



Posible existencia de la Faja Alleghanide en el Noroeste del Perú sugerida por dataciones Ar-Ar y U-Pb: Implicancias para el sistema petrolero de la cuenca Talara

Diego Timoteo, Darwin Romero, y Kiko Valencia

Savia Perú S.A., Av. Rivera Navarrete 501, Piso 11, San Isidro, Lima, Perú (diego.timoteo@saviaperu.com, darwin.romero@saviaperu.com, kiko.valencia@saviaperu.com)

1. Introducción

La faja de los Alleghanides fue reconocida inicialmente en Norteamérica, en la Montaña de los Apalaches (Woodward, 1958, citado por Ramos et al., 2000), y corresponde a un evento de deformación que afecta a rocas del Paleozoico superior, como consecuencia de la colisión de Laurentia con Gondwana Occidental y el posterior cierre final del Océano Reic (Ramos et al., 2000). Dicha cadena fue diacrónicamente formada durante el Carbonífero superior y el Pérmico (Hatcher et al., 1989, en Ramos et al., 2000), siendo correlacionable con la “fase tectónica tardihercínica”.

En el Perú y Sudamérica los primeros trabajos que hacen referencia a esta cadena corresponden a Ramos (2000 y 2009), quien menciona que durante la Orogenia Alleghanide piezas de Laurentia, tales como el Terreno Tahami y el Terreno Tahuin se quedaron en los Andes del Norte. Bellido et al. (2009) mencionan que el bloque Amotape-Tahuin comprende un bloque para-auctótono de Gondwana, por lo cual el equivalente de los Alleghanides en el Perú estaría ubicado en el Noroeste. Por otro lado, en los últimos años se han realizado diferentes trabajos referentes a tectónica, estratigrafía, dataciones isotópicas y estudios geoquímicos del magmatismo en el Noroeste del Perú (Alarcón et al., 2011; Cardona et al., 2008; Bellido et al., 2008, 2009; Sánchez et al., 2006; Ramos, 2009), pero sin que ellos brinden una interpretación integrada a nivel tectónico.

Acorde con lo antes expuesto, el presente trabajo da a conocer recientes dataciones Ar-Ar y U-Pb realizadas en rocas intrusivas y volcánicas ubicadas en el offshore del

Noroeste peruano, las cuales, sumadas a los datos de anteriores estudios, permiten interpretar la posible existencia de la faja de los Alleghanides en el Noroeste peruano, y así mismo interpretar la influencia de esta orogenia en la existencia comprobada de reservorios naturalmente fracturados de hidrocarburos, pertenecientes al Grupo Amotape (Alarcón et al., 2011).

2. Geología del Paleozoico y Mesozoico del Noroeste del Perú

2.1. Paleozoico

La secuencia del Paleozoico en el Noroeste peruano está representada por la Formación Salas, el Grupo Amotape, y por rocas intrusivas en el offshore.

La Formación Salas (Ordovícico) está compuesta predominantemente por pizarras y esquistos micáceos de color oscuro, y por cuarcitas replegadas de color gris verdosa, presentando una deformación importante.

El Grupo Amotape (Devónico – Carbonífero) está conformado por la Fm Cerro Negro, compuesta principalmente por pizarras y esquistos de color gris oscuro. La Fm Chaleco de Paño (Missisipiano) le suprayace en discordancia y consiste de cuarcitas, areniscas de colores gris oscuras y blanquecinas, y lutitas gris oscuras. Hacia el tope descansa discordante la Fm Cerro Prieto (Pensilvaniano), conformada por areniscas cuarzosas, conglomerados, lutitas y calizas azuladas.

Finalmente en la parte superior se tiene a la Fm Palaus (Pérmico), que consiste de areniscas blanquecinas y rojizas, lutitas y conglomerados.

2.1.1. Intrusivo San Miguel

Se da esta denominación al intrusivo que fue penetrado durante la perforación del pozo San Miguel 1X (SM1-1X: 587140 mE, 9238280 mN, WGS-84), el año 2009 por la empresa Savia Perú (antes Petro-Tech). Dicho pozo se ubica frente a la costa de Chiclayo (Fig. 4) y llegó a cortar aproximadamente 2000' de rocas intrusivas descritas como diorita en los cuttings. El estudio petro-minerográfico en sección delgada, muestra que los cuttings se encuentran muy alterados y están compuestos por minerales de plagioclasa, anfíbol y cuarzo, lo que indica que corresponde a una roca ígnea de composición

intermedia a gabroica (Valencia, 2009).

