

Correlación petrofísica en superficie con subsuelo de formaciones productoras subcuenca de Neiva

Petrophysical correlation with surface subsurface formations Neiva sub-basin production

Roberto Vargas Cuervo¹, Luz Palencia Barona² y Mario Chavarro Hernández³

Resumen

En la industria del petróleo las propiedades petrofísicas son la base para la caracterización de los yacimientos de petróleo; en especial las rocas almacén, ya que estas son interpretadas en función de sus componentes, poros, fisuras, uniones intergranulares, composición química, minerales, etc. Por tal motivo es importante caracterizar y analizar los cambios presentados en el proceso de meteorización. Debido a esto se correlacionó petrofísicamente las formaciones productoras de la subcuenca Neiva en superficie con las del subsuelo con el fin de observar los cambios ocurridos en dicho proceso, como afectan estos eventos la roca almacén y la producción de los campos petroleros en la Subcuenca Neiva. Las unidades estratigráficas escogidas para este estudio son: en las formaciones caballos, Monserrate, Gualanday y Honda fueron reconocidas en cinco secciones geológicas. Se levantó la columna estratigráfica de la formación Monserrate en el sector los yuyos.

Cabe resaltar que las características petrofísicas de las rocas con porosidad primaria en superficie son correlacionables con las de subsuelo. Esta hipótesis planteada en este estudio no tiene antecedentes investigativos.

Palabras clave: Valle Superior del Magdalena, porosidad primaria, petrofísic, permeabilidad, columna estratigráfica, rocas almacén.

Abstract

The investigation Petrophysical correlates the surface with subsurface formations in Neiva subbasin. Based on this methodology was applied to calculate the porosity, permeability and mineralogical composition of the rocks warehouse. Was taken as basis of subsurface data information of 4 formations, training horses first, second Gualanday training, third Monserrate formation and finally the formation Honda, ie rocks correlated petrofísicamente store to analyze changes suffers the rock as it decreases the pressure and temperature. In the correlation process were considered permeabilities, porosities and rock composition warehouse in background, so it was necessary to make the lifting of stratigraphic columns in the study area to perform the analysis of the surface rocks.

Through correlation was observed changes petrophysical rock undergoes when subjected to erosion, low pressure and temperature. Finally, we should mention that when performing the correlation calculation is performed permeability, porosity and surface mineralogical composition.

Key words: petrophysics, permeability, porosity, stratigraphic column, reservoir rocks.

1 MSc. en Geología, Universidad Surcolombiana, Avenida Pastrana Carrera 1a. E-mail: Roberto.vargas@usco.edu.co

2 Ingeniero de petróleos, Universidad Surcolombiana, Avenida Pastrana Carrera 1a. E-mail: alexpaba1986@hotmail.com

3 Ingeniero de petróleos, Universidad Surcolombiana, Avenida Pastrana Carrera 1ª. E-mail: ferchos@hotmail.com

1. Introducción

La permeabilidad, porosidad y la composición mineralógica son las características fundamentales en la petrofísica de las rocas sedimentarias, se ha visto que en los últimos años las tecnologías han evolucionado con el fin de tener datos precisos en la determinación de dichas propiedades, y así establecer con mayor exactitud la extensión de un reservorio de petróleo. Este recurso clasifica en la industria del petróleo debido a que son las rocas almacenadoras de crudo, las que nos permite evaluar la cantidad de crudo presente y el tipo de levantamiento artificial a utilizar para extraer el crudo contenido en ellas.

Las rocas en superficie tienen propiedades petrofísicas, de textura y composición significativamente similares a las características encontradas en el subsuelo. También se caracterizan por una mayor heterogeneidad, permeabilidad baja y muy buena cementación. Para los futuros descubrimientos de yacimientos y estudios geológicos, se debe tener en cuenta que al correlacionar superficie con subsuelo, obtendrán información precisa de los eventos ocurridos en superficie-subsuelo y así realizar un mejor análisis geológico del área de estudio.

Para evaluar el activo económico que representa la exploración y explotación de un yacimiento, se debe realizar un estudio muy preciso en la determinación de la composición mineralógica, permeabilidad y porosidad de las rocas almacenadoras de hidrocarburos in-situ; por lo que las propiedades petrofísicas son fundamentales en cada etapa productiva del yacimiento o para el futuro de nuevos proyectos de exploración. Mediante éste trabajo se pretende mostrar la correlación petrofísica en las formaciones productoras de la Subcuenca Neiva.

