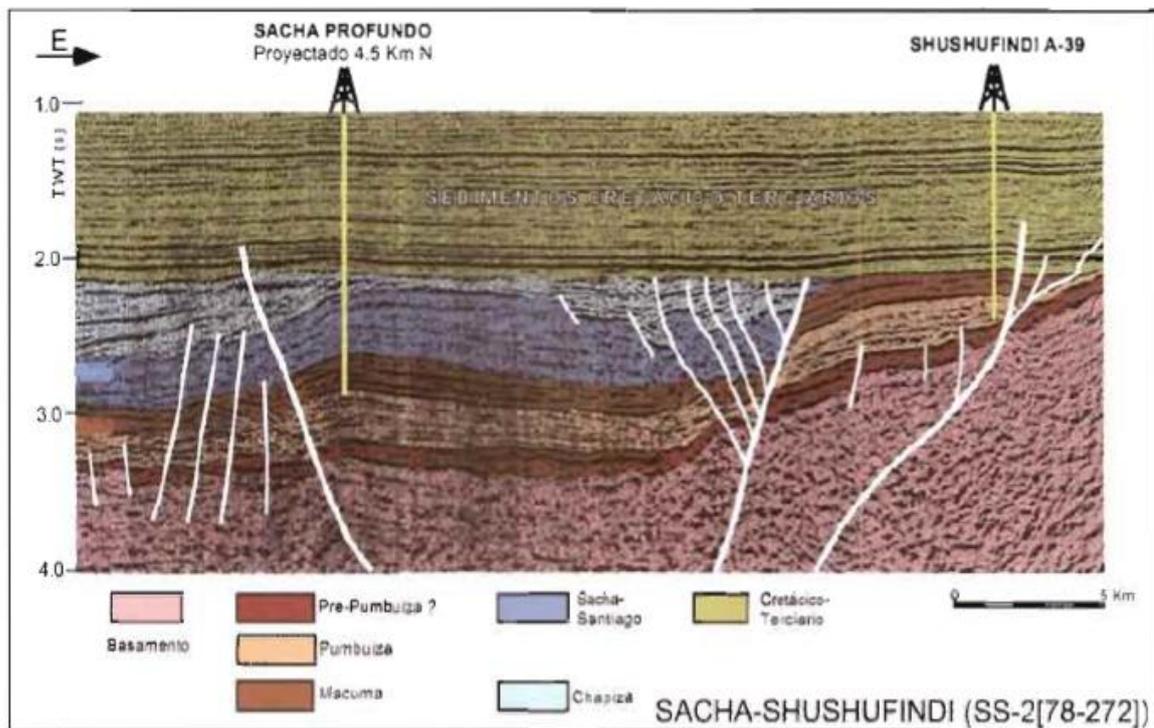


Figura 3. 1. Sección sísmica SS-2 mostrando el anticlinal Sacha Profundo

Fuente: Díaz., 1999

3.1. Descripción litológica de formaciones presentes en pozos seleccionados.

Utilizando los 4 pozos seleccionados (Sacha 445D, Sacha 278D, Sacha 422D, Sacha 387D), se realizó la descripción litológica detallada de las muestras de ripios obtenidas mediante la perforación de los pozos.

Debido a que los pozos seleccionados están distribuidos a lo largo del área estudiada, al realizar una comparación de su litología se evidencia que no existe una significativa variación. Resumiendo sus principales características litológicas de la siguiente manera, con énfasis en la formación Tiyuyacu.

3.1.1. Formación Hollín.

La formación Hollín está compuesta principalmente por areniscas intercaladas con pequeños niveles de lutitas y calizas, un cuerpo de caolín en la parte media inferior. Las areniscas de esta formación constituyen objetivos secundarios en cuanto a reservorios de petróleo en este campo. Se divide en:

Hollín Inferior.

Este nivel estratigráfico está comprendido por un cuerpo de arenisca intercalada con lutita y caolinita.

Hollín Superior.

Este miembro está formado por areniscas glauconíticas intercaladas con pequeños niveles de lutitas y finas capas de caliza hacia el tope.

3.1.2. Formación Napo.

La Formación Napo está conformada por una secuencia intercalada de lutitas, areniscas y calizas. Las areniscas de esta formación son reservas primarias y secundarias de petróleo.

Dentro de esta formación observamos los siguientes miembros:

Caliza "C".

Está formado por un cuerpo de caliza con finas intercalaciones de Lutita.

Arenisca "T" inferior.

Este miembro está compuesto por areniscas, intercaladas con lutitas, calizas y caolín en la parte inferior.

Arenisca "T" superior.

Compuesto por areniscas glauconíticas, intercaladas con lutitas y calizas.

Caliza "B".

Este miembro está compuesto por calizas con finas intercalaciones de lutitas.

Arenisca "U" Inferior.

Formada por areniscas intercaladas con lutita, caliza y caolín. Las areniscas suelen estar asociada con caolín.

Arenisca “U” Superior.

Este miembro está formado por areniscas con intercalaciones de lutitas y calizas. Las areniscas suelen estar asociadas con glauconita.

Caliza “A”.

Esta secuencia está constituida exclusivamente por calizas con finas intercalaciones de lutitas.

Caliza “M-2”.

Formado por calizas e intercalaciones de lutitas.

Caliza “M-1”.

Este miembro está formado por calizas con intercalaciones de lutitas en todo su espesor.

3.1.3. Basal Tena.

Este intervalo lo compone principalmente un cuerpo de arenisca con intercalaciones de arcillolita, limolita, caliza y lutita.

3.1.4. Formación Tena.

Esta formación está compuesta principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita y caliza hacia la parte superior del intervalo.

3.1.5. Formación Tiyuyacu.

Está compuesta por arcillolita, con intercalaciones de limolita y pequeños niveles de arenisca. Además están presentes dos cuerpos de conglomerado: El superior, caracterizado por ser predominantemente de cuarzo y el Inferior donde predomina el chert.

Conglomerado Inferior.

Está compuesto de un cuerpo masivo de chert con intercalaciones de arcillolita.

Conglomerado Superior.

Está compuesta por conglomerado de cuarzo lechoso con finas intercalaciones de arcillolita y arenisca en la base del conglomerado.

3.1.6. Formación Orteguaza.

Este intervalo está compuesto exclusivamente de lutita, con ciertos niveles de limolita y arenisca en la parte inferior.

3.1.7. Indiferenciado (Formaciones. Chalcana, Arajuno, Curaray, Chambira, Mesa, Mera).

Compuesto de arcillolita, intercaladas con arenisca y hacia el tope de conglomerados. Además se puede observar finos lentes de carbón.

EDAD	LITOLOGÍA	FORMACIÓN	MIEMBRO
Cuaternario		INDIFERENCIADO	
Oligoceno		ORTEGUAZA	
Eoceno		TIYUYACU	Conglomerado Superior
			Base Conglomerado
			Conglomerado Inferior
Paleoceno		TENA	Tena
			Basal Tena
Cretaceo Superior		Formación Napo	Napo
			Caliza "M-1"
			Caliza "M-2"
			Base Caliza "M-2"
			Caliza "A"
			Base Caliza "A"
			Arenisca "U" Superior
			Arenisca "U" Inferior
			Base Arenisca "U" Inferior
			Caliza "B"
			Arenisca "T" Superior
			Arenisca "T" Inferior
			Base Arenisca "T" Inferior
Cretaceo Inferior		Formación Hollín	Hollín Superior
			Hollín Inferior

Figura 3. 2. Columna estratigráfica local (*sin escala*) del campo Sacha.
Fuente: Manual de descripción litológica Petrokem L.S

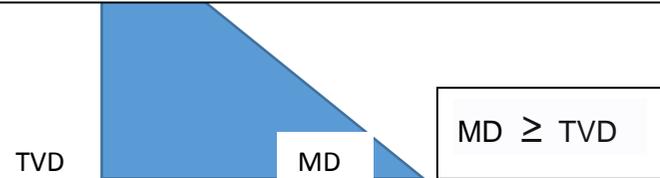
3.2. Descripción litológica por intervalos de la formación Tiyuyacu (Resumen Master Log)

	445 D	278 D	422 D	387 D
Tiyuyacu	<p>De 6627' MD hasta 6975' MD Esta sección está constituida principalmente de una secuencia de arcillolita con intercalaciones de limolita y arenisca en la parte inferior del intervalo.</p>	<p>De 6896' MD hasta 7065' MD Este intervalo está constituido principalmente de una secuencia de arcillolita con intercalaciones de limolita y arenisca en la parte inferior del intervalo.</p>	<p>De 6789' MD hasta 7020' MD Este intervalo está constituido principalmente de una secuencia de arcillolita con intercalaciones de limolita y arenisca a lo largo del intervalo.</p>	<p>De 6409 MD hasta 6609' MD Este intervalo está constituido principalmente de una secuencia de arcillolita con intercalaciones de limolita y arenisca en la parte inferior del intervalo.</p>
Conglomerado superior	<p>De 6975' MD hasta 7160' MD Esta sección está compuesta por conglomerado de cuarzo con finas intercalaciones de arcillolita y arenisca en la base del conglomerado.</p>	<p>De 7065' MD hasta 7325' MD Esta sección está compuesta de conglomerado de cuarzo con intercalaciones de arenisca y finas capas de arcillolita, se observó también finos niveles de limolita a lo largo de la sección.</p>	<p>De 7020' MD hasta 7222' MD Esta sección está compuesta de conglomerado de cuarzo con intercalaciones de arenisca y finas capas de arcillolita, además se observó intercalaciones de limolita en la parte superior del intervalo.</p>	<p>De 6609' MD hasta 6825' MD Esta sección está compuesta de conglomerado de cuarzo con intercalaciones de arenisca y finas capas de arcillolita, se observó también finos niveles de limolita hacia la parte superior del intervalo.</p>

