



Control Estructural del Basamento en la Deformación Compresiva Sub Andina y su Influencia en la Acumulación de Hidrocarburos Área Ucayali Sur- Lote 57

Pedro Arriola¹, Daniel Peña S.², Massimo Bonora³, Anunciación Pérez³

¹ Repsol Exploration Andean Basins, Av. Víctor Andrés Belaúnde 147, Torre Real 6, Piso 1, Lima, Perú

² Repsol Exploration Andean Basins, 2455 Technology Forrest Blvd., The Woodlands, TX 77381, USA

³ Repsol Exploration, Calle Mendez Alvaro N° 44. Madrid - España

Pedroraul.arriola@repsol.com

1. INTRODUCCION

La cuenca Ucayali Sur desde los años 80'S ha tomado especial interés por la presencia del campo de gas y condensado de Camisea. La exploración de hidrocarburos ha ayudado a la obtención de nueva información geológica y geofísica que explicaría la evolución estructural y su relación en la carga de hidrocarburos en los reservorios. El Lote 57 se encuentra al Sur de la cuenca de Ucayali, en la faja plegada zona sub andina (Figura 1). Las principales acumulaciones de gas y condensado se encuentran en reservorios clásticos Pérmico, Cretácicos involucrados en los anticlinales generados por fallas inversas. Generalmente se interpretaba que solo los corrimientos de bajo ángulo eran los responsables de formar las trampas anticlinales. Después de la interpretación de nueva información sísmica, de pozo, dataciones e información geoquímica podemos decir que también existió un control de las estructuras extensionales del Paleozoico sobre la deformación compresiva Andina. Así mismo, se estableció una correlación entre el pulso de expulsión de hidrocarburos y el tiempo de formación de las trampas estructurales. También, se identificó el límite de la zona deformada por tectónica de piel gruesa hacia el norte y la zona afectada únicamente por la tectónica de piel delgada hacia el Sur, controlado por la distribución estratigráfica de unidades del Paleozoico inferior que favorecerían la presencia de los niveles de despegue de los corrimientos de bajo ángulo.

2. TECTONO ESTRATIGRAFIA

El Paleozoico.

Es poco conocida la historia geológica del Paleozoico inferior, pero según algunos autores durante el tiempo Ordovícico al Devónico se emplazó una sedimentación marina a lo largo de un margen pasivo del Gondwana. Para ese tiempo ya se estaban erosionando las márgenes de Cratón Brasileño y del Cratón de Arequipa-Antofalla. (Jaillard E, 2000). Este margen estuvo en un contexto extensional (Brisson 2003, Isaccson 1995).

En el Paleozoico Superior se depositó el Carbonífero inferior, que estuvo dominado por sedimentación de tipo glacial marina del Grupo Ambo, seguida por el Carbonífero Superior y Pérmico que muestran un cambio a una sedimentación de tipo de plataforma carbonática de las formaciones Tarma, Copacabana y Ene. Todos estos posteriormente cubiertos por las series continentales del Pérmico Superior Noi, Shinai y Nia inferior. Estas series continentales eólicas se habrían depositado en un dominio tectónico de flanco de rift.

El Mesozoico.

Desde el Pérmico superior al Jurásico medio se produjo un adelgazamiento litosférico, este evento pre orogénico coincide con las principales tendencias andinas, estos rasgos pre-existentes extensionales y/o transtensionales determinaron muchas de las características de los Andes. (Sempere et al., 2002)

El Mesozoico se inicia con la sedimentación del Grupo Mitú que está asociado con una gran actividad volcánica, seguida de la sedimentación de los depósitos post rift de los carbonatos del Grupo Pucara y los depósitos continentales de la

Fm. Sarayaquillo en los Andes centrales. Posteriormente se produce una gran cantidad de erosión en los Andes causada por una completa reorganización del patrón paleo geográfico y cambio en la dirección de convergencia de placas (Jaillard E 2000). Esta erosión es conocida como la discordancia de la base del Cretácico (DBK) que fue originada la Tectónica Juruá (Vicente, 2012; Mathalone, 2003).

A inicios del Cretácico se estableció un contexto tectónico de tipo Back-Arc que tuvo una fuerte componente de rumbo transtensiva (Gil W., 2001). Este periodo en el Sub andino estuvo caracterizado por la presencia de depósitos marinos transicionales y grandes transgresiones marinas.