2. Metodología

2.1. Localización geográfica accesos e infraestructura

El área de estudio se encuentra localizada en la denominada subcuenca de Neiva que pertenece al extremo sur del valle superior del Magdalena. El cual va desde el denominada arco de Natagaima al norte hasta el paralelo 2º norte al sur de la población de Pitalito Abarca parte del área rural de los municipios de Neiva, Palermo, Yaguará, Teruel, Pital y Tesalia. El acceso desde la ciudad de Santa Fe de Bogotá a la ciudad de Neiva, por vía aérea tiene una duración de 35 minutos y por vía terrestre de cerca de 5 horas. (Véase figura 1).

La base cartográfica utilizada para este proyecto fue consultada y adquirida al INGEOMINAS utilizando las planchas geológicas 302, 323, 344, 345, 366 y 388 a escala 1:100.000; la información geológica de estas planchas fue unificada en un solo plano geológico enriquecida con la información geológica trabajada durante varios años por el Museo Geológico y del Petróleo⁴.

Para la caracterización petrofísica de las formaciones productoras en rocas de superficie de la subcuenca de Neiva fueron escogidas cinco secciones geológicas de la parte norte y centro del departamento del Huila y se enfoca al reconocimiento de la estratigrafía de la denominada cobertura productiva de la subcuenca de Neiva la cual cubre la parte sur del Valle Superior del Magdalena considerada como una de las cuencas más promisorias de Colombia desde la perspectiva exploratoria de hidrocarburos. El trabajo se enfoca principalmente en el reconocimiento geológico y estratigráfico de las formaciones Caballos, Villeta, Monserrate y Gualanday respectivamente, para tal efecto se programaron 5 salidas de campo en las cuales se realizaron de las siguientes secciones estratigráficas (Figura 1):

1. La sección geológica Neiva – Palermo – Santa María (17 estaciones), cubre el flanco este de la Cordillera Central y una zona muy pequeña del margen oeste del Valle Superior del Magdalena, Subcuenca de Neiva donde se reconoció parte del basamento económico y las formaciones paleógenas y neógenas correspondiendo a las formaciones, Guadala, Gualanday con sus miembros Palermo Bache y Tesalia, y las formaciones Potrerillo y Doima y Honda. En esta sección fueron reconocidas y se tomaron muestras para los estudios petrofísicos de las formaciones Gualanday en sus miembros Palermo y Tesalia.
2. La sección geológica Neiva – Aipe (6 estaciones), a lo largo del Valle Superior del Magdalena. Donde fue reconocida y muestreada la formación Honda en su miembro la victoria.
3. La sección geológica Tesalia (10 estaciones); en la cual se realizó un reconocimiento estratigráfico del flanco oriental del sinclinal de Tesalia y a lo largo de la cuenca del río Yaguaracito donde se reconocieron

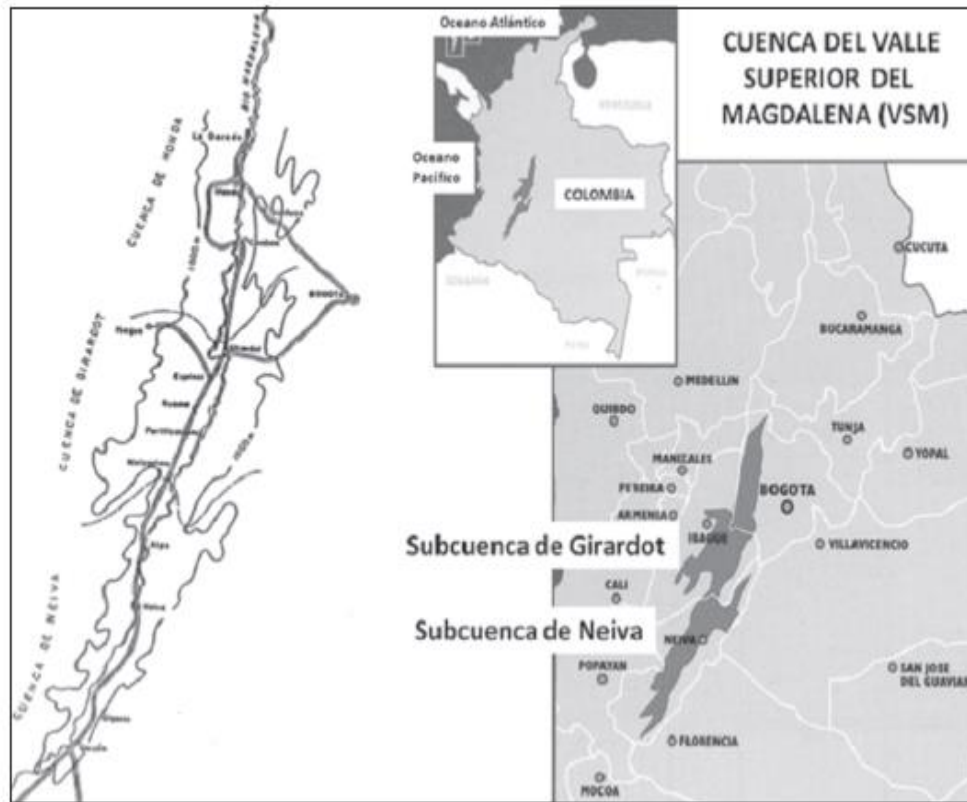


Figura 1. Localización general del valle superior del magdalena, donde se muestra la subcuenca de Neiva trabajada para este proyecto.