2.1.2. Edad del Intrusivo San Miguel

Se recolectaron muestras de cuttings de un intervalo del intrusivo cortado por el pozo SM1-1X (muestra Z-6, ID ActLabs YK-44). La muestra compilada fue enviada al Laboratorio *Activation Laboratories Ltd.* (Dr. Yakov Kapusta) donde se realizó la datación por el método Ar/Ar sobre plagioclasa, obteniéndose los resultados que se ilustran en las figuras 1 y 2. Así mismo se observa que la edad de enfriamiento más probable del intrusivo San Miguel es 259.5 ± 12.3 Ma (Pérmico superior, con la observación que el rango de incertidumbre sobre esta datación es muy importante, del orden de 25 My, lo que probablemente se debe al grado de alteración de las plagioclasas datadas).

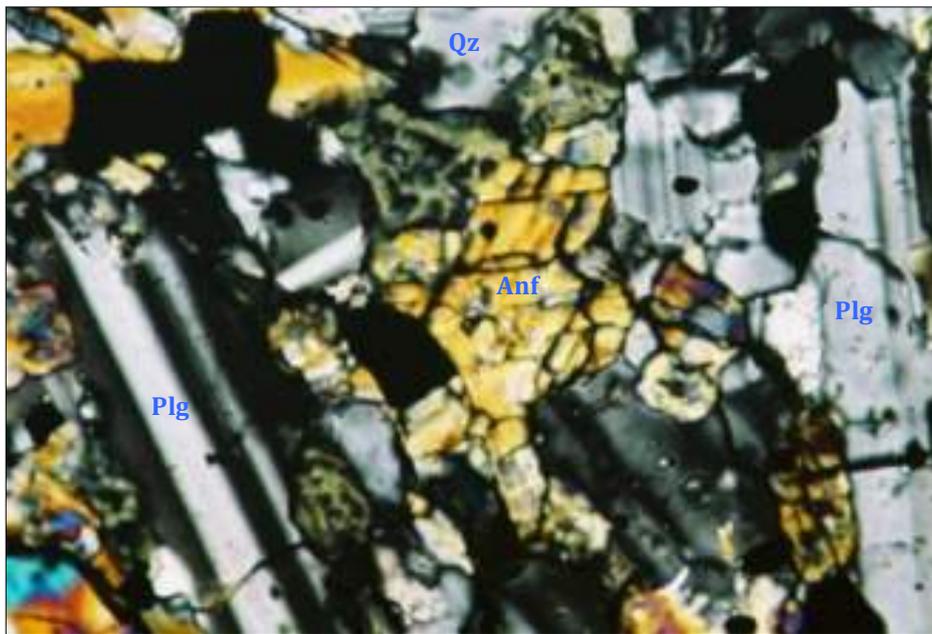


Figura 1. Sección delgada del Intrusivo San Miguel: presenta plagioclasas, cuarzos y anfíboles (eje X de la foto: 0.45 mm, NX).

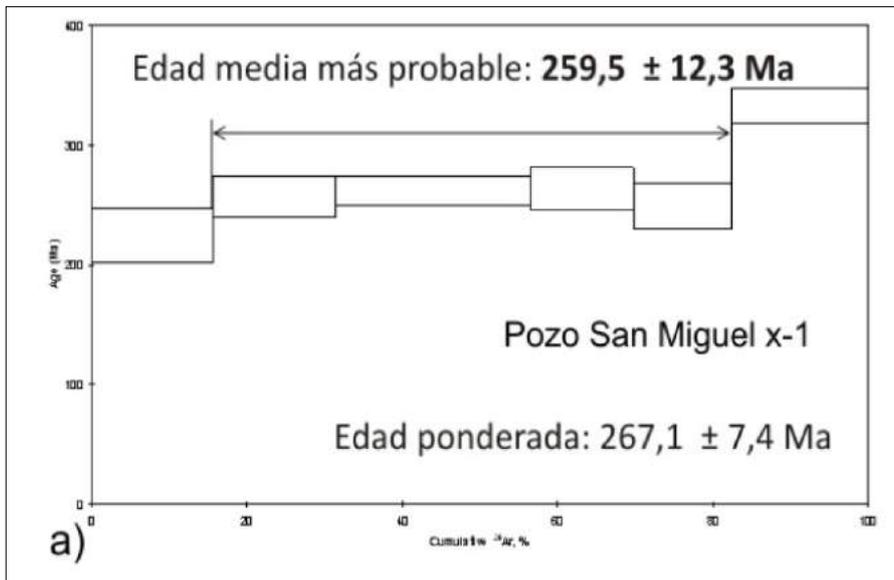


Figura 2. Datación Ar/Ar sobre plagioclasa del Intrusivo San Miguel.