Durante el Cretácico se estableció un régimen compresivo el cual causó inversión de las estructuras extensionales e inicio de la orogenia Andina en la misma posición del rift. Además se caracterizó por una serie de trasgresiones marinas globales terminando con el basculamiento del continente Sudamericano causado la apertura del Atlántico. (Jaillard E., 2000)

Las unidades del Cretácico inferior Fms. Cushabatay y Raya, están presentes en la cuenca Ucayali Norte hasta el alto de Paititi, hacia el sur de este, es posible que la cuenca Ucayali Sur durante el Cretácico inferior haya permanecido como un alto estructural heredado de la tectónica Juruá.

El Cenozoico

La sedimentación de las secuencias Terciarias se produjo sobre el margen continental a partir del inicio de la subducción de la placa de Nazca por debajo de la placa Sudamérica. La tectónica compresiva produjo la orogenia Andina que se manifestó desde el Turoniano (Gil W., 2001)

El levantamiento Andino se habría iniciado desde el Eoceno, luego se habría producido una subsecuente reactivación en el Mioceno Tardío y continuó durante el Plioceno hasta el presente (Sempere et al., 2008).

Durante el Mioceno se hizo más crítica la compresión Andina acelerándose en la llamada Fase Quechua. Estos movimientos reflejan cambios en la convergencia de las placas resultando en un tectonismo compresivo e inversión (Mathalone 2003). Aunque, otros autores mencionan que la llamada Fase tectónica Quechua causó una compresión que generó discordancias progresivas en los Andes en el Oligoceno y Mioceno, lo que se conoce como el continuo tectónico (Noblet et al., 1996 ; Marocco R., 2005). En pozos del área del lote 57 y alrededores, se identificó una discordancia en el Oligoceno que respondería a esta etapa de

levantamiento importante.

La interacción entre el levantamiento, erosión de la cordillera y la subsidencia flexural en el sub Andino modelaron la configuración de cuencas antepais que subsisten actualmente. La secuencia Terciaria está representada por las formaciones llamadas las Capas Rojas. Estas son la Fm, Yahurango que comprende de sucesión de lutitas y limolitas de color rojo y hacia la parte superior la unidad estratigráfica Fm. Ipururo que comprende depósitos de areniscas gruesas y conglomerados. Estas consisten de molasas continentales de alrededor de 5000m de espesor preservadas en las partes más profundas de la cuenca.

En el área del lote 57, se identificaron estratos de crecimientos en los perfiles sísmicos hacia el sur de la estructura de Mashira estos son indicativo de la reactivación tectónica reciente que habría deformado niveles estratigráficos de las llamadas capas rojas superiores de edad Plioceno, Esto se confirmó con dataciones de ZFTA en afloramientos de la misma área que dieron una edad < de 3Ma.

3. ESTILOS ESTRUCTURALES

a. Fallas relacionadas a sistemas de plegamientos.

Las estructuras relacionadas a plegamientos se formaron durante las últimas etapas de la compresión Andina y conforman la faja plegada sub Andina. Una de las primeras etapas habría ocurrido en el Oligoceno al Mioceno, esta solo habría formado pliegues de gran amplitud. La siguiente etapa generó los corrimientos de bajo ángulo se habría iniciado a los ~14 Ma en la zona sub Andina, posteriormente la sección del pongo de Mainique se habría exhumado hacia los 6 Ma. (Espurt, 2010).

La estructura de Mapi se habría formado inicialmente por un pliegue por flexión de falla a los 7 Ma (Reporte interno Repsol) la deformación en secuencia normal continuo hasta los 4 Ma, edad en la que se formaron los pliegues por flexión de falla de Kineteroni y Sagari.

Después, la deformación compresiva continuo entre los 3 a 1 Ma, pero fuera de secuencia formando el retro-corrimiento de techo pasivo sobre Sagari-Kineteroni, luego formó la falla de retro-corrimiento que levantó la estructura de Mashira y posteriormente causó la reactivación, por propagación de falla, de la estructura de Mapi. (<1Ma).

Entre las montañas de Shira y Otishi sector del río Tambo algunos autores reportaron el cambio de estilo tectónico relacionada a basamento hacia el norte (Espurt, 2008 ; Gautheron ,2013 ;Witt, 2015). En imágenes sísmicas del lote 57, se ob-

servó también la transición entre el dominio de las estructuras de tipo piel gruesa al Norte, donde se encuentran las estructuras de Mashira Norte y Sepa; y estructuras de piel delgada hacia el Sur Este, yacimientos de Sagari y Kinteroni. (Figura 2)

Este límite de dominio tectónico coincidiría con el acuñaamiento estratigráfico observado en paquetes sedimentarios del Paleozoico inferior Silúrico-Devónico. Estas unidades estratigráficas presentan litologías pelíticas favorables para la ubicación de los niveles de despegue de los corrimientos de bajo ángulo.

b. Estructuras Extensionales de Basamento.