las formaciones Gualanday, Guaduala, Monserrate, Villeta, y Caballos respectivamente. En esta sección fueron muestreadas para análisis petrofísico las formaciones Monserrate y Caballos respectivamente. Así también fue levantada la columna estratigráfica de la formación Monserrate.

4. La sección geológica Neiva –Yaguará - Teruel - Palermo (20 estaciones) donde se realizó un reconocimiento de afloramientos de las formaciones Caballos, Monserrate, Guadala y Gualanday respectivamente.
5. La sección geológica La Plata - el Pital (2 estaciones) donde se realizó un reconocimiento de afloramientos de la formación Caballos. Y fue muestreada para análisis petrofísico.

Para el reconocimiento estratigráfico de las secciones geológicas se utilizó el método de poligonal abierta con brújula y hip chain determinando espesores aparentes para posteriormente por métodos analíticos determinar el espesor real de las unidades litológicas. Específicamente este método fue utilizado en la sección geológica 3 río Yaguaracito en la cual fue levantada la columna estratigráfica de la formación Monserrate específicamente en la zona de la mina Los Yuyos.

Todas las secciones geológicas levantadas fueron monitoreadas con GPS y sus track reposan en los archivos del Museo Geológico y del Petróleo. Para las secciones geológicas reconocidas en superficie en este trabajo se trató de correlacionarlas estratigráficamente y con controles estructurales con la información obtenida del subsuelo en los diferentes campos de petróleo. Lo que se busca con esta correlación petrofísica y estratigráfica es establecer si los procesos de meteorización y descompensación litológica de las rocas en superficie se manifiestan en variaciones de la porosidad y la permeabilidad.

2.2. Descripción general de las zonas de estudio

2.2.1. Formación caballos

En la subcuenca de Neiva esta formación operacionalmente fue dividida en Caballos Inferior, Caballos Medio y Caballos Superior; Flórez y Carrillo (1994) redefinieron estas formaciones denominándolas Formación Alpujarra (Caballos Inferior), El Ocal (Caballos Medio) y Caballos (Caballos Superior).

La Formación Caballos Inferior (LKB) está compuesta por una serie de secuencias arenosas retrogradacionales, siendo un depósito continental a la base con cuarzo arenitas y subarcosas de color blanco a gris claro, de grano fino a grueso, localmente conglomeráticas bien seleccionadas con pseudomatrizcaolinítica. En la parte media y tope predominan lodolitas negras ricas en restos de plantas, que corresponden a depósitos en llanuras aluviales surcadas por canales sinuosos. Reposo discordantemente sobre el basamento económico o puntualmente sobre la formación Yaví. Tiene un espesor promedio de 150 pies.

La formación Caballos Medio (MKB) fue depositada en un ambiente marino restringido (Litoral a Sublitoral) se caracteriza por tener intercalaciones de calizas lumaquelicas y dolomitas de color gris verdoso, algunas glauconitas y lodolitas de color gris a negro, ricas en materia orgánica. Tiene un espesor promedio de 120 pies.

La Formación Caballos Superior (UKB), es el principal yacimiento productor en los Campos Santa Clara y los Mangos, está constituida por cuarzoarenitas muy continuas de grano fino a grueso friables, muy bien a moderadamente seleccionadas, con laminación inclinada y paralela, que fueron originadas como depósitos de cordones de playa progradantes. Presentan intercalaciones de lodolitas e interlaminaciones de arena y lodo y arenitas calcáreas bioclásticas, que representan depósitos marinos marginales (estuarios).

Las muestras tomadas de la formación caballos son: PC-001, PC-004, PC-005, PC-006, PC-009, PC-010. (Véase tabla 1).

Tabla 1. Correlación formación Caballos

Datos	Los Mangos	Brisas	Superficie
$\bar{\phi}_e$ (%)	11	17	16.179
\bar{K}_{Lc} (md)	38	75-300	96.941

Los sectores reconocidos de la formación caballos que se encuentran localizados en departamento del Huila dentro de los municipios de Tesalia, Neiva, Yaguará, la Plata, El Pital de los cuales fueron realizadas las siguientes secciones:

- 1.Sector Municipio de Tesalia.
- 2.Sector Municipio de Yaguará.
- 3.Sector Municipio de Nátaga.
- 4.Sector Municipio de El Pital.