<p align="center">Base conglomerado superior</p>	<p align="center">De 7012' MD hasta 7763' MD</p> <p>Este intervalo constituye la base del conglomerado superior el cual está compuesto principalmente por arcillolita.</p>	<p align="center">De 7325 MD hasta 8254' MD</p> <p>Este intervalo está compuesto principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita y hacia la parte inferior del intervalo se observó finos niveles de arenisca.</p>	<p align="center">De 7222' MD hasta 8217' MD</p> <p>Este intervalo está compuesto principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita.</p>	<p align="center">De 6825 MD hasta 7596' MD</p> <p>Este intervalo está compuesto principalmente por arcillolita con intercalaciones de limolita y hacia la parte inferior del intervalo se observó finos niveles de arenisca.</p>
	<p align="center">Conglomerado inferior</p>	<p align="center">De 7914' MD hasta 8110' MD</p> <p>Esta sección está compuesta de un cuerpo de conglomerado (Chert) con intercalaciones de arcillolita.</p>	<p align="center">De 8254' MD hasta 8320' MD</p> <p>Esta sección está compuesta de arcillolita intercalada con niveles de conglomerado (chert) y hacia la parte superior del intervalo se observan finos niveles de arenisca.</p>	<p align="center">De 8217' MD hasta 8340' MD</p> <p>Esta sección está compuesta por arcillolita intercalada con niveles de conglomerado (chert) y finos niveles de arenisca.</p>
		<p align="center">De 8110' MD hasta 8480' MD</p> <p>Esta sección está compuesta predominantemente de un cuerpo de conglomerado Chert.</p>	<p align="center">De 8320' MD hasta 8770' MD</p> <p>Esta sección está compuesta exclusivamente de conglomerado (chert) con finas intercalaciones de arenisca.</p>	<p align="center">De 8340' MD hasta 8750' MD</p> <p>Esta sección está compuesta exclusivamente de conglomerado (chert).</p>

	<p>De 8480' MD hasta 8574' MD Esta sección está compuesta por arcillolita con intercalaciones de conglomerado Chert y hacia la base presenta un cuerpo de conglomerado cuarzoso y areniscas.</p>	<p>De 8770' MD hasta 8873' MD Esta sección está compuesta de un conglomerado cuarzoso hacia la base del intervalo, intercalada con capas de conglomerado (chert) y finos niveles de arenisca. Hacia la parte superior del intervalo presenta arcillolita con intercalaciones de conglomerado chert y arenisca.</p>	<p>De 8750' MD hasta 8834' MD Esta sección está compuesta por arcillolita, intercalada con conglomerado (chert) y capas de arenisca, además presenta un cuerpo de conglomerado cuarzoso hacia la base con finas intercalaciones de arenisca.</p>	<p>De 8160' MD hasta 8198' MD Esta sección está compuesta de un conglomerado cuarzoso, intercalada con capas de conglomerado (chert) y finos niveles de arenisca. Hacia la parte superior del intervalo presenta un cuerpo de arcillolita con pequeñas intercalaciones de conglomerado chert.</p>
--	---	---	---	--

Nota: Debido a la metodología usada en campo para la descripción de muestras, para estos intervalos se ha utilizado datos de MD que significa "distancia medida". Para fines de correlación de pozos se debe utilizar datos en TVD "profundidad vertical verdadera". La diferencia entre MD Y TVD se debe a que al referirnos a MD estamos hablando de la longitud total que existe entre la superficie y cualquier punto en profundidad, mientras que el TVD es la longitud real vertical desde la superficie hasta el mismo punto. Por trigonometría siempre MD será mayor o igual a TVD.



3.3. Descripción litológica a detalle de la formación Tiyuyacu

Se realizó la descripción litológica detallada, únicamente para la formación Tiyuyacu y sus miembros, para lo cual se analizó los ripios de perforación obtenidos de los 4 pozos seleccionados dentro del Campo Sacha, dando como resultado lo siguiente:

POZO: Sacha 445D

INTERVALO: 6232' TVD a 6437' TVD (TIYUYACU)

- Arcillolita: Crema, gris clara, moderadamente firme a firme, irregular, terrosa, no calcárea.
- Limolita: Gris clara, gris verdosa, moderadamente firme, sub-bloque, terrosa, no calcárea, gradando a una arenisca de grano muy fino.
- Arenisca: Cuarzosa, blanca, amarillenta, subtransparente a subtranslúcida, suelta, grano fino a medio, subredondeada a subangular, moderada clasificación, matriz y cemento no visible, pobre porosidad inferida.

INTERVALO: 6437' TVD a 7275' TVD (CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado: Cuarzoso, blanco lechoso, amarillenta, gris oscuro, gris claro, negro, subtranslúcido a opaco, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.

- Arcillolita: Café rojiza, café amarillenta, crema, moderadamente firme a firme, irregular, terrosa, no calcárea.

INTERVALO: 7275' TVD a 7857' TVD (CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado (Chert): Amarillo verdoso, gris, gris oscuro, negro, amarillento, café rojizo, subtranslúcido a opaco, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arcillolita: Café rojiza, café rojiza con crema, crema, suave a moderadamente firme, subbloque, terrosa, soluble, no calcárea.

POZO: Sacha 278D

INTERVALO: 6216' TVD a 6358'TVD (TIYUYACU)

- Arcillolita: Crema, gris clara, gris verdoso, suave, irregular, soluble, plástica, textura cerosa, no calcárea.
- Limolita: Gris verdosa, café clara, café rojiza, moderadamente firme, subbloque, terrosa, no calcárea, gradando a una arenisca de grano muy fino.
- Arenisca: Cuarzosa, blanca, gris clara, transparente, grano fino, suelta, subredondeada a subangular, regular clasificación, matriz y cemento no visible, regular porosidad inferida.

INTERVALO: 6358' TVD a 7338' TVD (CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado: Cuarzoso, amarillento, lechoso, café amarillento, subtranslúcido a translúcido, suelto, duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arenisca: Cuarzosa, blanca, subtranslúcida, grano medio, pobre clasificación, suelta, subredondeada a subangular, matriz y cemento no visible, regular porosidad inferida.
- Arcillolita: Crema, café rojiza, gris verdosa, gris, café amarillenta, suave a moderadamente firme, plástica, subbloque a irregular, cerosa, no calcárea.

INTERVALO: 7338' TVD a 7850' TVD (CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado (Chert): Mostaza, verde oscuro, gris claro, gris oscuro, amarillento, negro, lechoso, subtranslúcido a opaco, duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arenisca: Cuarzosa, lítica, amarillenta, blanca, gris, negra, subtranslúcida a opaca, suelta, grano fino a muy fino, subangular, subredondeada a redondeada, regular clasificación, matriz y cemento no visible, buena porosidad inferida.

POZO: Sacha 422D

INTERVALO: 6262' TVD a 6459' TVD (TIYUYACU)

- Arcillolita: Crema, gris verdosa, gris clara, muy suave, irregular a subbloque, muy soluble, plástica, textura cerosa, no calcárea.
- Limolita: Gris verdosa, gris, firme a moderadamente firme, subbloque, textura terrosa, no calcárea.
- Arenisca: Cuarzosa, blanca, amarillenta, translúcida, suelta, grano fino a medio, subangular a subredondeada, pobre clasificación, matriz y cemento no visible, regular porosidad inferida.

INTERVALO: 6459' TVD a 7458' TVD (CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado: Cuarzoso, lítico, amarillento, lechoso, gris claro, subtranslúcido a subtransparente, suelto, duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arenisca: Cuarzosa, blanca, amarillenta, transparente, grano fino a medio, regular clasificación, suelta, subredondeada a subangular, matriz y cemento no visible, regular porosidad inferida.
- Arcillolita: Gris verdosa, café rojiza, amarillenta, crema, gris clara, suave a moderadamente firme, subbloque a irregular, textura cerosa, no calcárea.

INTERVALO: 7458' TVD a 7965' TVD (CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado Chert: Negro, mostaza, gris claro, gris verdoso, verde, opaco, duro a muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arenisca: Cuarzosa, lítica, blanca, gris clara, subtranslúcida, friable a suelta, grano fino a medio, subredondeada a subangular, regular clasificación, matriz y cemento no visible, regular porosidad inferida.

POZO: Sacha 387D

INTERVALO: 6299' TVD a 6465' TVD (TIYUYACU)

- Arcillolita: Rojiza, gris verdoso, moderadamente firme a firme, irregular, cerosa, soluble, no calcárea.
- Limolita: Gris, gris verdosa, firme a moderadamente firme, subbloque, terrosa, no calcárea, gradando a una arenisca de grano muy fino.

INTERVALO: 6465' TVD a 7399' TVD (CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado: Cuarzoso, lítico, blanco, amarillento, gris claro, negro, opaco, suelto, muy duro, fragmentos angulosos, fractura concoidea.

- Arenisca: Cuarzosa, blanca, amarillenta, subtransparente, grano medio a grueso, subredondeada a subangular, suelta, regular clasificación, matriz no visible, cemento no visible, buena porosidad inferida.
- Arcillolita: Amarilla, crema, café rojiza, suave a moderadamente firme, subbloque a irregular, cerosa a terrosa, soluble, no calcárea.

INTERVALO: 7399' TVD a 7981' TVD (CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU)

- Conglomerado (Chert): Amarillo verdoso, negro, gris oscuro, gris, café rojizo, subtranslúcido a opaco, muy duro, fragmentos angulares, fractura concoidea.
- Arcillolita: Crema, café amarillenta, café rojiza, suave a moderadamente firme, subbloque a irregular, cerosa, soluble, no calcárea.

3.4. Correlación estratigráfica de la formación Tiyuyacu y sus miembros.

En base a los registros litológicos detallados (ver anexos), se elaboraron las columnas estratigráficas que corresponden a la formación Tiyuyacu y sus miembros (conglomerado superior y conglomerado inferior).

Mediante el uso de los 4 pozos: Sacha 445D, Sacha 278D, Sacha 422D, Sacha 387D, ubicados dentro del Campo Sacha y localizados de norte a sur. Los mismos que están distribuidos en toda el área de estudio.