En imágenes sísmicas de alta resolución registrados en el área Noroeste del lote 57, se han identificado a niveles profundos del Basamento al Paleozoico inferior, fallas normales de alto ángulo. Estos rasgos estructurales tendían una dirección de NW a SE, similar a la dirección Andina (Figura 2). Estas fallas normales se habrían originado durante la extensión del Paleozoico inferior y sufrieron extensión nuevamente durante el Pérmico-Triásico (Sempere, 2002; Espurt, 2008)

c. Estructuras de Inversión.

Las estructuras extensionales generadas en el Paleozoico inferior se invirtieron tectónicamente durante la compresión Andina (Jaillard, 2002). Para Sempere (2002) las estructuras relacionadas a la extensión condicionaron la locación y naturaleza de la subsecuente deformación compresiva. En el área de interés como resultado de esta inversión se formaron altos estructurales de dirección NW-SE. Uno de estos altos estructurales reactivados sería la estructura del Sepa, otro de estos altos estructurales estaría ubicado por debajo de las estructuras de Sagari y Kinteroni. Este alto estructural habría condicionado la ubicación de las zonas de rampas de las fallas inversas de bajo ángulo que generaron los pliegues anticlinales de Sagari y Kinteroni. (Figura 2)

4. EL TIMING DE DEFORMACION ESTRUCTURAL COMPRESIVA Y LAS IMPLICANCIAS EN LA EXPLORACION DE HIDROCARBUROS

La relación entre el contexto estructural y la acumulación de gas y condensado en el área estaría dada por la relación del pulso de carga de hidrocarburos y el periodo de formación de las trampas estructurales.

Según estudios de modelado cuenca realizados

por Repsol (Pontet, 2017), la roca madre (SR) del grupo Ambo (Carbonífero inferior) comenzó la expulsión hace 40 Ma y alcanzó un 80% de ratio de transformación alrededor de los 6 Ma, dejando sin probabilidad de acumular hidrocarburos a las estructuras más recientes. (Figura 3)

En el área del sub-Andino de la cuenca Ucayali Sur, especialmente en el lote 57 y alrededores habrían ocurrido diferentes etapas de compresión (Neógeno) que dieron origen a las estructuras de piel delgada y piel gruesa. La primera etapa de compresión habría generado grandes pliegues, aprovechando el relieve antiguo moldeado por los rasgos extensionales de basamento (~25 Ma Oligoceno). Estos los pliegues ya habrían entrampado hidrocarburos. (Figura 4).

Las fallas inversas de bajo ángulo formadas en secuencia normal entre los 14 a 6 Ma habrían focalizado las acumulaciones de hidrocarburos y favorecido la migración desde la roca generadora. Después de los ~3 Ma (Plioceno) la deformación compresiva habría continuado, pero fuera de secuencia. Esta deformación habría producido fallas menores en los anticlinales ya saturados con gas y condensado, como en el caso de las estructuras de Sagari-Kinteroni, lo que posiblemente generó diferentes niveles de GWC.

Así mismo habría generado las fallas de retro-corrimiento como la que levantó tardíamente la estructura de Mashira que ya no tuvo oportunidad de acumular hidrocarburos. Posteriormente, generó la reactivación y fractura de la estructura de Mapi (~1Ma) causando que su cresta colapse y se rompan los sellos superiores, posibilitando la fuga del gas y condensado.

Toda esta deformación finalmente causó la exhumación del sector ubicado al Noroeste del lote 57 haciendo que las unidades estratigráficas reservorios de gas y condensado afloren en las montañas de Shira.

5. CONCLUSIONES

Se puso en evidencia la existencia de rasgos extensionales del Paleozoico inferior en el área del bloque 57 y alrededores. Estos rasgos extensionales habrían controlado la ubicación de las estructuras anticlinales del Neógeno.

La tectónica compresiva del Neógeno se habría desarrollado en diferentes etapas. Una en la que sólo originó plegamientos de gran amplitud (~25 Ma), la segunda generó una deformación de fallas inversas de bajo ángulo. (14 a 6 Ma) y la última que generó deformación fuera de secuencia lo que

se manifiesta en la formación del retro corrimiento de la estructura de Mashira y la reactivación de la estructura de Mapi.