2.2.1.1. Sección del Municipio de Tesalia

En esta región fueron reconocidas dos secciones correspondientes la primera al cañón del río Yaguaracito y la segunda en el sector del puente Los Ángeles en la vía Tesalia-La Plata.

En la primera sección localizada en la cuenca de río Yaguaracito fueron reconocidos los miembros superior (formación caballos) y el miembro medio (formación Ocal). La cual se encuentra en contacto discordante con la formación Saldaña hacia su base y la formación Villeta hacia el tope. La segunda sección reconocida se presenta como un conjunto de estratificación gruesa con una potencia de 5 metros conformado por areniscas de color gris claro duras, cementadas, texturalmente están conformadas por granos de tamaño medio a fino de formas subangulares y bien seleccionadas.

2.2.1.2 Sección Municipio de Yaguará

Se presenta como un conjunto de estratificación media a gruesa con una potencia de 8 metros. Compuesta por una alternancia de areniscas y lodolitas. Las areniscas de color gris amarillento en capas medias conformadas por

cuarzo de grano fino a localmente medio de forma subredondeadas a subangulares bien seleccionadas, hialino, localmente lechoso y de formas irregulares y con matriz limosa. Composicional y texturalmente corresponden a cuarzoarenitas. Presentan buena porosidad y permeabilidad. Las lodolitas de colores amarillos rojizas y oxidadas localmente brechoides y con algunos niveles de nódulos sideríticos. Estructuralmente las rocas hacen parte de un monoclinas con rumbo N50W inclinada 30° al Noreste.

2.2.1.3. Sección Municipio de Nátaga

En esta área fueron reconocidas dos secciones correspondientes al sector de la quebrada Las Lajas y la sección entre la vía La Plata-Paicol (la panela).

En la primer sección de la Formación Caballos inferior (Alpujarra) fue reconocida a lo largo del cauce de la quebrada la lajas y se presenta como un conjunto de estratificación media a gruesa conformado por areniscas con delgadas intercalaciones de lutitas.

Las areniscas son de color gris claro a amarillento duras frescas cementadas conformadas texturalmente por granos de tamaño fino gradando hacia el tope a medio- grueso, de formas subredondeadas y bien seleccionadas. Composicionalmente corresponden a cuarzoarenita.

Estructuralmente el afloramiento reconocido se encuentra invertido de acuerdo al análisis de las estructuras sedimentarias presentes (calcos de carga). En la segunda sección el afloramiento se presenta como una pendiente estructural y está conformado por arcosas de color gris claro e impregnadas con materia orgánica reciente dándole a la roca una tonalidad oscura. Texturalmente están conformados por granos de tamaño medio a fino de formas subangulares y bien seleccionadas.

2.2.1.4. Sector Municipio de El Pital

Esta sección de la formación caballos inferior (Alpujarra) fue reconocida en la vía la plata – el Pital y se encuentra en contacto fallado hacia la base con la formación Saldaña y hacia el tope en contacto discordante con la formación Villeta. El afloramiento reconocido se presenta como un conjunto de estratificación gruesa a fina con una potencia de 20 metros, conformado por areniscas, lodolitas y lutitas. Las areniscas de color gris claro a blancusco son duras frescas friables y localmente muy fracturadas. Texturalmente sus capas presentan gradación inversa de grano muy fino hacia la base a grano conglomerático hacia el tope. Esta roca corresponde a cuarzoarenita.

La zona trabajada se encuentra altamente tectonizada con la presencia de fallas normales que generan espejos de falla y pulimiento en la roca que localmente hacen variar las propiedades petrofísicas de la roca.

2.3. Formación Monserrate

Litológicamente está constituida por cuatro miembros dos arenosos y dos lutíticos. El K4 con un espesor promedio de unos 25 metros está compuesto por arcillolitas y limolitas con un nivel de roca fosfórica. El K3 con un espesor de unos 30 metros está representado por areniscas cuarzosas blancas a grises y de grano fino a medio. La unidad K2 con un espesor de unos 30 metros, está conformada por limolitas silíceas y chert, este miembro presenta dos niveles de roca fosfórica, es muy común el intenso plegamiento de estas rocas. La unidad K1 posee un espesor de unos 35 metros y está compuesto por cuarzoarenitas de grano grueso con cemento silíceo. La formación Monserrate fue depositada en un ambiente de plataforma cercano a la línea de costa, asociado a zonas de frente de costa y plataforma (Reyes et al, 1995). Y de acuerdo a su registro fósil está datada como Campaniano a Maestrichtiano. (Beltrán y Gallo, 1968). Esta formación es productora en varios campos del Valle Superior (DK, Palogrande-Cebú entre otros).