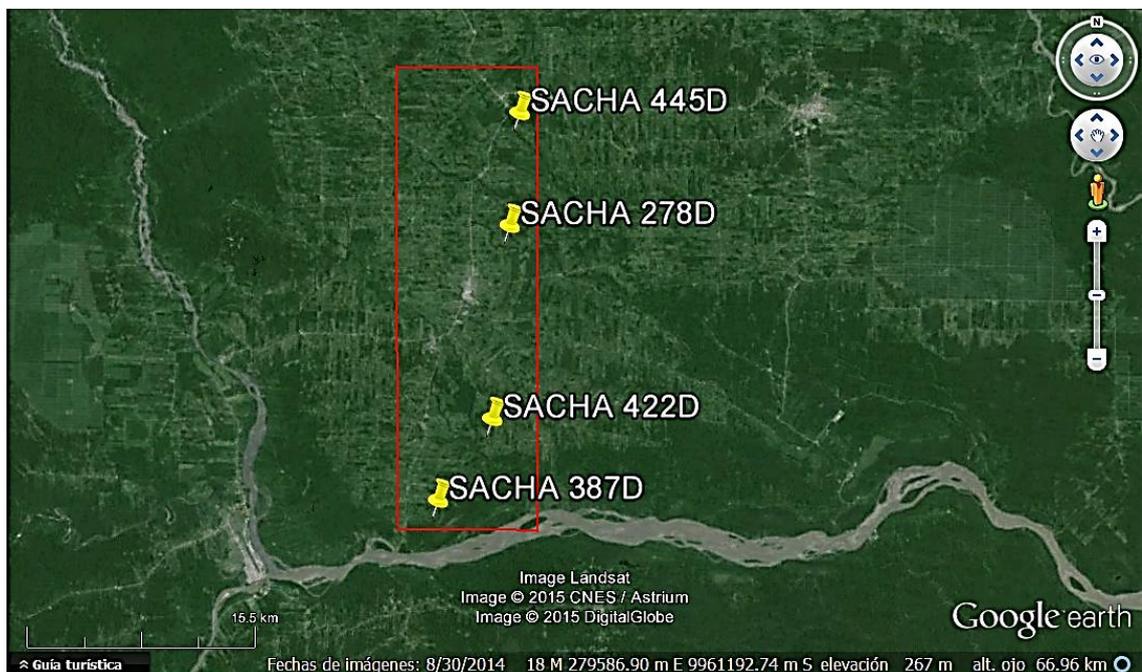


Figura 3. 3. Ubicación de los pozos a correlacionar dentro del área propuesta.

Fuente: Google Earth, 2014

Con los datos analizados se va a correlacionar los topes de la formación Tiyuyacu y de sus miembros presentes, debido a que se trata de una formación con una litología muy variable.

Se puede definir el tope de la formación Tiyuyacu, una vez observado en las muestras de ripios un cambio litológico de lutita a limolita y arcillolita. En el área estudiada podemos evidenciar que no existe un desfase significativo en cuanto a la ubicación del tope en profundidad (Figura 3.4).

Cuando se observan los cortes realizados (figura 3.4 y figura 3.5) a los topes de los conglomerados, éstos no se encuentran a la misma profundidad entre cada pozo, por lo que es necesario la correlación detallada.

En la figura 3.10, se observa el mapa estructural del conglomerado superior Tiyuyacu, donde claramente se distingue que el tope más alto es atravesado por el pozo seleccionado Sacha 278D y el más bajo lo atraviesa el pozo Sacha 422D. Esta interpretación es confirmada y se observa claramente en la figura 3.4.

El mapa estructural del conglomerado inferior Tiyuyacu (figura 3.9) indica que el tope menos profundo se localiza en el pozo 445D y el tope más profundo lo ubicamos en el pozo 422D.

Los mapas estructurales generados para los dos miembros (superior e inferior), son muy importantes para la ubicación de nuevos pozos, ya que nos dan una idea general de la ubicación en profundidad de los topes en cualquier sector del área de trabajo propuesta.

De acuerdo a los mapas de isópacas (figura 3.10) el espesor del conglomerado superior varía entre 150 ft y 270 ft. Observándose el mayor espesor en la parte central del área de estudio. La cual fue atravesada por el pozo 422D.

De la misma manera, el conglomerado inferior tiene variaciones en cuanto a su espesor (figura 3.11) donde el punto más bajo corresponde a 330 ft y el más alto 580 ft. En general, el espesor promedio en el área de estudio es de 500 ft. Mostrando en general una mayor potencia del miembro, hacia el sur y el este. A pesar de esta afirmación se observa que el pozo Sacha 445D es quien atraviesa el mayor espesor de este miembro.

Al igual que los mapas estructurales son importantes para tener una idea de la profundidad de los topes, los mapas de isópacas nos sirven para conocer el espesor aproximado que tiene la formación o sus miembros y de esta manera planificar de forma óptima la ejecución de un proyecto de perforación.

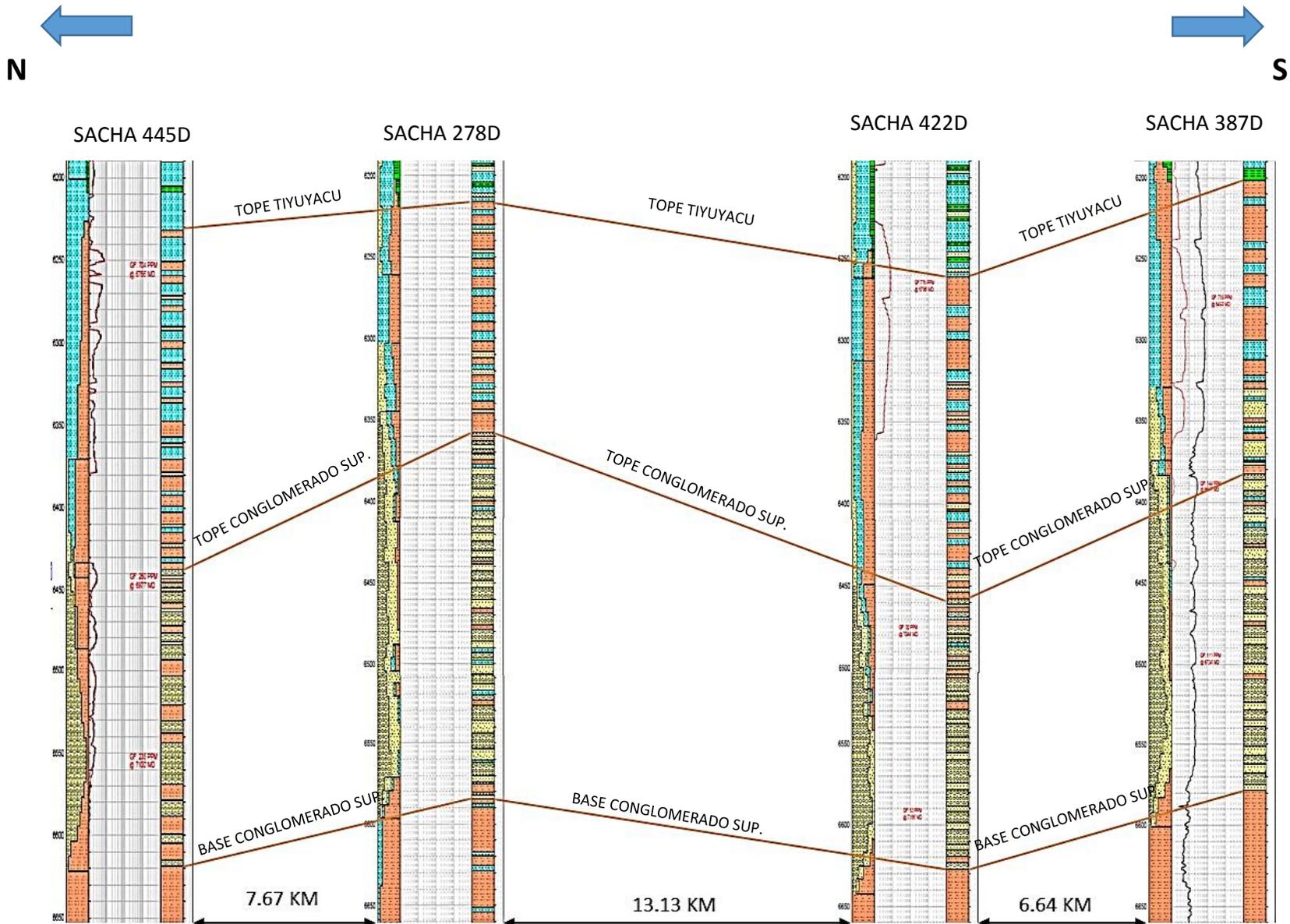


Figura 3. 4. Correlación de la formación Tiyuyacu, tope y base del conglomerado superior.
Fuente: Autor.