2.2. Mesozoico

En el extremo Noroeste peruano, está representado únicamente por rocas intrusivas de edad Triásico (Cardona et al., 2008; Bellido et al., 2008; Sanchez et al., 2006). Dichas rocas corresponden a granitoides peraluminados (Bellido et al., 2008, 2009), que intruyen a rocas metamórficas del Paleozoico y se extienden desde Higuierón por el Norte hasta el Macizo de Illescas por el

Sur (Fig. 3). Hacia la zona de Chiclayo-Malabrigo se tiene rocas volcánicas de composición andesita-basalto, piroclastos y esporádicos niveles de areniscas y lutitas; que conforman los depósitos de la Formación Oyotún y se extienden hacia el Norte por Amazonas (Fig. 3). Dentro de estos afloramientos se tiene a los volcánicos de la Isla Macabí.

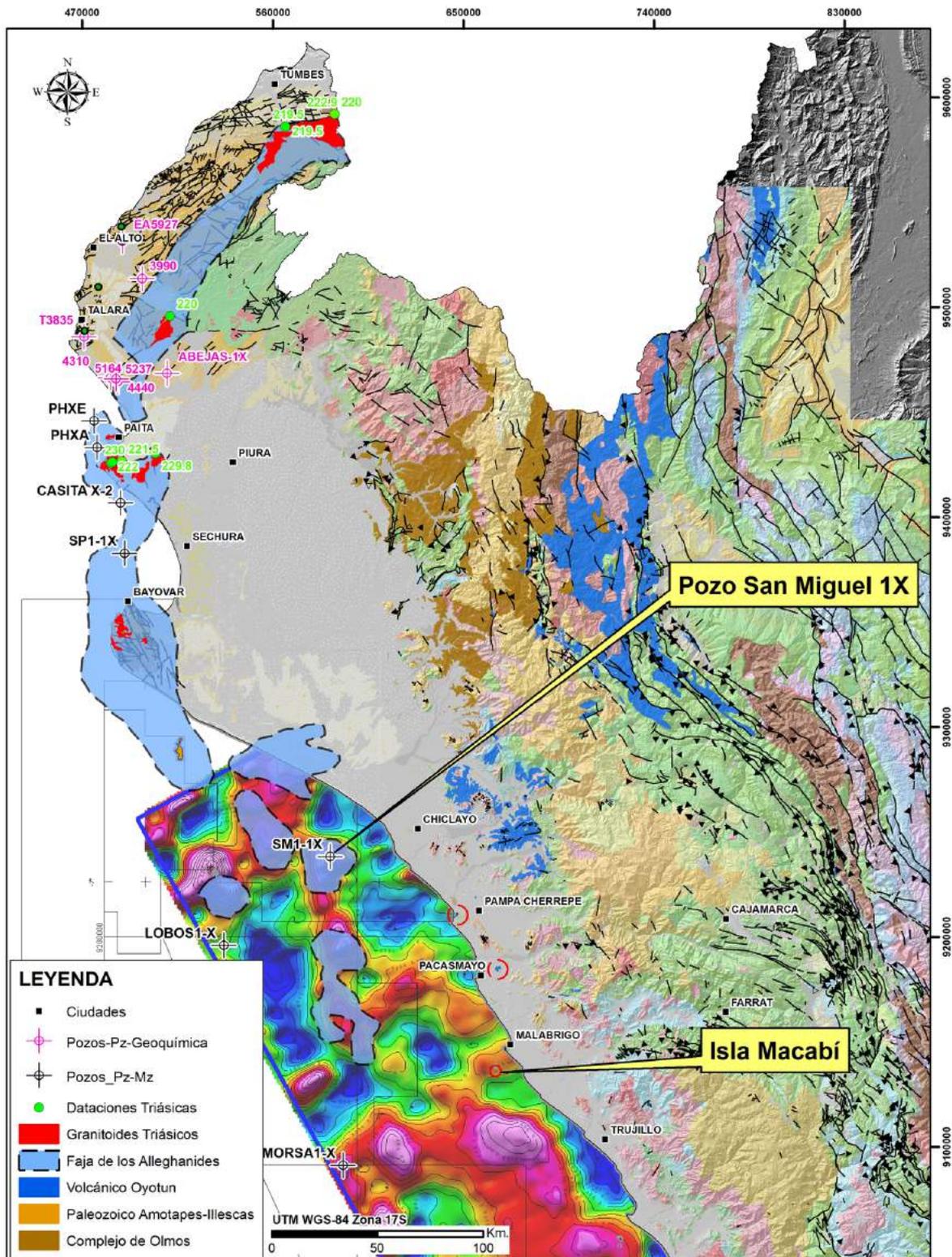


Figura 3. Mapa geológico en superficie y residual de anomalías de Bouguer en offshore, mostrando la interpretación de la posible Faja de los Alleghanides.