Las muestras tomadas de la formación caballos son: PC-002, PC-003, PC-011, PC-012 y PC-017. (Véase tabla 2).

Los sectores reconocidos de la formación Monserrate que se encuentran localizados en departamento del Huila dentro de los municipios de Tesalia, Neiva, Yaguará, Teruel, Palermo, de los cuales fueron realizadas las siguientes secciones:

Tabla 2. Correlación formación Monserrate

Datos	Santa Clara	La Hocha	Superficie
$\bar{\phi}_e$ (%)	17-21	18	14,129
\bar{K}_{Lc} (md)	120-200	100	109,929

Secciones Estratigráficas de la formación Monserrate

1. Sector Municipio de Tesalia.
2. Sector Municipio de Yaguará.
3. Sector Municipio de Palermo.

2.3.1. Sección Municipio de Tesalia

La formación Monserrate fue reconocida en el sector de la quebrada los yuyos y más específicamente en la mina de roca fosfórica los yuyos. Donde fueron tomadas las muestras PC-011 Y PC-012.

El área trabajada se localiza en la vereda Yuyos, municipio de Tesalia departamento del Huila, ceñida en la plancha IGAC 344-IV-A. Al área se accede por la carretera pavimentada que de Tesalia conduce a Pacarni hasta el Km 9 y de ahí se desvía al occidente por un carreteable en buen estado que conduce a la vereda de La Hondura.

En la zona de la Mina Los Yuyos fue levantada la columna estratigráfica de la formación Monserrate con un espesor real de 95 metros. Está conformada de base a techo por el miembro K4 con un espesor de 22 mts., conformado por secuencias de lodolitas, limolitas, arcillolitas y un nivel de roca fosfórica. Las lodolitas de colores gris claras a oscuras se encuentran muy fracturadas, son fisiles blandas y representan mal sello para las trampas estratigráficas. La capa de roca fosfórica con espesores entre 0.80 y 1.20 mts. Es de forma tabular, y petrográficamente corresponde a una roca de buena compactación, de color pardo amarillento a café, y compuesta por bioclastos (70%) de formas esféricas, pellets y oolitos con tamaños de arena gruesa a muy gruesa (0.125 - 2.00 mm), intraclastos y restos de espinas de peces; la matriz es arenosa localmente calcárea y fosfática.

2.3.2. Sección Municipio de Yaguará

En este sector fueron reconocidos dos secciones, la primera en la quebrada las jesus y la segunda frente a la estación de bombeo.

En la primera sección se observa el contacto transicional entre la Formación Villeta (Olini Superior) y la Formación Monserrate (Olini Superior-Tabla). Se presenta de base a techo una secuencia de lodolitas silíceas de color gris claro localmente fisiles muy fracturadas, gradando a limolitas silíceas. El miembro K4 de la base de la formación Monserrate presenta un espesor de 25 metros. Y está conformado por lodolitas, limolitas silíceas, shales localmente calcáreos y una capa de roca fosfórica con un espesor de 30 a 40 cm. (P2O5 de 25%). Continuando por la vía a Yaguará, se encuentra en contacto neto el miembro K3 de la Fm. Monserrate, correspondiendo a un conjunto de estratificación media a muy gruesa conformado por areniscas con delgadas intercalaciones de lodolitas. Las areniscas de grano medio a fino son cuarzosas, cementadas y con buenas características de porosidad y permeabilidad. En la estación presenta un espesor real de 35 metros. Aunque por efectos tectónicos la secuencia se repite dando una apariencia de mayor espesor. Estructuralmente el área corresponde al flanco occidental de un pequeño anticlinal erosionado en su cresta y en proyección corresponde a las unidades del campo la Hocha.

En la segunda sección estudiada corresponde al contacto entre la Formación Villeta (Kv) y Formación Monserrate (K4, K3, K2 y K1). En este sector fue levantada la columna estratigráfica de las unidades aflorantes; ya que estructuralmente esta sección se correlaciona directamente con las rocas encontradas en el subsuelo en el campo las Hocha.

2.3.3. Sección Municipio de Palermo

En la sección estudiada se presenta un afloramiento de los niveles K2 y K1 de la Formación Monserrate como un conjunto de estratificación de gruesa a fina conformados por capas de areniscas, limolitas silíceas, chert y lodolitas. Estructuralmente el área corresponde a un anticlinal erosionado en su cresta y el afloramiento correspon-

de al flanco oriental. Se observan fallas normales con desplazamientos de hasta dos metros, fallas de cabalgamiento con vergencia hacia el Este y formación de pliegues producidos por las mismas. En general el rumbo es N50 a 70 E/20 a 30 NW.