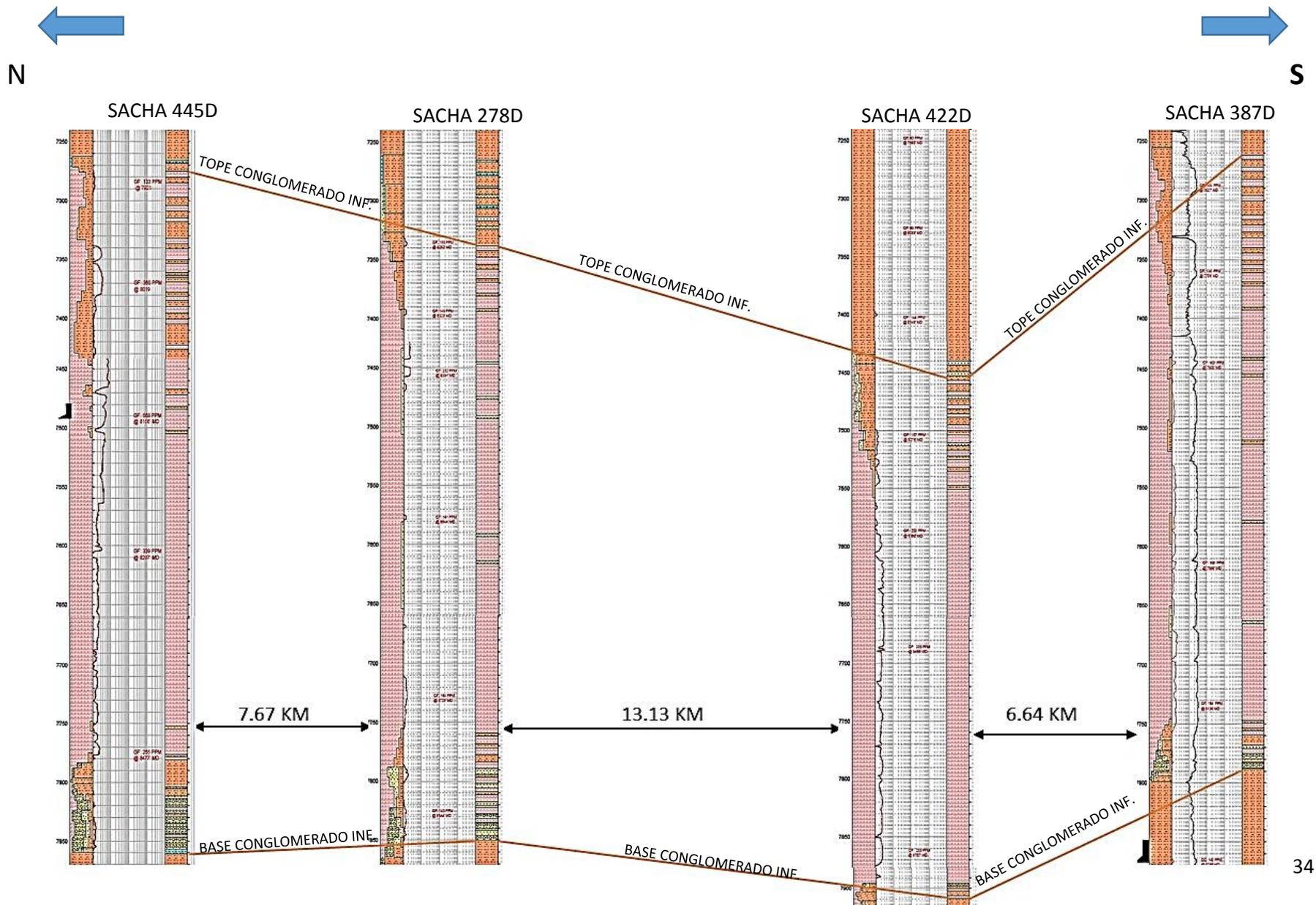


Figura 3. 5. Correlación de la formación Tiyuyacu, tope y base del conglomerado inferior. Fuente: Autor.

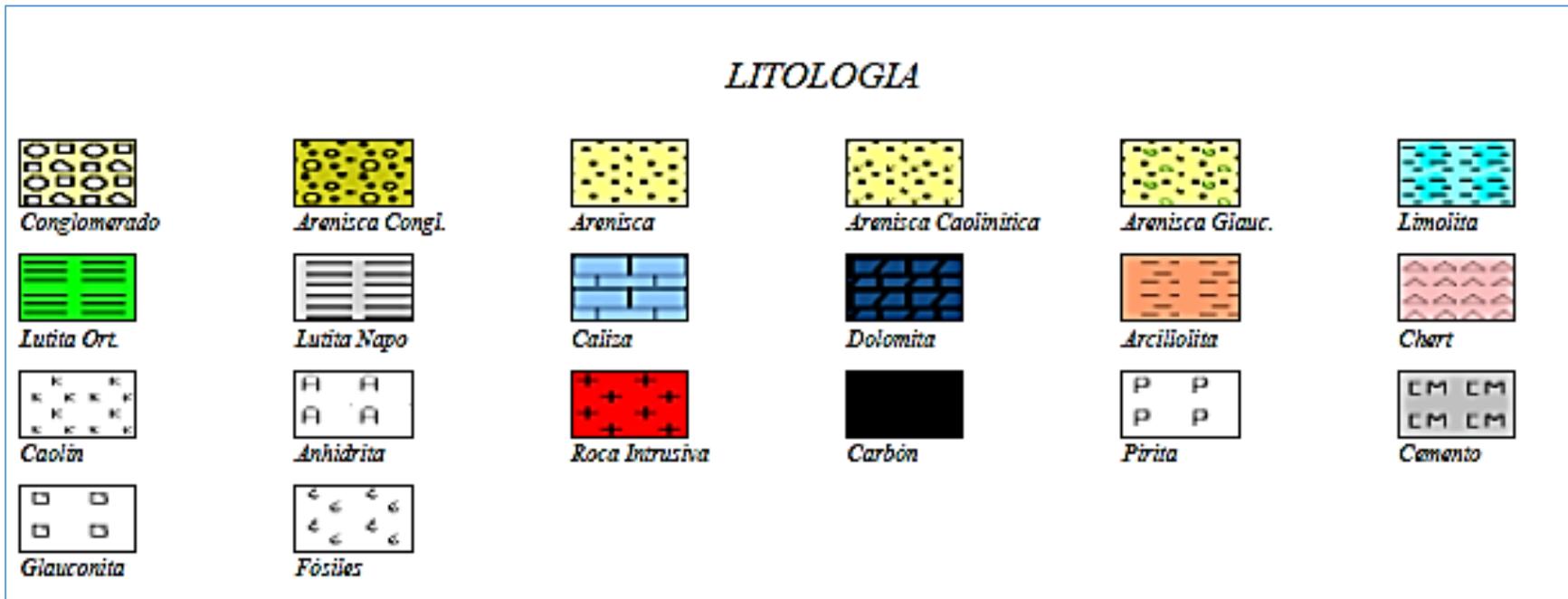


Figura 3. 6. Leyenda litológica.

Fuente: Manual de descripción litológica Petrokem L.S.

MAPA ESTRUCTURAL DEL TOPE FORMACION TIYUYACU

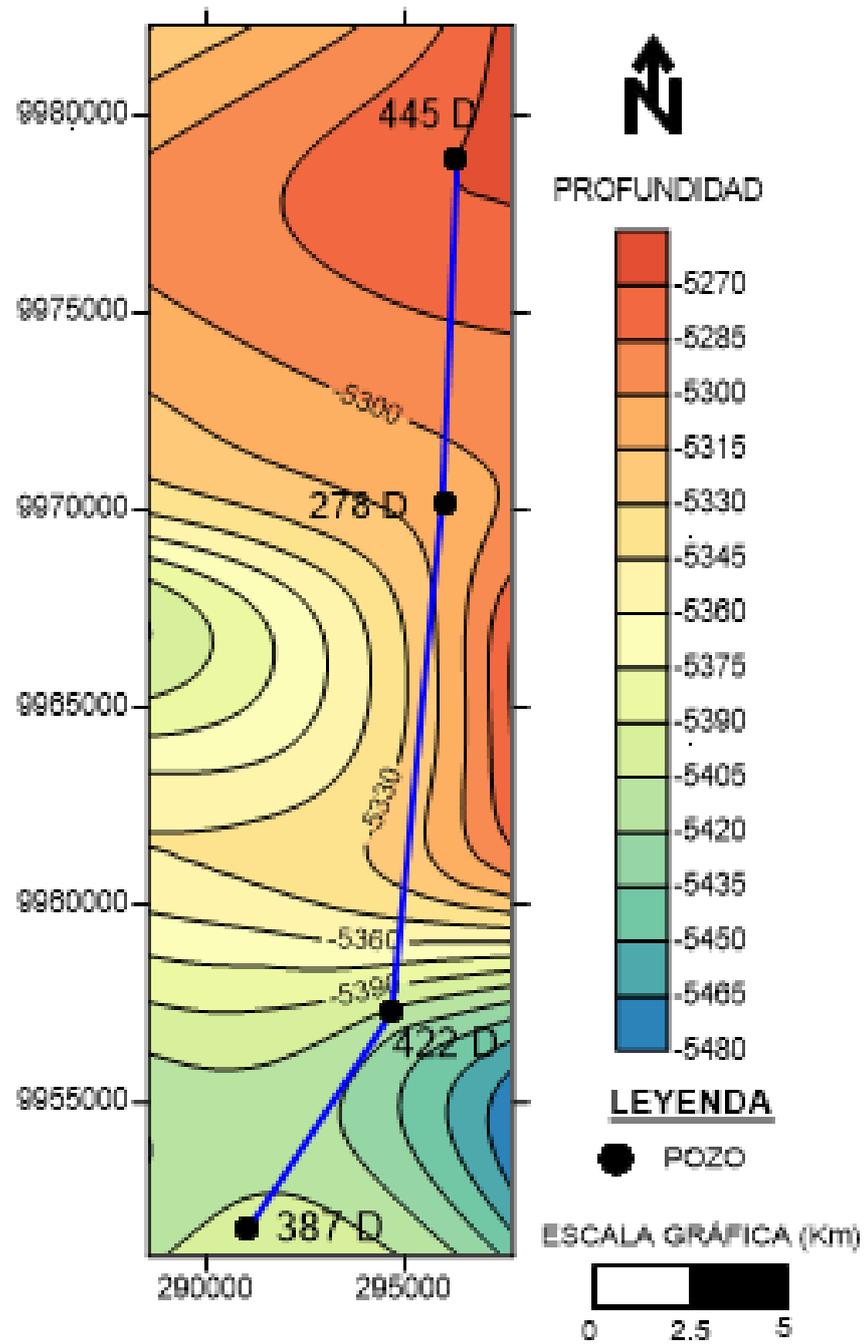


Figura 3. 7. Mapa estructural tope formación Tiyuyacu.
Fuente: Elaborado por autor.