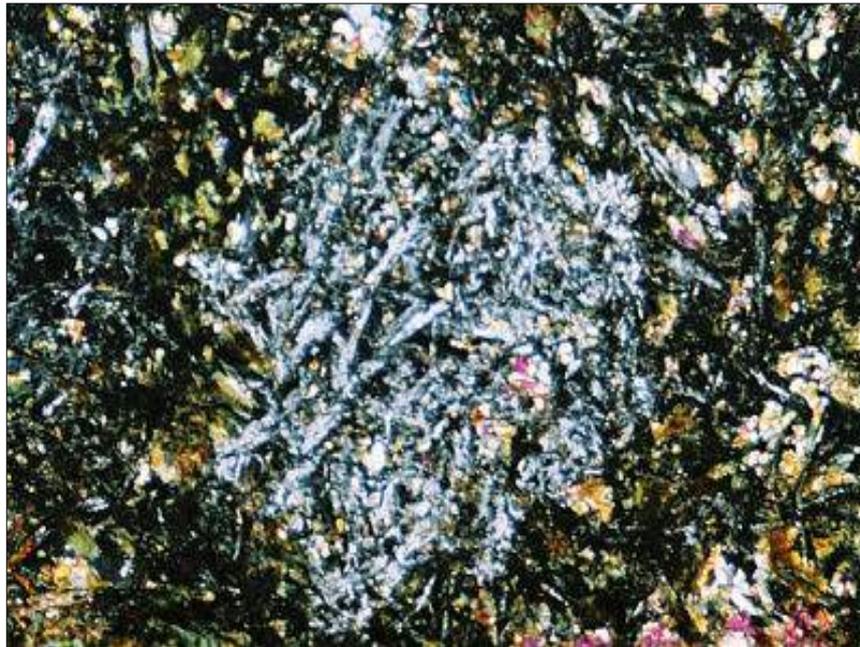


Figura 4. Plagioclasas y anfíboles alterados en una muestra de la andesita basáltica Macabí (eje X de la foto: 0.45 mm, NX).

2.2.1. Rocas volcánicas de la Isla Macabí

Esta isla se ubica frente a la costa peruana del departamento de La Libertad, a unos 7 km de la costa, a los $-7^{\circ} 47' 35''$ de latitud y $-79^{\circ} 29' 40''$ de longitud (Fig. 3). El reconocimiento de campo en la isla evidenció rocas volcánicas de composición andesítica, fuertemente fracturadas y alteradas. El estudio petro-minerográfico en sección delgada (muestra Z-35, ID ActLabs YK-45), indica la presencia de plagioclasas, clinopiroxenos, anfíboles, clinozitas y algunos granos de granate, que corresponden a una andesita basáltica con alteración (Fig. 4).

distribuidas de la siguiente forma: 1059.3 ± 5.4 , 843.6 ± 1.3 , 243.5 ± 0.2 , 243.0 ± 0.1 , y 217.5 ± 0.9 Ma (Figs. 5 y 6).