2.4. Formación Gualanday

Esta formación está dividida en tres miembros: Palermo, Bache y Tesalia, respectivamente. El miembro Palermo está representado por una serie de conglomerados grises constituidos por cantos redondeados de líticos, chert y cuarzo e intercalaciones de areniscas en capas de estratificación masiva a gruesa. El miembro Bache está constituido por arcillolitas y lodolitas moteadas y algunos niveles de areniscas y conglomerados. El miembro Tesalia está representado por otra serie de conglomerados oligomíticos con fragmentos de cuarzo lechoso y chert negro, con ligeras intercalaciones de areniscas y arcillolitas varicoloreadas. El material clástico que constituye a los miembros Palermo y Tesalia probablemente fueron derivados de la cordillera central y distribuidos sobre una planicie a manera de amplios abanicos aluviales con fuertes corrientes fluviales. El miembro Bache se depositó sobre una gran planicie asociada a extensos pantanos y algunas corrientes fluviales débiles. La edad de la formación Gualanday corresponde al Eoceno superior según dataciones paleontológicas².

Esta formación es productora del campo Dina Cretáceo y es de gran interés por parte de Museo Geológico para realizar una investigación más profunda de esta ya que las características litológicas, texturales y petrográficas hacen que sean rocas clásticas de bajas propiedades petrofísicas.

Esta formación es productora del campo dina cretáceo y es de gran interés por parte de Museo Geológico para realizar una investigación más profunda de esta ya que las características litológicas, texturales y petrográficas hacen que sean rocas clásticas de bajas propiedades petrofísicas. Así también hasta hace poco tiempo no se consideraba como una formación productora, ya que se tenía la concepción que la unidad productora del campo Dina cretáceo era la formación Honda. Petrominerales como empresa asociada en producción con Ecopetrol para ese campo determino que la formación Gualanday era la productora de esta zona.

Las muestras tomadas de la formación Gualanday son: PC-007, PC-008, PC-013, PC-014, PC-015 Y PC-016.

Los sectores reconocidos de la formación Gualanday que se encuentran localizados en departamento del Huila dentro de los municipios de Neiva, Palermo, Santa María, Tesalia, Yaguará, Teruel y Palermo. Los cuales fueron realizadas las siguientes secciones:

Secciones estratigráficas de la formación Gualanday:

1. Sector Municipio de Palermo.
2. Sector Municipio de Tesalia.
3. Sector Municipio de Yaguará.

2.4.1. Sección Municipio de Palermo

En el punto de control se presenta el contacto discordante entre Formación Guaduala y la Formación Gualanday (Paraconformidad). En reconocimiento realizado aflora la base del miembro Palermo conformado por conglomerados oligomíticos en capas de estratificación masiva a muy gruesa.

La sección estudiada corresponde a la zona de contacto entre la formación Guaduala y el miembro Palermo de la formación Gualanday el cual tiene en la zona un espesor de 42 metros y está conformado por una secuencia heterogénea de conglomerados con intercalaciones de areniscas y algunos niveles de arcillolitas.

Los conglomerados dominan en proporción y están conformados por fragmentos heterogéneos de cantos guijas, guijarros y gránulos de formas subredondeadas a subangulares, muy fracturados y mal seleccionados, composicionalmente corresponde a un conglomerado olicmítico conformado por fragmentos de sílice en forma de ágatas, calcedonia, jaspe, jade y fragmentos de chert negro los cuales están recubiertos por una pátina plateada denominada barniz del desierto embebidos en una matriz arenoarcillosa.

2.4.2. Sección Municipio de Tesalia

En este sector se reconocieron dos secciones la primera en la vía Hobo-Tesalia y la segunda en el Puente de arco vía Palermo-Guácimos.

La primera sección estudiada se presenta como un afloramiento de estratificación gruesa masiva con una potencia de 25 metros conformado por una secuencia de conglomerados oligomíticos intercalados con niveles delgados de areniscas en capas delgadas a medias y niveles de arcillolitas de aspectos lenticulares. Los conglomerados de color gris rojizo con tonalidades amarillas están compuestos texturalmente por guijas guijarros y cantos de formas subredondeadas a redondeadas regularmente seleccionados y conformados por fragmentos de cuarzo lechoso chert negro y minerales silicios criptocristalinos como ágatas, jades y jaspes embebidos en una matriz arenosa de grano medio a fino y cementados con sílice y óxidos de hierro dándole aspecto rojizo al afloramiento⁴.

La segunda sección se presenta como un conjunto de estratificación gruesa a masiva en capas de formas tabulares a lenticulares formando cuñas y generando trampas estratigráficas, conformadas por conglomerados con delgadas capas de areniscas y lodolitas. En esta sección fue reconocida la columna estratigráfica levantada por el INGEOMINAS y fueron tomadas dos muestras para análisis petrofísico.