MAPA ESTRUCTURAL DEL TOPE CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU

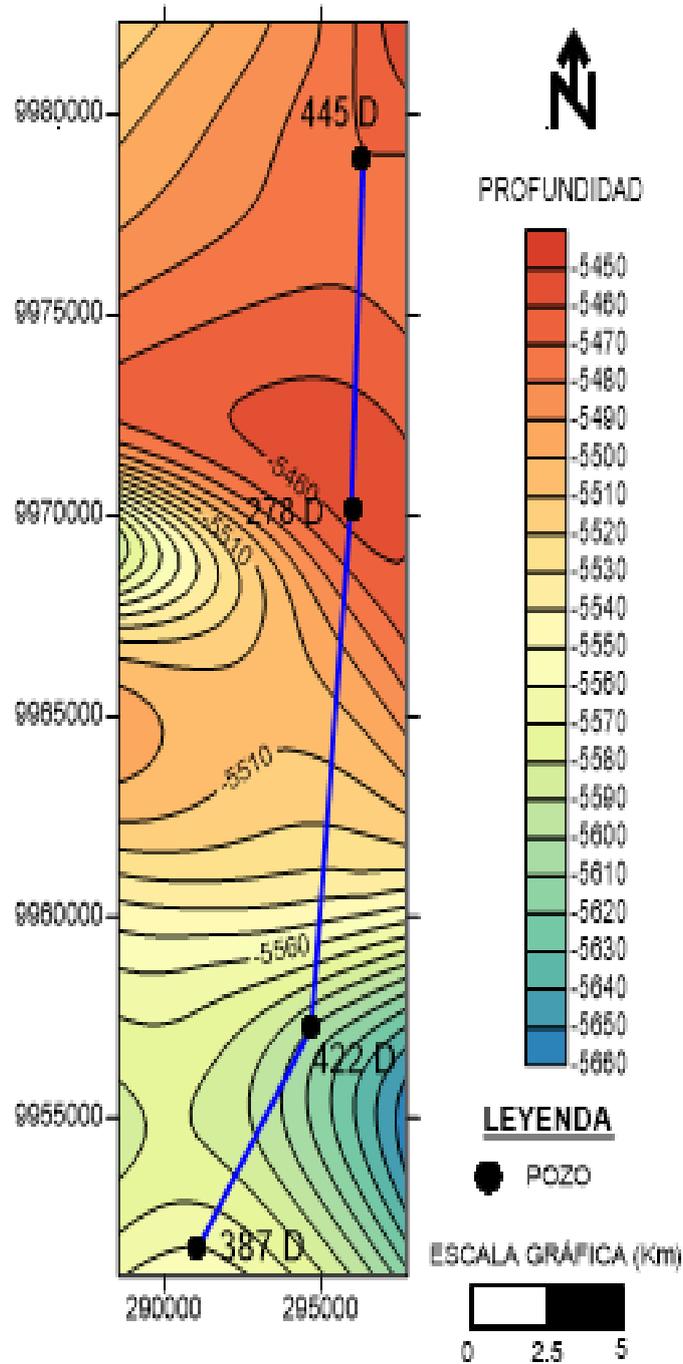


Figura 3. 8. Mapa estructural tope conglomerado superior Tiyuyacu.
Fuente: Elaborado por autor).

MAPA ESTRUCTURAL DEL TOPE CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU

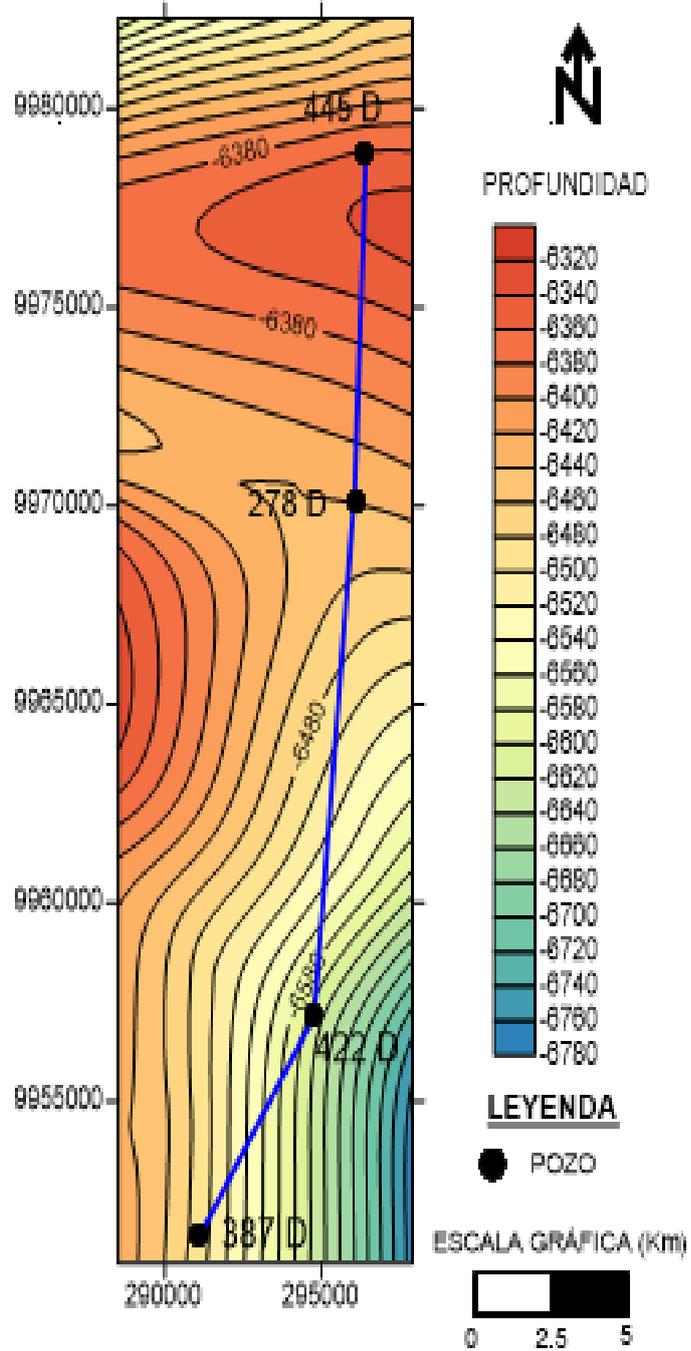


Figura 3. 9. Mapa estructural tope conglomerado inferior Tiyuyacu.
Fuente: Elaborado por autor.

MAPA ISÓPACO DEL CONGLOMERADO SUPERIOR TIYUYACU

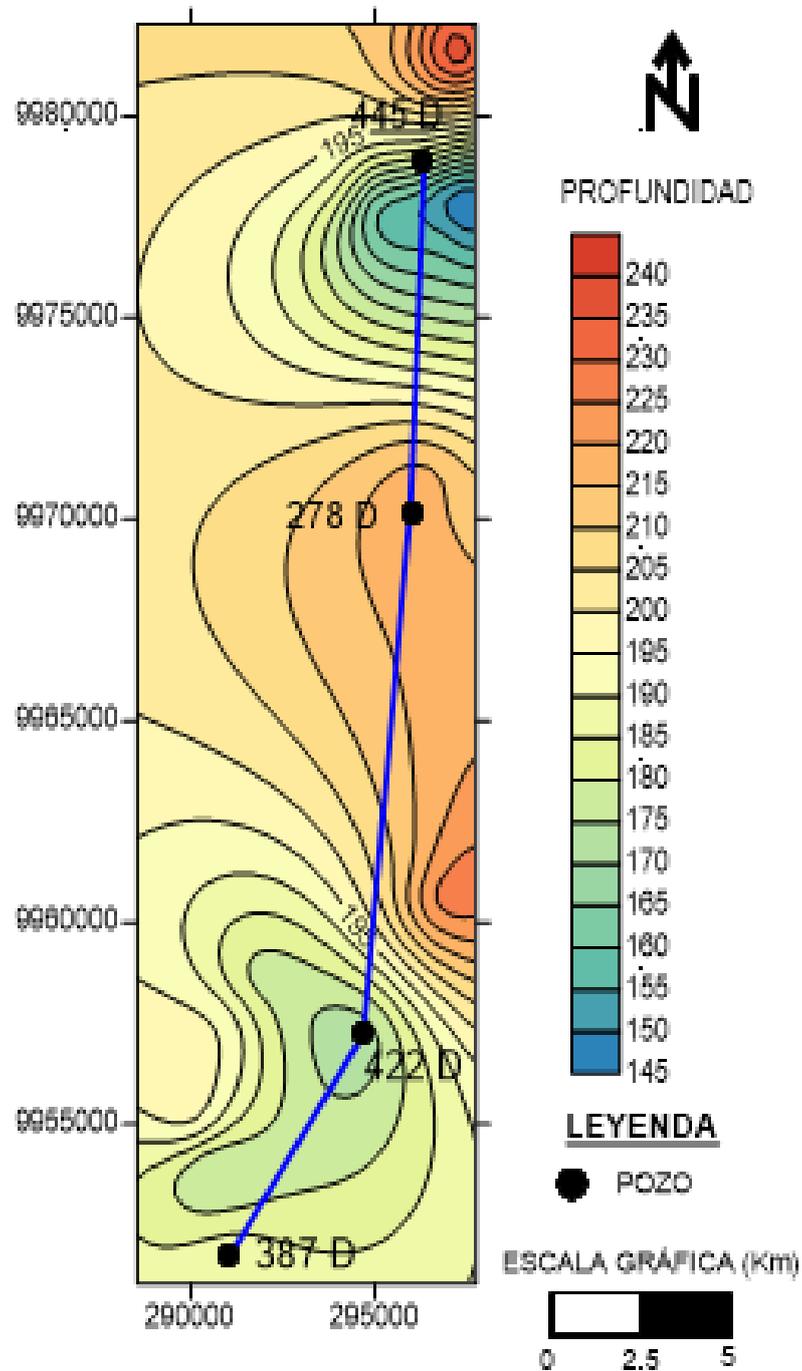


Figura 3. 10. Mapa de isópacas del miembro conglomerado superior Tiyuyacu.