Debido a que el pulso principal de expulsión de la roca madre fue entre los 40 a 6 Ma las estructuras generadas después de los <3 Ma no habrían tenido la posibilidad de acumular gas y condensado.

REFERENCIAS:

Brisson I et al 2003 “Hydrocarbon Habitat in the Southern Ucayali Basin, Perú”, *VIII Simposio Bolivariano - Exploración Petrolera en las Cuencas Sub-Andinas*

Espurt N, et al 2008 “Paleozoic structural controls on shortening transfer in the Subandean foreland thrust system, Ene and southern Ucayali basin, Peru” *TECTONICS VOL 27-2008*

Espurt N, 2010 “Dating the late Neogene Andean Shortening transfer in the Camisea Subandean Zone (Peru, 12°S): Implications for growth of the northern Andean Plateau” *XV Congreso de Geología. 2010 P 364-368*

Gautheron C, 2013 “Direct dating of thick and thin –skin thrust in the Peruvian Subandean zone through apatite (U-TH)/He and fission track thermochronometry” *Basin Research 25-2013.*

Gil W, 2001 “Evolución Lateral de la Deformación de un Frente

Orogenico: *Ejemplo de las Cuencas Sub-Andinas entre 0° Y 16°S” Tesis de Doctorado Universidad Toulouse III – Paul Sabatier - Francia.*

Jaillard E 2000 “Tectonic Evolution of the Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and Northernmost Chile.” *Tectonic Evolution of South America Rio*

de Janeiro 2000

Mathiew Pontet (2017) *Modelado Geoquímico 2d Reporte interno Repsol*

Mathalone J 2003 “*Petroleum Geology of the Sub-Andean Basins of Peru*” *Petroleum Basins of South America AAPG Memoir 62*

Marocco R, 2005 “Evolución de los conceptos en ciencias de la tierra: la visión de los andes peruanos por los geólogos en los últimos cuarenta años”

Boletín SGP 2005 p 35-58

Noblet Christopher et al 1995 “Concept of continuum opposed to periodic Tectonism in the Andes” *Tectonophysics, Elsevier*

Reporte Interno Repsol - Geotrack 2015-2017 Análisis de AFTA y ZFTA

Sempere et al, 2002 “Late Permian–Middle Jurassic lithospheric thinning in Peru and

Bolivia, and its bearing on Andean-age tectonics” *Tectonophysics 345 (2002) Elsevier.*

Sempere et al 2008 “New insights into Andean evolution: An introduction to contributions from the 6th ISAG symposium (Barcelona, 2005)” *Tectonophysics 2008.*

Vicente 2012 “Age of Jurua Orogeny- Brazil and Peru” *XVI Congreso de Geología del Perú 2012*

Witt C, 2012 “Structural analysis of the Ucayali and Madre de Dios fold-and-thrust belts from 2D and 3D seismic data” *Technical Report for Perupetro October 2012 Royal Holloway University of London (RHUL)*

FIGURAS:

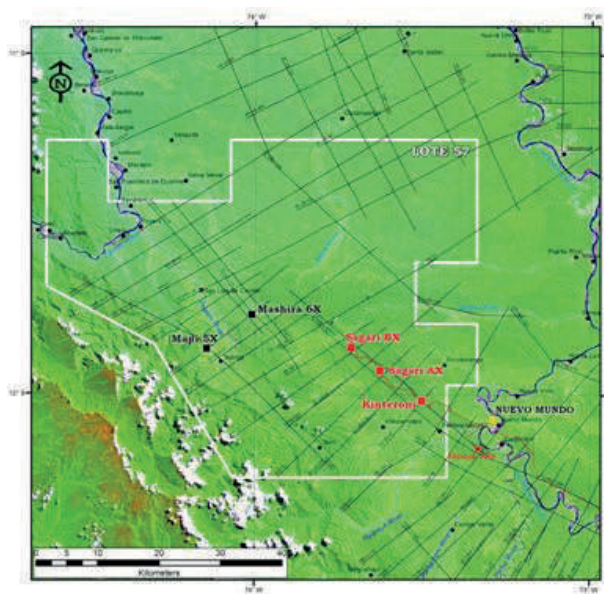
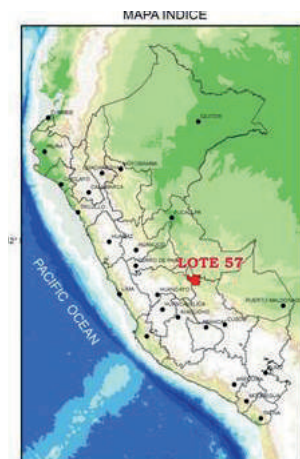