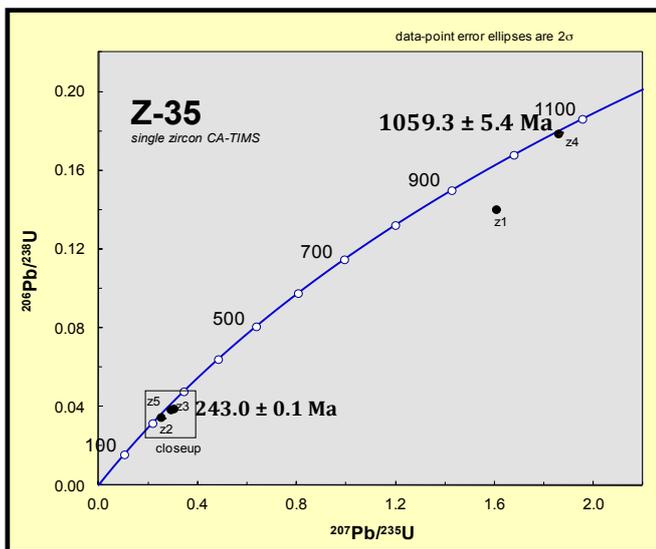


Figura 5. Dataciones U-Pb de 5 circones encontrados en la andesita basáltica Macabí.

2.2.2. Edad de la andesita basáltica Macabí

El estado de alteración que posee la andesita basáltica de la Isla Macabí hizo que no se pudieran datar por otro método que no fuese U-Pb en circones. De esta manera se analizó una muestra mediante U-Pb (SHRIMP) con muy escasos circones, de los cuales se obtuvieron cinco edades

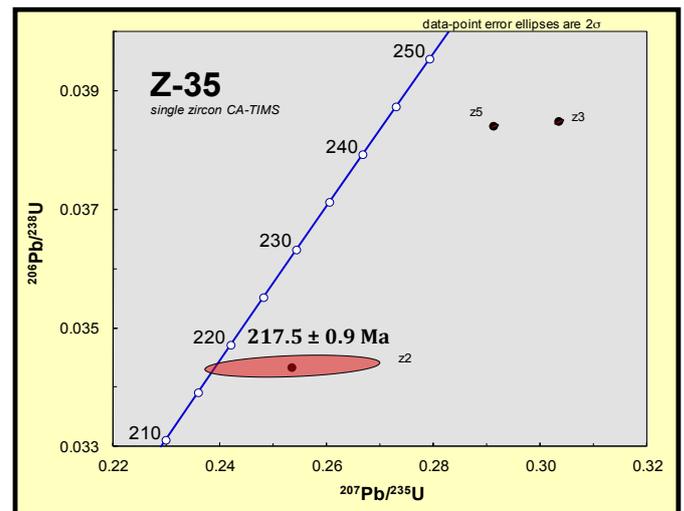


Figura 6. Los circones presentes en la andesita basáltica Macabí indican una edad máxima de 217.5 ± 0.9 Ma (Triásico superior).

Sin embargo, la datación mediante circones de un basalto, roca cuya composición por lo general no tiene circones en su cristalización, sólo permite conocer su edad máxima, debido a que estas edades corresponden con mayor probabilidad a la roca caja atravesada.

Por lo tanto, las edades obtenidas indican que los basaltos atravesaron posiblemente rocas ígneas ácidas de edad Pérmico superior a Triásico basal, pertenecientes posiblemente a una extensión sur del magmatismo reconocido en el macizo de Illescas (Cardona et al., 2008). Por consiguiente los volcánicos de la Isla Macabí tendrían una edad máxima de 217.5 ± 0.9 Ma (Triásico superior), y una edad mínima del Cretáceo inferior, ya que estas rocas volcánicas infrayacen a las areniscas y lutitas del Grupo Goyllarisquizga reconocidas en Puerto Malabrigo. Por lo tanto se les asigna una edad jurásica.

3. Posible existencia de los Alleghanides

En el Noroeste del Perú entre Chiclayo y la frontera con el Ecuador, las rocas de basamento comprenden el Complejo de Olmos, supuestamente de edad Precámbrica, y estratos del Paleozoico que presentan características faunísticas, sedimentarias, y hasta tectónicas, similares a la cuenca paleozoica de Colombia y Venezuela (Dalmayrac et al., 1988). Estas rocas se hallan cortadas por numerosos intrusivos. Los eventos ígneos más antiguos parecen corresponder al intrusivo de San Miguel (259.5 ± 12.3 Ma, Pérmico superior), al metamorfismo datado por Cardona (2006) en el gneis del Macizo de Illescas (257 ± 8 Ma) y a las posibles rocas ígneas ácidas de edad Triásico superior cruzadas por las rocas volcánicas en la Isla Macabí.