2.4.3. Sección Municipio de Yaguará

En este sector fueron reconocidos en la Vía Neiva – Yaguará – Teruel con dos secciones, en la primera la Formación Gualanday Miembro Palermo. Banco de conglomerados de Guijos y guijarros matriz soportados, mal seleccionados constituidos principalmente por fragmentos de chert oscuro (negro y marrón) como también fragmentos de sílice criptocristalinas (piedras semipreciosas como ágata, jaspes, sílex o pedernal embebidos en una matriz arenoarcillosa y cementados con sílice lo que hace que pierda las características petrofísicas de porosidad y permeabilidad.

En la segunda sección se reconoció la Formación Gualanday Miembro Tesalia, que se presenta en Bancos lenticulares de conglomerados oligomíticos de chert negro y marrón (pátina del desierto) y fragmentos de sílice criptocristalina (piedras semipreciosas) con algunas gradaciones a areniscas conglomeráticas con pequeñas intercalaciones de arcillolitas grises y violetas. Los contactos entre las capas de areniscas y conglomerados son netos paralelos levemente ondulados.

2.5. Formación Honda

Se puede dividir en Honda Inferior constituida por intercalaciones de arcillolitas rojas, café rojizas y grises verdosas, interestratificadas con arenitas, algunas veces conglomeráticas, grises a grises verdosas y Honda Superior, conformada predominantemente por arenitas grises a blancas con algunas intercalaciones de lodolitas café rojizas a gris verdosas. Se depositó en ambientes fluviales, con facies de canal, abanicos de rotura (crevasseplay), llanura de inundación y lagos pantanosos. En algunos campos como Dina Terciarios es una formación productora.

Las muestras tomadas de la formación Honda son: PC-018, PC-019, PC-020, PC-021 y PC-022. (véase tabla 3).

Tabla 3. Correlación Formación Gualanday

Datos	Dina Cretáceo	Superficie
$\bar{\phi}_e$ (%)	14-18	17,494
\bar{K}_{lc} (md)	25-31	82,653

Los sectores reconocidos de la formación Honda que se encuentran localizados en departamento del Huila dentro de los municipios de Neiva, Aipe y Yaguará, de los cuales fueron realizadas las siguientes secciones:

Secciones Estratigráficas de la formación Honda

1. Sector Municipio de Neiva.
2. Sector Municipio de Yaguará.

2.5.1. Sección Municipio de Neiva

Esta sección fue reconocida La formación honda productora de Dina Terciario fue reconocida por el carretable al balneario Amborco en el río bache donde aflora la base y parte media de esta formación.

2.5.2 Sección Municipio de Yaguará

Esta sección fue reconocida en el sector del sitio de presa de Betania donde aflora la parte superior de la formación Honda y la cual en el sector está conformada por un paquete de estratificación gruesa a media conformada por conglomerados niveles lenticulares de areniscas y arcillolitas, en este sector fueron tomadas 8 muestras con buenas características petrofísicas aunque en el laboratorio no se pudieron procesar por lo friables de estas.

3. Resultados

3.1. Correlación subsuelo con superficie

Los cálculos obtenidos en superficie mostraron la similitud y los cambios que sufre una roca almacén, al estar sometida a presiones bajas, temperatura y erosión. En la tabla 4 se presenta el promedio de los resultados obtenidos en el permeámetro a gas y porosidad medida con el porosímetro de expansión de helio, tomando como referencia los valores encontrados subsuelo de las formaciones productoras de la subcuenca Neiva, correlacionadas con los campos productores de estas¹.

Tabla 4. Correlación formación Honda

Datos	Dina Terciario	Superficie
$\bar{\phi}_e$ (%)	18-22	9,205
\bar{K}_{Le} (md)	25-75	66,336

Con base en la información aquí compilada geológicamente y petrofísicamente las formaciones productoras son representadas por los campos Dina Cretáceos, Brisas, Santa Clara y Dina Terciarios. Ya que estos campos son productores de las formaciones de la Subcuenca Neiva que fueron objeto de estudio en este proyecto de grado⁵.

Se caracterizaron y analizaron los cambios presentados en el proceso de meteorización sufridos por las rocas de las formaciones productoras de la subcuenca de Neiva, representadas en los campos anteriormente mencionados. Debido a esto se correlacionó petrofísicamente dichas formaciones en superficie con las del subsuelo con el fin de observar los cambios ocurridos en dicho proceso, como afectan estos eventos la roca almacén y la producción de los campos petroleros en la Subcuenca Neiva.

Se correlaciono el cálculo de los parámetros permeabilidad y porosidad promedio de las formaciones productoras que indican los cambios que sufren las rocas al ser sometidas a condiciones de presión y temperatura atmosférica principalmente.