Figura 1 -Mapa de Ubicación del lote 57

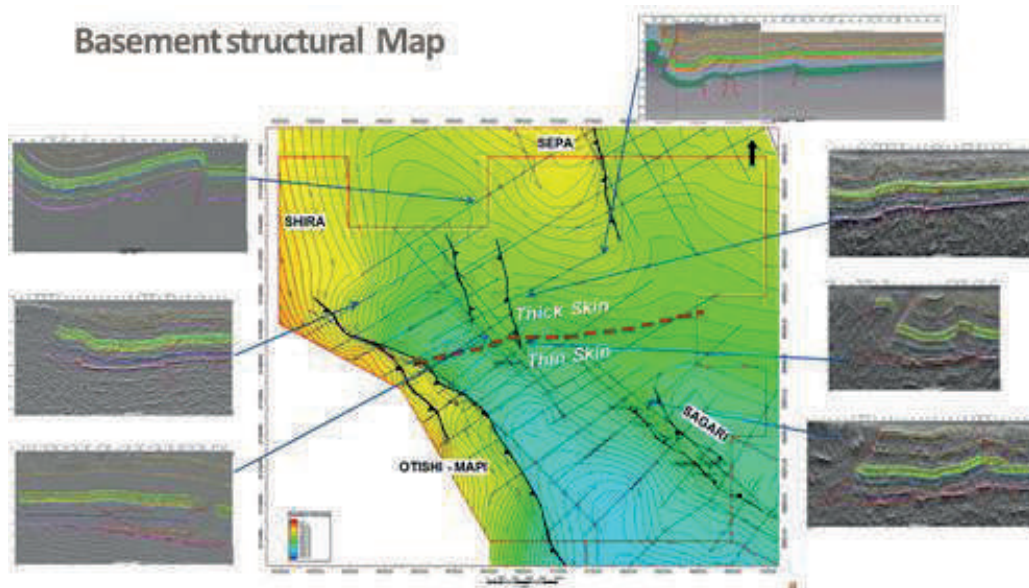


Figura 2- Mapa estructural del Basamento y líneas sísmicas interpretadas.

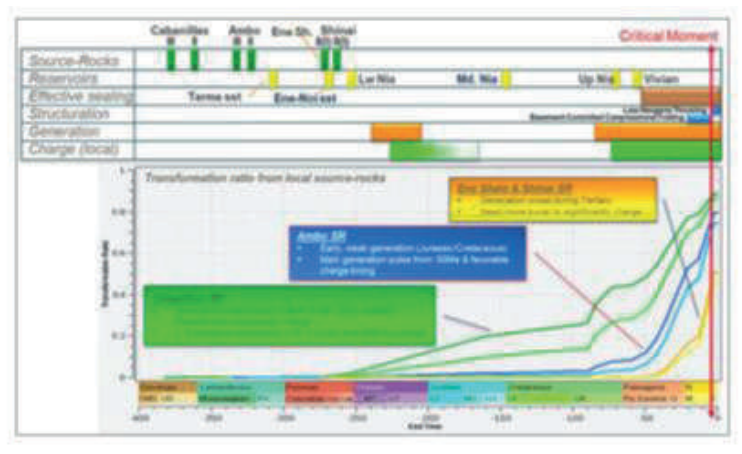


Figura 3 – Sistema Petrolero del lote 57

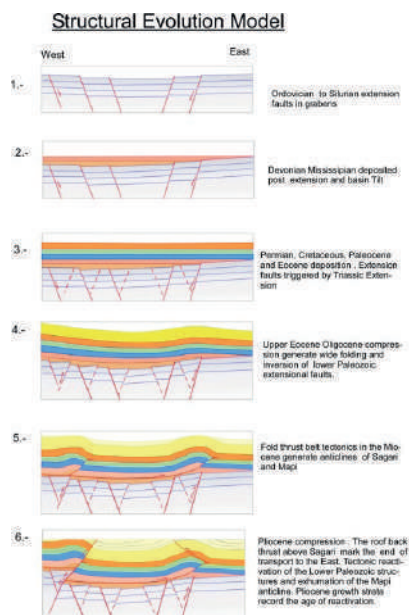


Figura 4 Modelo de evolución estructural propuesto.