Así mismo cabe mencionar que las rocas del Paleozoico superior del Noroeste peruano se hallan plegadas aparentemente por la "fase tardihercínica" del Pérmico medio (Dalmayrac et al., 1988). Por consiguiente podemos interpretar preliminarmente que el evento ígneo del Pérmico superior-Triásico inferior? ($257-243$ Ma), sumado al plegamiento de las secuencias del Paleozoico superior, se originó en relación con el evento tectónico compresivo que generó la orogenia de los Alleghanides

durante la colisión de Laurentia con Gondwana, creando la cadena de los Apalaches en el Pérmico medio (parte central) y que hacia el borde Suroeste (Noroeste peruano) se habría dado en el Pérmico superior, así como también lo sugieren Cardona et al. (2008).

Cabe mencionar que el supuesto terreno Amotape-Tahuin correspondería a Gondwana, como lo sugieren también Bellido et al. (2009), y no a pedazos de Laurentia como lo sugiere Ramos (2009).

Posterior a la colisión en el Triásico superior (227–214 Ma), se produjo el emplazamiento de los granitoides triásicos que se evidencian en Illescas, Paita y los Amotapes. Dichos elementos conforman regionalmente una faja que se extiende hacia la Cordillera Real en Ecuador (Cardona et al., 2009). Los granitoides emplazados en el dominio Amotape-Tahuin presentan características petrológicas y geoquímicas que han sido interpretadas como la fusión de corteza continental (Bellido et al., 2008, 2009), y estarían relacionados con el rifting y adelgazamiento cortical en el Triásico superior (~225 Ma) que generó la ruptura de Pangea (Bellido et al. 2008; Ramos, 2009).

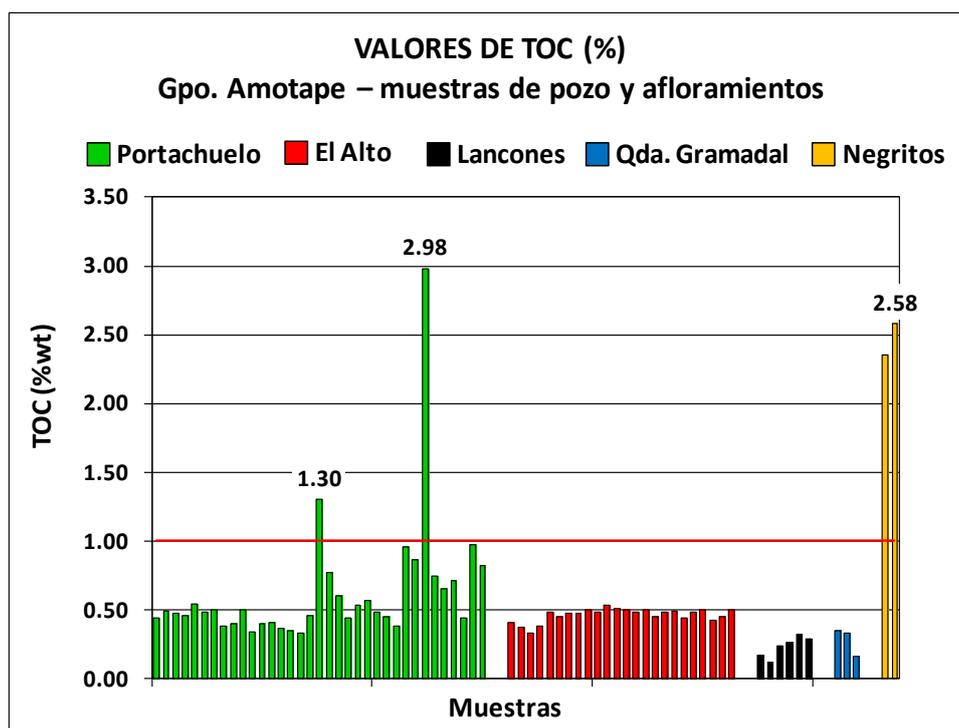


Figura 8. Valores de carbón orgánico total (TOC) de muestras del Grupo Amotape. La información proviene de 9 pozos, 8 perforados en la cuenca Talara y 1 perforado en la Cuenca Lancones, y 3 muestras de afloramiento.

4. Implicancias para el sistema petrolero Redondo-Amotape

Desde el punto de vista económico, esta faja de rocas paleozoicas juega un papel importante en lo que va de las trampas y reservorios del sistema petrolero Redondo-Amotape de la cuenca Talara. Por el contrario muestra poca probabilidad de haber jugado el rol de roca madre en el Noroeste peruano.