Fuente: Elaborado por autor

MAPA ISÓPACO DEL CONGLOMERADO INFERIOR TIYUYACU

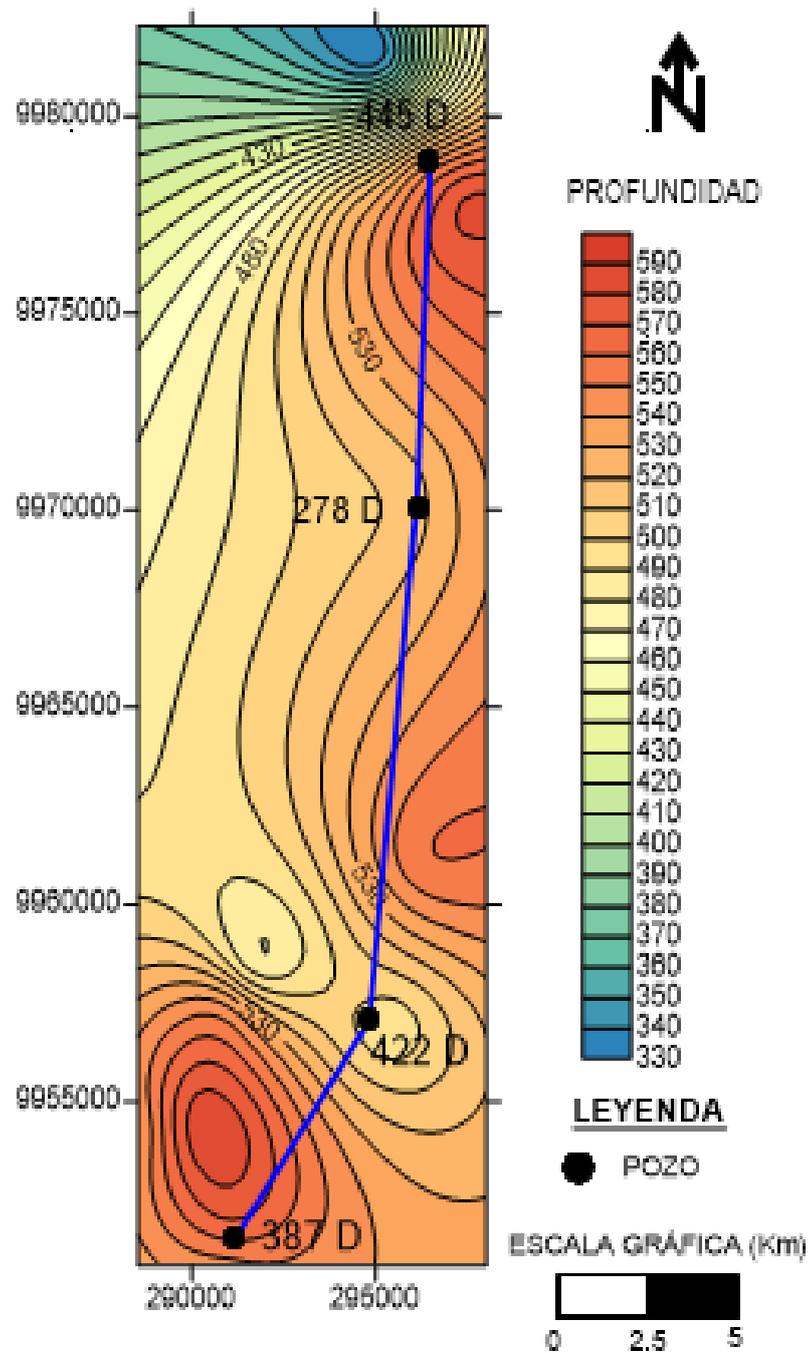


Figura 3. 11. Mapa de isópacas del miembro conglomerado inferior Tiyuyacu.
Fuente: Elaborado por autor.

CAPÍTULO IV

4. SEDIMENTOLOGÍA DE LA FORMACIÓN TIYUYACU

La sedimentología se puede definir como el estudio del transporte y la depositación de sedimentos (Leeder, 1999). Para lograr este fin se utiliza una gran cantidad de datos procedentes de ciencias afines: mineralogía, petrología sedimentaria, estratigrafía, geoquímica y otras.

A cada miembro de la Formación Tiyuyacu nos vamos a referir como litofacies.

Una litofacies es definida como un cuerpo de rocas (sedimentos) con características específicas. Idealmente esta debería ser una roca diferente que se formó bajo ciertas condiciones de sedimentación, reflejando procesos particulares, set de condiciones o ambientes. (Reading, 1996).

Para describir diferentes litofacies, Miall (1996), propone el uso de un sistema de códigos identificatorios de las distintas facies que pueden existir en los sistemas fluviales.

La explicación es la siguiente:

La letra mayúscula (G = conglomerado, S = arena, F = facies finas, incluyendo arena muy fina y limo) indica el tamaño de grano dominante.

La letra minúscula acompañante caracteriza la textura o estructura de las litofacies.

Si existe una segunda letra minúscula, ésta indicará si las facies son clastosoportado (c), o matriz soportado (m).

Una vez descrita la litofacies, debemos agrupar, según la geometría y arreglo interno de los cursos fluviales, y de las llanuras de inundación en una secuencia fluvial, a esto llamaremos “elemento arquitectural fluvial”, que es el componente de un sistema depositacional, equivalente en tamaño no mayor que un canal lleno, y no menor que una unidad de facies.

Al igual que el caso de las litofacies, Miall (1996), propone un sistema de códigos para catalogar los distintos tipos de elementos arquitecturales, con sus respectivos códigos, agrupación de litofacies, la geometría y las relaciones que pueden presentar.

Código	Facies	Estructuras Sedimentarias	Interpretación
Gmm	Conglomerado macizo con mayor proporción de matriz.	Granocreciente o granodecreciente. No existente a débil.	Flujo torrencial viscoso, muy potente.
Gmg	Conglomerado macizo con mayor proporción de matriz.	Granocreciente o granodecreciente.	Flujo torrencial viscoso, menos potente.
Gci	Conglomerado con clastos juntos.	Granocreciente.	Flujo de escombros.
Gcm	Conglomerado macizo con clastos juntos.	Ninguna.	Flujo torrencial con carga de fondo importante, caudal turbulento.
Gh	Conglomerado con mayor proporción de matriz vagamente estratificado.	Estratificación horizontal, imbricaciones de clastos.	Barras longitudinales, resedimentación del fondo.
Gt	Conglomerado estratificado.	Estratificación cruzada en artesas.	Elemento de relleno de canal, base de barra de acreción lateral.
Gp	Conglomerado estratificado.	Estratificación cruzada plana.	Barra de gravas.
St	Arenisca fina a gruesa o conglomerática.	Artesas aisladas o en estratificación cruzada.	Dunas 3D.
Sp	Arenisca fina a gruesa o conglomerática.	Estratificación plana en láminas aisladas o en estratificación cruzada.	Dunas transversales 2D.
Sr	Arenisca fina a gruesa.	Ripples.	Ripples de corriente.
Sh	Arenisca fina a gruesa o conglomerática.	Estratificación o laminación horizontal.	Flujo no canalizado.
Sl	Arenisca fina a gruesa o conglomerática.	Estratificación cruzada de bajo ángulo.	Relleno de cavamiento del fondo, dunas arrastradas, antidunas.
Ss	Arenisca fina a gruesa o conglomerática.	Cavamiento del fondo poco profundo.	Relleno de cavamiento del fondo, dunas arrastradas, antidunas.
Sm	Arenisca fina a gruesa.	Macizo o laminación débil.	Corrientes gravitacionales.
Fl	Areniscas, limolitas o arcillolitas.	Laminación delgada o pequeños ripples.	Depósitos de crecida o de baja de crecida, relleno de canal abandonado.
Fm	Limolitas, arcillolitas.	Masivas, grietas de desecación.	Depósitos de crecida en la llanura de inundación o relleno de canal abandonado.
Fr	Limolitas, arcillolitas.	Macizo, trazas de raíces, bioturbación.	Zona con vegetación de la llanura de inundación o suelo poco maduro.
C	Carbón, arcillas bituminosas	Flora fósil, laminación horizontal.	Depósitos de pantano con vegetación.
P	Paleosuelos, concreciones carbonatadas, niveles de óxidos de hierro.	Trazas de pedogénesis: nódulos, cortezas	Suelo maduro con precipitaciones químicas

Figura 4. 1. Nomenclaturas de las litofacies en los ambientes fluviales
Fuente: modificado de Miall, 1996

Elemento arquitectural	Símbolo	Asociación de facies	Geometría y sucesión
Canales (Channels)	CH	Todos los tipos de facies.	Base erosiva, concavidad hacia el tope, tope plano cuando no está erosionado, morfología y tamaño variable.
Canal de "Crevasse" (Crevasse Channel)	CR	Sr, Fl	Base cóncava, relleno con alternancias de Sr y Fl.
Barra de gravas (Gravel bar)	GB	Gm, Gp, Gt	Lentes o cuerpos tabulares, interestratificada con elementos SB.
Barra arenosa (Sandy bedforms)	SB	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lenticular, tabular o prismático, elemento de relleno de canal o de delta de "Crevasse".
Barra de acreción longitudinal (Downstream accretion macroform)	DA	St, Sp, Sh, Sl, Sr, Se, Ss	Lentes descansando en planos o en base canalizada.
Barra de acreción lateral (Lateral accretion macroform)	LA	Sr, Sp, Sh, Sl, Se, Ss, (Gm), Gt, Gp	Cuerpo prismático sigmoidal, con superficies cóncavas o convexas de tercer orden.
Canal de confluencia (Hollow scour)	HO	Gh, Gt, St, Sl	Base cóncava hacia el tope, relleno asimétrico.
Flujos gravitacionales (Sediment gravity flows)	SG	Gmm, Gmg, Gci, Gcm	Base cóncava hacia el tope, clásicamente asociada con elementos GB.
Cuerpos arenosos laminados (Laminated sand sheets)	LS	Sh, Sl, (Sp, Sr)	Cuerpo arenoso con gran extensión lateral de espesor decimétrica a métrica.
Depósitos de crecida en la llanura de inundación (Flooding – Overbank fines)	FF	Fm, Fl	Cuerpos isópacos con gran extensión lateral, a veces asociados con elementos SB o rellenos de canales abandonados (CH (FF)).
Levées (Levees)	LV	Fl	Cuerpos prismáticos con base irregular o plana y tope convexo hacia el tope, espesor superior a 10 metros y de más de 1 km de ancho

Figura 4. 2. Nomenclaturas de los elementos arquitecturales de los ambientes fluviales

Fuente: modificado de Miall, 1996.

4.1. Descripción de Campo

Para definir la procedencia de aportación de materiales que dan origen a los conglomerados de la formación Tiyuyacu, se realizó una salida de campo a los afloramientos ubicados en la provincia de Napo; los mismos que fueron descritos con anterioridad por otros autores, para recopilar la información necesaria mediante la observación directa de estructuras primarias presentes y que son imposibles determinarlas simplemente con ripios de perforación o con un registro litológico.

4.1.1. Conglomerado Inferior Tiyuyacu.

El conglomerado inferior de la formación Tiyuyacu se lo observó en las coordenadas 189350 E y 9880585 N, Datum WGS 84, cerca de Puerto Napo, en la carretera Puyo-Tena.

Este miembro está compuesto casi en su totalidad de conglomerado y en menor proporción se observa areniscas y limolitas. Los conglomerados son aproximadamente 80% chert color rojizo, negro, gris oscuro; 10% de cuarzo lechoso y 10% de fragmentos líticos.

Sus clastos varían de subangulares a angulares, entre 2 cm y 6 cm como promedio, lo que permite interpretar que su transporte proviene de una fuente no lejana.

Además se puede observar una estratificación con una clara dirección de buzamiento aparente hacia el este.



Figura 4. 3. Afloramiento conglomerado inferior mostrando buzamiento aparente hacia el este. **Fuente:** Autor

De acuerdo con la descripción de la figura 4.2 y con lo observado en campo, comprobamos que el depósito de este conglomerado se encuentra organizado en “Canales”, y dentro de éstos se describió facies de tipo Gp, es decir conglomerados estratificados.(figura 4.1).

4.1.2. Conglomerado Superior Tiyuyacu

Este conglomerado se lo observó cerca a Puerto Napo, cuyas coordenadas son 189281 E y 9880295 N, Datum WGS 84, a unos 300 metros desde el afloramiento del conglomerado inferior.

En el sector se puede notar la presencia de una falla regional cubierta, la misma que hace posible que el miembro inferior aflore casi a la misma altura que el miembro superior, como se observa a continuación.



Figura 4. 4. Ubicación de los afloramientos descritos y de la falla regional cubierta.
Fuente: Google Earth, 2015

El miembro superior de Tiyuyacu está compuesto en un 80% de conglomerado cuarzoso, 10 % de chert y 10% de fragmentos líticos, entre los que se incluyen rocas volcánicas y metamórficas. Además se observa finos niveles de arenisca y microconglomerados de cuarzo.

El tamaño de los clastos de cuarzo varían desde los 0.5 cm (microconglomerados) hasta los 8cm. Se los observa subredondeados a redondeados por lo tanto nos indica que la fuente de origen es diferente al miembro inferior.

La presencia de estratificación cruzada, con dirección de paleocorriente hacia el sureste, indica que el aporte proviene desde el noroeste.

Se puede evidenciar la presencia de varias secuencias granodecipientes separadas por finos niveles de arenisca.



Figura 4. 5. Afloramiento conglomerado superior, donde se aprecia las secuencias granodecipientes. **Fuente:** Autor.

Al realizar la comparación con las tablas propuestas por Miall, las litofacies que se pudieron identificar son del tipo Gt y Gp, cuya simbología nos indica la presencia de conglomerados estratificados, donde su tipo de depósito o elemento arquitectural es de tipo DA (figura 4.2) que se refiere a una barra de acreción lateral.

Esta descripción de las litofacies es la más representativa en el afloramiento observado, al analizar a detalle se evidencia que en ciertos niveles

o secuencias se pueden denominar con otra litofacies y por ende cambiar su elemento arquitectural.

El hecho que se observe varias secuencias separadas por niveles de areniscas finas, nos indica que hubo periodos de depositación con alta energía separados por periodos cortos de depositación de baja energía.



Figura 4. 6. Secuencias de conglomerados presentes en el afloramiento.
Fuente: Autor.

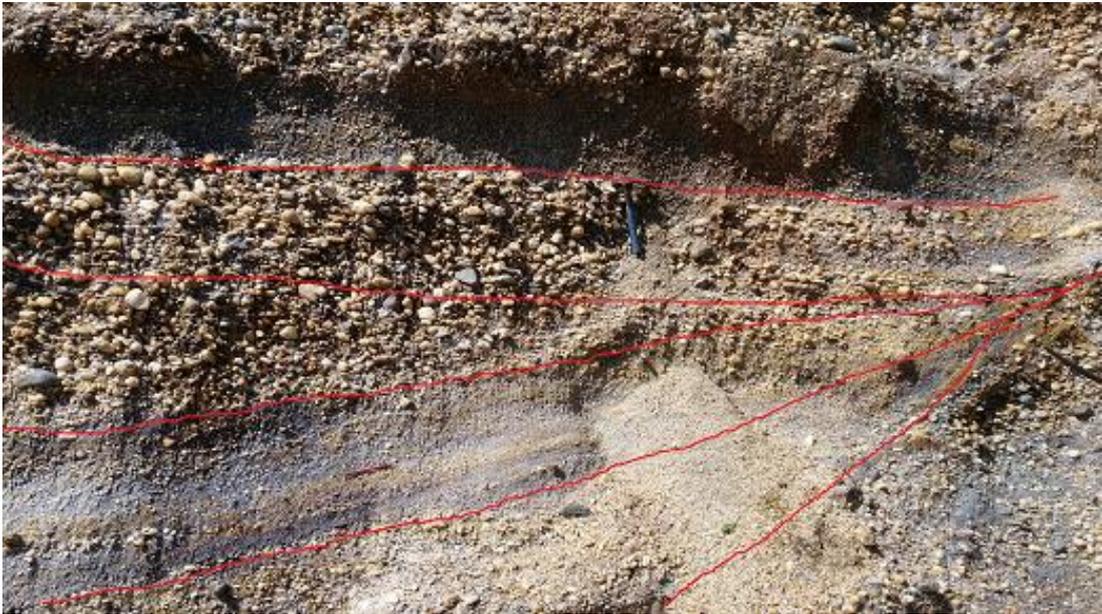


Figura 4. 7. Estratificación cruzada con dirección hacia el SE.
Fuente: Autor.

CONCLUSIONES

- La formación Tiyuyacu presenta dos miembros con diferentes características litológicas:
 - ✓ El conglomerado superior se caracteriza por tener aproximadamente un 90% de cuarzo lechoso y litofacies de tipo Gt y Gp, correspondientes a conglomerado con estratificación cruzada plana y estratificación cruzada en artesas.
 - ✓ El conglomerado inferior está compuesto por un 80% de chert, 10% de cuarzo lechoso y 10% de fragmentos líticos, con litofacies de tipo Gp, correspondiendo a conglomerados con estratificación cruzada plana.
- En el área de estudio (Campo Sacha) el espesor del conglomerado superior varía entre 150 ft y 270 ft, mientras que el conglomerado inferior varía entre 330 ft y 550 ft.
- Utilizando criterios litológicos se delimitó los topes y bases formacionales de los 4 pozos seleccionados.
- Las paleocorrientes observadas en los afloramientos de los conglomerados indican que la fuente de aporte proviene del occidente, posiblemente de la cordillera de los Andes que estaba emergiendo.

- Definitivamente la fuente de aporte o procedencia del conglomerado superior es diferente a la fuente de aporte del conglomerado inferior, a pesar que la dirección de paleocorrientes nos indican el mismo lugar pero debemos considera una época diferente.
- Cronológicamente el conglomerado inferior se depositó antes que el superior, por lo tanto podemos presumir que el conglomerado inferior Tiyuyacu proviene de la erosión de la parte superficial de la entonces reciente cordillera de los Andes. A medida que los Andes se elevan, la erosión ya no es de la parte superficial, sino que ha alcanzado el cratón interno del mismo y estos son los sedimentos que fueron aportados para formar el conglomerado superior Tiyuyacu.

RECOMENDACIONES

- Para fines relacionados a la perforación de pozos petroleros, se recomienda tener mucho cuidado con la ubicación de topes de los miembros de la formación Tiyuyacu, ya que debido a sus características litológicas específicamente su dureza, puede causar graves daños a las herramientas utilizadas.
- Realizar toma de muestras en varios puntos de los afloramientos y estadísticamente ubicarla en los diagramas de procedencia, para así confirmar o descartar la fuente de aporte propuesta en este trabajo.
- Se recomienda realizar estudios similares a las formaciones geológicas ubicadas en la región Interandina, que tengan datada aproximadamente la misma edad y que litológicamente sean idénticas a los miembros de la formación Tiyuyacu en la cuenca Oriente, con el objetivo de comparar los datos obtenidos e interpretar si alguna vez estuvieron relacionadas o fueron una misma formación.

BIBLIOGRAFÍA

- Almeida. (2010). *Optimización de la perforación de pozos de los principales campos de Petroproduccion en la cuenca Oriente en base a su caracterizacion litológica*. Tesis de grado. Quito.
- Arche, A. (2010). *Sedimentología: Del proceso físico a la cuenca sedimentaria*. Madrid.
- Baby, P. (2004). *La cuenca Oriente: Geología y Petroleo*. Quito.
- Baldock, J. (1982). *Geología del Ecuador: Boletín explicativo del Mapa Geológico de la República del Ecuador, escala 1:1000000*. Quito.
- Bristow, H. (1977). *Léxico estratigráfico del Ecuador*. Paris.
- Diaz, M. (2014). *El pre-Aptense en la cuenca Oriente Ecuatoriana*. Quito.
- Estupiñan, J. (2005). *Control diagenético sobre la calidad de los reservorios de las areniscas "U" y "T" de la Fm Napo del Cretácico de la Cuenca Oriente, Ecuador. Modelización térmica y su relación con la generación de hidrocarburos*. Tesis de grado. Madrid.
- Naranjo, C. (2011). *Petrotectónica y Bioestratigrafía de las areniscas del Grupo Azucar al suroeste del Ecuador*. Tesis de grado. Guayaquil.
- Rivadeneira, M. (1999). *La cuenca Oriente: Estilo tectónico, etapas de deformación y características geológicas de los principales campos de Petroproducción*. Quito.