4. Conclusiones

Las formaciones Honda, Caballos y Monserrate se encuentran en zonas tectónicamente inestables, debido a esto su composición mineralógica es inmadura, por lo tanto la porosidad se reduce significativamente respecto a la encontrada en fondo.

Las porosidades promedias de las formaciones Honda, Caballos y Monserrate, en superficie es menor a la de fondo, debido a que el cemento de la roca es diluido por los efectos erosivos. Llevando esto a que los minerales, limos y arcillas presentes en las rocas se depositen en los poros que anteriormente se encontraban vacíos en el subsuelo.

Las permeabilidades promedio de la formación Gualanday en superficie es mayor a la encontramos en fondo, debido a que la roca posee buena cementación y no ha sido afectada por los efectos erosivos y la saturación de agua del medio.

La formación Gualanday no ha sufrido cambios significativos en su porosidad promedio. Al correlacionarlos con los datos de fondo, esta se encuentra en el rango ya que la roca mantiene sus características mineralógicas como cemento, tamaño de grano y bajo contenido de partículas finas.

Las correcciones de permeabilidad hechas por el efecto Klinkenberg, no varían significativamente debido a que las burbujas de gas no están afectadas por la presión, temperatura, tipo de gas, efectos capilares y velocidades altas que generan flujo turbulento.

En la mayoría de las formaciones la correlación de porosidad es aceptable.

5. Referencias bibliográficas

1. Beltrán, N. & Gallo, J. 1968. The Geology of the Neiva Sub-basin, upper Magdalena basin, southern portion. – IX Annual Field Conference, Colombian Society of Petroleum Geologists and Geophysicists. Reprinted in: Geological Field Trips Colombia 1959-1978, Geotec Ltda. Ed., 1980, p. 253-275, Bogotá.
2. Blanco, M.A. Geología Estructural del Piedemonte Oriental de la Cordillera Central entre los Municipios de Yaguará y Palermo, Valle Superior del Magdalena. Departamento Del Huila (Colombia).
3. Butler, Kim. Robert 1983. Andean type Foreland deformation: Structural development of the Neiva Basin, Upper Magdalena Valley, Colombia. (Volumen I and II).
4. Buitrago, J., 1994. Petroleum Systems of the Neiva Area, Upper Magdalena Valley, Colombia, in Magoon, L.B. and W. G. Dow, eds., The Petroleum System – from source to trap: AAPG Memoir 60.
5. Caicedo A. & Roncancio J. 1992. Estratigrafía del Grupo Gualanday y modelo tectónico-sedimentológico del terciario en el Valle Superior del Magdalena. Trabajo de Grado No Publicado Univ. Nacional.
6. _____ Cediel, F., Mojica, J. y Macia, C. 1980. Definición Estratigráfica del Triásico en Colombia, Suramérica. Formaciones Luisa, Payandé y Saldaña. News letter Stratigr., 9(2):73-104.
7. Cristian m. Esquivel g. & Andrés f. Alarcón O. 2011. Validación de la evaluación petrofísica de un campo maduro realizada mediante los métodos no convencionales lógica difusa, redes neuronales y máquinas de soporte vectorial. Trabajo de grado publicado Univ. Surcolombiana.
8. Vargas, R. 2010. Estratigrafía del Jurásico de la Región Surcolombiana USCO.
9. Vargas, R. 2002. Proyecto de Integración Cartográfica de la Geología de la Cordillera Central y Occidental de Colombia Aplicada a la Exploración Aurífera, Geotec Ltda. Anglo Gold Ashanti Colombia.
9. Vargas, R. 1995. Estratigrafía de la Formación Monserrate Mina los Yuyos. USCO.
10. Vargas Cuervo R., Proyecto de integración cartográfica de la geología de la cordillera central y occidental de Colombia aplicada a la exploración aurífera, GEOTEC LTDA. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA.
11. Vargas Cuervo R. 2006. Proyecto de exploración aurífera en el Departamento del Huila. ANGLO GOLD ASHANTI COLOMBIA.
12. Vargas Cuervo R., Lamilla Galindo J. 2010. Reconocimiento Geológico de la cobertura Productiva de la Subcuenca de Neiva Huila Colombia Field Trip PETROMINERALES 2010.
13. Vargas Cuervo R. 2012. Reconocimiento Geológico y Petrográfico de las rocas ígneas intrusivas del jurasico y su relación con la formación Saldaña del Alto Magdalena, Colombia”, ECOSURC.
14. Vargas Cuervo R. 1998. Petrología sedimentaria (Texto Guía). Universidad Surcolombiana. 1998.
15. Vargas Cuervo R. 1999. Geología Física para Ingenieros (Texto Guía). Universidad Surcolombiana.