4.1. Trampas

La colisión-deformación sufrida durante el Pérmico y los eventos tectónicos posteriores de las "orogenias peruana y andina" provocaron el levantamiento, reacomodo y basculamiento de rocas paleozoicas, generando una configuración estructural de bloques fallados, que

representan potenciales trampas estructurales prospectivas por hidrocarburos contenidos en reservorios naturalmente fracturados (RNF) del Grupo Amotape. El mapeo estructural de la discordancia del tope del Paleozoico hace ver estas trampas como anticlinales cerrados, pero en realidad son bloques fallados cubiertos, en discordancia angular, por rocas sellos, y en algunos casos por lutitas de la Fm Talara (Eoceno Medio) como es el caso de los campos San Pedro, San Pedro Este, Esperanza, San Francisco, y en otros casos cubiertos por lutitas de la Fm Redondo (Campaniano-Maastrichtiano) en los campos de Portachuelo y Laguna-Zapotal.

4.2. Rocas reservorios

Por otra parte, las rocas del Paleozoico superior han probado ser reservorios naturalmente fracturados (RNF) de hidrocarburos en todos los campos descritos anteriormente. Estas rocas se encuentran compuestas principalmente por cuarcitas, arcilitas, y horizontes de filitas que presentan un grado moderado de metamorfismo.

4.3. Potencial de roca madre

Se obtuvo información de 9 pozos, de los cuales 8 han sido perforados en la cuenca Talara (5164, 5237, 4310, 4440, 5975, 3990, 5927 y 3835) y 1 perforado en la cuenca Lancones (Abejas 1X), y algunas muestras de afloramiento, conformando un total de 70 muestras analizadas (Petroperu, 1983; Perupetro-LCV, 1999; Pluspetrol, 2001).

Los valores de TOC en lutitas del Grupo Amotape tienen en promedio 0.57 % wt y con algunas excepciones llegan hasta 2.98 % wt (Fig. 7), lo cual indica una calidad pobre desde el punto de vista de contenido de materia orgánica (MO), salvo en el área de Negritos donde un par de datos lo muestran de buena calidad.

Por otra parte, se evaluó la madurez termal a través de la reflectancia de vitrinita sobre 20 muestras, que varía entre 0.55 y 6.10 %, indicando en general un estado de madurez termal que varía de madura a sobremadura (Fig. 8).

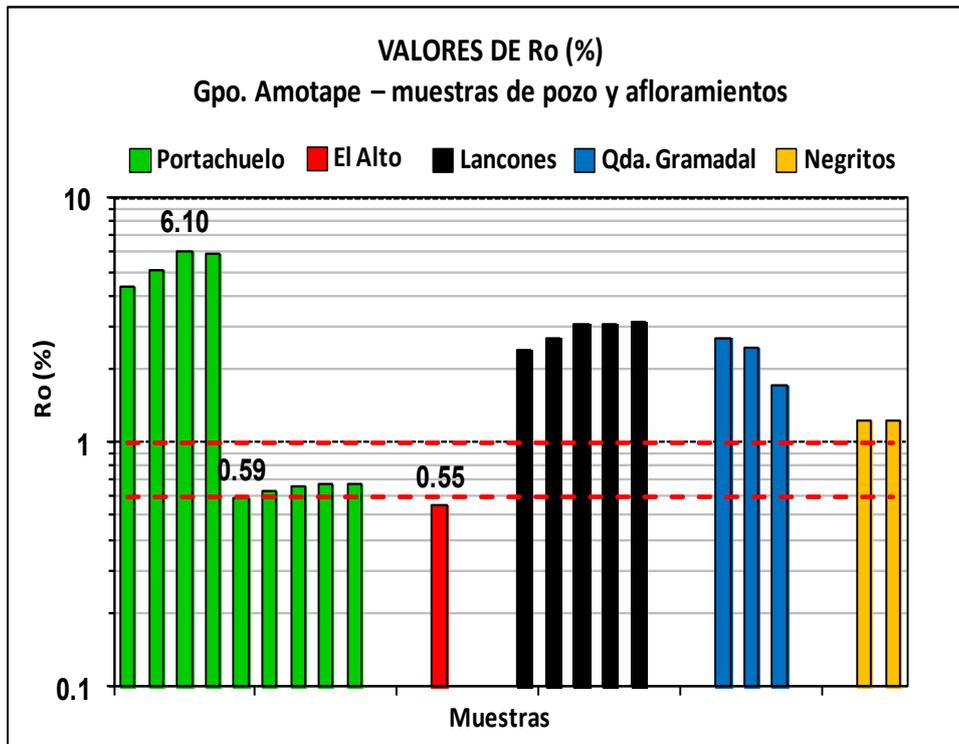


Figura 9. Valores de reflectancia de vitrinita (Ro) de muestras del Grupo Amotape. La información proviene de 9 pozos, 8 perforados en la cuenca Talara y 1 perforado en la Cuenca Lancones, y 3 muestras de afloramiento.