ANEXOS

Tablas

TOPE TIYUYACU					
NOMBRE POZO	TVD SS	NORTE	ESTE	MD	TVD
SACHA 216 D	-5383,62	9958394,77	291383,85	6410,00	6235,00
SACHA 220 D	-5384,62	9957932,46	291123,77	6868,00	6236,00
SACHA 257 D	-5501,62	9954156,82	290176,38	6406,00	6353,00
SACHA 258 D	-5408,62	9954599,30	290484,92	6510,00	6260,00
SACHA 267 D	-5367,62	9954694,52	290133,40	6409,00	6219,00
SACHA 268 D	-5405,62	9954294,11	290535,96	6577,00	6257,00
SACHA 276 D	-5313,56	9970704,54	296506,75	6733,00	6213,00
SACHA 277 D	-5290,56	9970875,97	296450,99	6496,00	6190,00
SACHA 278 D	-5316,56	9970313,02	295936,92	6896,00	6216,00
SACHA 282 D	-5305,52	9982274,30	295792,60	6650,00	6234,00
SACHA 283 D	-5286,52	9981763,75	295290,69	6594,00	6215,00
SACHA 286 D	-5282,00	9978017,80	294445,89	6409,00	6201,00
SACHA 287 D	-5264,00	9977897,24	294744,24	6487,00	6183,00
SACHA 332 D	-5424,26	9954280,48	288538,05	6765,00	6274,00
SACHA 421 D	-5452,95	9956937,14	294973,52	6656,00	6300,00
SACHA 422 D	-5414,95	9957318,44	294685,51	6789,00	6262,00
SACHA 423 D	-5442,95	9956527,62	294758,73	6449,00	6290,00
SACHA 480 D	-5289,21	9961135,16	296212,00	6340,00	6143,00
SACHA 481 D	-5277,21	9960722,22	296541,31	6407,00	6131,00
SACHA 290 V	-5251,90	9981949,79	297740,64	6229,00	6229,00
SACHA 291 D	-5267,90	9981690,18	297443,14	6410,00	6245,00
SACHA 381 D	-5394,20	9951101,18	290971,91	6843,00	6316,00
SACHA 387 D	-5377,20	9951802,56	291030,01	7180,00	6299,00
SACHA 440 V	-5271,81	9978050,18	296546,45	6223,00	6223,00
SACHA 441 D	-5260,81	9978409,49	296410,04	6432,00	6212,00
SACHA 442 D	-5282,81	9978111,35	297207,49	6627,00	6234,00
SACHA 443 D	-5248,81	9978048,74	296551,95	6547,00	6200,00
SACHA 444 D	-5278,81	9977010,30	297635,34	6452,00	6230,00
SACHA 445 D	-5280,81	9977358,62	296739,85	6745,00	6232,00
SACHA 446 D	-5266,81	9977818,60	297426,34	7077,00	6218,00
SACHA 447 D	-5251,81	9978722,55	296259,47	6762,00	6203,00
SACHA 448 D	-5264,81	9977469,55	296630,15	6635,00	6216,00

Tabla 1. Datos de pozos utilizados con topes de la formación Tiyuyacu
Fuente: Base de datos Petrokem L.S.

TOPE CONGLOMERADO SUPERIOR						
NOMBRE POZO	TVD SS	NORTE	ESTE	MD	TVD	ESPESOR
SACHA 216 D	-5568,62	9958375,00	291402,78	6617,00	6420,00	173,00
SACHA 220 D	-5571,62	9957885,09	291121,65	7111,00	6423,00	198,00
SACHA 257 D	-5581,62	9954139,07	290183,04	6597,00	6433,00	172,00
SACHA 258 D	-5587,62	9954605,82	290504,97	6700,00	6439,00	187,00
SACHA 267 D	-5552,62	9954728,09	290137,35	6625,00	6404,00	205,00
SACHA 268 D	-5592,62	9954293,99	290536,19	6764,00	6444,00	169,00
SACHA 276 D	-5457,56	9970687,23	296530,28	6906,00	6357,00	207,00
SACHA 277 D	-5431,56	9970875,84	296450,64	6637,00	6331,00	228,00
SACHA 278 D	-5458,56	9970285,20	295933,70	7065,00	6358,00	218,00
SACHA 282 D	-5485,52	9982274,20	295818,40	6851,00	6414,00	213,00
SACHA 283 D	-5485,52	9981733,25	295294,24	6817,00	6414,00	214,00
SACHA 286 D	-5464,00	9977997,66	294429,76	6609,00	6383,00	195,00
SACHA 287 D	-5501,00	9977853,43	294755,60	6766,00	6420,00	142,00
SACHA 332 D	-5604,26	9954280,50	288538,41	6945,00	6454,00	187,00
SACHA 421 D	-5632,95	9956954,66	295009,61	6879,00	6480,00	174,00
SACHA 422 D	-5611,95	9957354,78	294692,80	7020,00	6459,00	169,00
SACHA 423 D	-5622,95	9956510,93	294779,55	6650,00	6470,00	174,00
SACHA 480 D	-5519,21	9961133,04	296183,28	6588,00	6373,00	211,00
SACHA 481 D	-5518,21	9960687,59	296541,62	6674,00	6372,00	235,00
SACHA 290 V	-5441,90	9981949,79	297740,64	6419,00	6419,00	198,00
SACHA 291 D	-5451,90	9981677,98	297425,84	6601,00	6429,00	264,00
SACHA 381 D	-5558,20	9951075,37	290971,01	7027,00	6480,00	189,00
SACHA 387 D	-5543,20	9951802,56	291030,01	7380,00	6465,00	195,00
SACHA 440 V	-5475,81	9978050,07	296546,51	6427,00	6427,00	145,00
SACHA 441 D	-5434,81	9978428,02	296400,69	6619,00	6386,00	173,00
SACHA 442 D	-5492,81	9978112,96	297228,92	6854,00	6444,00	146,00
SACHA 443 D	-5492,81	9978048,74	296551,95	6809,00	6444,00	151,00
SACHA 444 D	-5494,81	9976976,55	297672,68	6677,00	6446,00	152,00
SACHA 445 D	-5485,81	9977333,71	296745,15	6975,00	6437,00	172,00
SACHA 446 D	-5474,81	9977806,87	297472,73	7329,00	6426,00	135,00
SACHA 447 D	-5425,81	9978745,87	296248,58	6957,00	6377,00	179,00
SACHA 448 D	-5485,81	9977469,39	296630,33	6856,00	6437,00	145,00

Tabla 2. Datos de pozos utilizados con topes del conglomerado superior Tiyuyacu
Fuente: Base de datos Petrokem L.S.

TOPE CONGLOMERADO INFERIOR					
NOMBRE POZO	TVD SS	NORTE	ESTE	MD	TVD
SACHA 216 D	-6548,62	9958261,40	291509,09	7722,00	7400,00
SACHA 220 D	-6466,62	9957860,88	291109,38	8271,00	7318,00
SACHA 257 D	-6444,62	9954047,24	290212,89	7516,00	7296,00
SACHA 258 D	-6463,62	9954640,28	290603,66	7642,00	7315,00
SACHA 267 D	-6435,62	9954881,57	290155,02	7643,00	7287,00
SACHA 268 D	-6440,62	9954294,30	290537,49	7612,00	7292,00
SACHA 276 D	-6429,56	9970568,23	296689,65	8077,00	7329,00
SACHA 277 D	-6442,56	9970875,36	296449,40	7678,00	7342,00
SACHA 278 D	-6438,56	9970081,46	295911,78	8254,00	7338,00
SACHA 282 D	-6454,52	9982270,60	295986,30	7959,00	7383,00
SACHA 283 D	-6537,52	9981559,09	295312,59	8016,00	7466,00
SACHA 286 D	-6343,00	9977895,76	294338,78	7596,00	7262,00
SACHA 287 D	-6327,00	9977678,58	294801,98	7783,00	7246,00
SACHA 332 D	-6484,26	9954281,69	288539,79	7825,00	7334,00
SACHA 421 D	-6668,95	9957053,27	295212,10	8152,00	7516,00
SACHA 422 D	-6610,95	9957552,02	294730,54	8217,00	7458,00
SACHA 423 D	-6638,95	9956416,98	294898,44	7781,00	7486,00
SACHA 480 D	-6531,21	9961123,86	296049,72	7691,00	7385,00
SACHA 481 D	-6544,21	9960539,20	296540,01	7809,00	7398,00
SACHA 290 V	-6452,90	9981949,79	297740,64	7430,00	7430,00
SACHA 291 D	-6483,90	9981625,62	297355,28	7675,00	7461,00
SACHA 381 D	-6501,20	9950933,58	290961,44	8083,00	7423,00
SACHA 387 D	-6477,20	9951802,56	291030,01	8515,00	7399,00
SACHA 440 V	-6326,81	9978050,21	296546,31	7278,00	7278,00
SACHA 441 D	-6285,81	9978509,62	296360,35	7528,00	7237,00
SACHA 442 D	-6331,81	9978125,00	297339,58	7763,00	7283,00
SACHA 443 D	-6318,81	9978048,74	296551,95	7695,00	7270,00
SACHA 444 D	-6332,81	9976805,31	297885,37	7552,00	7284,00
SACHA 445 D	-6323,81	9977194,65	296774,27	7914,00	7275,00
SACHA 446 D	-6315,81	9977760,73	297646,97	8353,00	7267,00
SACHA 447 D	-6301,81	9978861,47	296194,59	7936,00	7253,00
SACHA 448 D	-6324,81	9977469,62	296631,66	7695,00	7276,00

Tabla 3. Datos de pozos utilizados con topes del conglomerado inferior Tiyuyacu
Fuente: Base de datos Petrokem L.S.