5. Conclusiones

Se ha interpretado de manera preliminar que los eventos ígneos más antiguos en el Noroeste peruano corresponden al intrusivo de San Miguel (259.5 ± 12.3 Ma, Pérmico superior; este trabajo), al metamorfismo datado en el gneis del Macizo de Illescas (257 ± 8 Ma; Cardona, 2006), y los posibles intrusivos de edad Triásico superior atravesados por el volcánico Macabí. Sumados al plegamiento de las rocas paleozoicas, parecen estar relacionados al evento tectónico compresivo que generó

la orogenia de los Alleghanides durante la colisión de Laurentia con Gondwana en el Pérmico medio (Norteamérica), y que hacia el borde suroeste de Gondwana (Noroeste peruano) se habría dado en el Pérmico superior, así como también lo sugieren Cardona et al. (2008).

Desde el punto de vista económico, esta faja paleozoica a triásica juega un papel importante para las posibles trampas (configuración estructural de bloques fallados

cubiertos por rocas sellos del Eoceno o Cretáceo superior) y reservorios (RNF) del sistema petrolero Redondo-Amotape de la cuenca Talara, que continua siendo explorado en la misma cuenca y sirve de modelo análogo para la exploración de las cuencas vecinas.

Agradecimientos

Los autores agradecen a Savia Perú por permitir presentar este trabajo; y al Ministerio de Agricultura, representado por el área de Pro-Abonos, por permitir nuestro ingreso a la Isla de Macabí.

Referencias

- Alarcón et al. 2011. Evolución tectónica de la bahía de Sechura y su implicancia en la acumulación de hidrocarburos. VII INGEPET, Lima.
- Bellido et al. 2008. Los Granitoides peraluminicos triásicos de los Cerros de Amotape y del Macizo de Illescas (Noroeste de Perú): Implicancias para la evolución geodinámica del terreno Amotape. XIV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos.
- Bellido et al. 2009. Datación y caracterización geoquímica de los granitoides peraluminicos de los Cerros de Amotape y de los Macizos de Illescas y Paita (Noroeste de Perú). Bol. Soc. Geol. Peru, v. 103, p. 197-213.
- Cardona et al. 2008. U-Pb SHRIMP zircon, ^{40}Ar - ^{39}Ar geochronology and Nd isotopes from granitoid rocks of the Illescas Massif, Peru: A southern extension of a fragmented Late Paleozoic orogen? 6th South American Symposium on Isotope Geology, Bariloche, Argentina, Proceedings, Abstracts p. 78.
- Cardona et al. 2009. Grenvillian remnants in the Northern Andes: Rodinian and Phanerozoic paleogeographic perspectives. Journal of South American Earth Sciences, v. 29, p. 92-104.
- Dalmayrac et al. 1988. Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos. INGEMMET. PERUPETRO-LCV. 1999. Estudios de investigación geoquímica del potencial de hidrocarburos, Lotes del Zócalo y de Tierra. Reporte interno Perupetro.
- Ramos et al. 2000. Tectonic evolution of the Andes. In: Cordani et al., 2000, p. 635-685.
- Ramos, V.A. 2009. Anatomy and global context of the Andes: Main geologic features and the Andean orogenic cycle. Geological Society of America, Memoir 204, p. 31-65.
- Romeuf et al. 1995. Middle Jurassic volcanism in Northern and Central Andes. Revista Geológica de Chile, v. 22, p. 245-259.
- Sánchez et al. 2006. Puesta en evidencia de granitoides triásicos en los Amotapes-Tahuín: Deflexión de Huancabamba. XIII Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos, p. 312-315.
- Valencia, K. 2009. Reporte de estudio petro-minerográfico de muestras de Canaleta y pared del pozo exploratorio San Miguel 1-X. Reporte interno, Savia Perú S.A.
- Venturo, D. 2008. Evidencia sismo-geológica e influencia volcánica mesozoica en el sistema petrolero de la cuenca Salaverry. XIV Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos.