

## **ESTILOS DE TRAMPAS PROSPECTIVAS POR HIDROCARBUROS EN LA CUENCA SALAVERRY, COSTA AFUERA, PERU CENTRAL**

Kiko Valencia, Diego Venturo y Darwin Romero

SAVIA Perú S.A. Av. Rivera Navarrete 501, Lima 27 - PERU. Email: kiko.valencia@saviaperu.com

### **INTRODUCCION**

La cuenca Salaverry es una cuenca de antearco interna ubicada en el margen continental centro-norte del Perú (Fig. 1), donde se produce la subducción de la placa de Nazca bajo la placa sudamericana; a la altura de los andes centrales entre las deflexiones de Huancabamba al norte y Abancay al sur. Junto con las cuencas Lancones, Sechura y Pisco Este forman parte de una de las dos franjas de cuencas de ante-arco separadas por la prominente estructuración de la cordillera de la Costa; la otra franja, emplazada entre esta y el *Upper Slope Ridge* corresponde a las Cuencas de antearco externas Talara-Trujillo-Lima y Pisco Oeste.

La cuenca Salaverry se emplaza sobre otra cuenca de edad Jurásico-Cretácico, definida recientemente y denominada cuenca del Margen Continental Peruano (Romero et al, presente congreso) que evolucionó desde una cuenca extensiva Mesozoica hacia una zona de plataforma durante el Cenozoico. La cuenca Cenozoica se creó y relleno en un ambiente tectónico extensional, al frente del arco volcánico Oligo-Miocénico, tiene dirección NO-SE. Está limitada al SO con la cuenca Trujillo por medio del alto de la cordillera de la costa; hacia el NO con la cuenca Sechura, por el alto Jequetepeque; hacia el SE por el alto de Huarmey y finalmente hacia el NE está limitada por el continente (onshore).

Las trampas prospectivas por hidrocarburos son el producto de la interacción de varios elementos y procesos geológicos ocurridos a través del tiempo. Aún cuando las trampas, generalmente comparten algunas similitudes con otras trampas de la cuenca, estas han sido separadas y agrupadas con el objetivo de delinear conceptos exploratorios que permitan elaborar una estrategia de selección que de soporte a la perforación inicial de al menos una trampa de cada tipo (la mas representativa y por ende la menos riesgosa), con el objetivo de probar el verdadero potencial hidrocarburiífero de Salaverry.

Este trabajo muestra la información producto de la interpretación sísmica 2D-3D de la cuenca, la misma que ha permitido identificar diversos modelos de trampas prospectivas por hidrocarburos las cuales pueden esquematizarse en 5 grandes tipos descritos más adelante.

Por otra parte, se ha evidenciado la presencia de al menos un Sistema de Petróleo activo a través de la identificación de un *oil seep* marino y los datos de diversos análisis geoquímicos provenientes de dos rocas madres potenciales del Mesozoico. Por ello, se considera que la Cuenca Salaverry conserva un muy interesante atractivo exploratorio por hidrocarburos desarrollado en un extenso, variado y también complejo ambiente tectono-sedimentario.

### **ESTRATIGRAFIA**

La columna estratigráfica completa (Fig.1) de la cuenca Salaverry es aún incierta debido a la escasez de afloramientos vecinos a la línea de costa y la ausencia de pozos exploratorio en esta cuenca. Sin embargo para conocer la estratigrafía regional se tiene información de estudios regionales de la plataforma continental Tornburg & Kulm (1981), estudios de los pozos someros perforados por el Ocean Drilling Program (ODP) y finalmente todos los estudios realizados por SAVIA Perú S.A., que incluyen la interpretación sísmica de offshore y los trabajos de campo realizados a lo largo de la costa peruana. Basados en dicha información se tiene una columna estratigráfica que involucra la cuenca de Margen Continental Peruano.

La estratigrafía muestra rocas metamórficas del Paleozoico que están cubiertas por rocas del Triásico Sup.-Jurásico (Fm. La Leche). Sobreyaciendo se tiene una secuencia de depósitos mayormente volcánicos, conocidos como Fm. Oyotún o Colán, (Jurásico Med.); a la que sobreyacen indistintamente dos secuencias; una de lutitas intercaladas con areniscas cuarzosas (Fm. Chicama) y otra volcano-sedimentaria (Fm. Tinajones), ambas del Jurasico Superior.

Sobreyaciendo y en discordancia, se tiene una potente secuencia del Cretácico Inf., compuesta predominantemente de areniscas cuarzosas blancas denominadas Grupo Goyllarisquizga. Le sobreyace en concordancia una secuencia carbonatada de edad Albiano de las Fms. Inca, Chulec y Pariatambo que hacia la

zona de antearco Mesozoico, en el dominio paleogeográfico Chimbote – Lima, su equivalente es la Fm. La Zorra del Gpo. Casma. Sobreyaciendo a dicha secuencia carbonatada se tiene una intercalación de lutitas y calizas de los grupos Pulluicana y Quilquiñan del Cretaceo Sup.

El Cenozoico, se encuentra ausente en afloramiento preservándose únicamente en la plataforma continental (offshore), hacia la parte sur de la cuenca se tiene un remanente de depósitos del Eoceno medio a superior (que sería equivalente al Grupo Paracas) compuesto por conglomerados y areniscas en la parte inferior y lutitas y limolitas en la parte superior. Los depósitos correspondientes a la evolución de la cuenca Cenozoica Salaverry, continúan en el Oligoceno hasta el Mioceno; estos depósitos posiblemente equivalentes a la Fm. Chilcatay (Oligoceno) y a la Fm. Pisco (Mioceno) definidas en la cuenca Pisco, ubicada al sureste de la cuenca Salaverry.

## **GEOLOGIA ESTRUCTURAL**

La cuenca Salaverry se ubica en la plataforma continental entre Huarmey y Jequetepeque. De acuerdo a las características que presentan las fallas y relacionándolas con los afloramientos y características de depósito de las unidades estratigráficas se interpreta la siguiente evolución tectono-sedimentaria:

- Semigrabenes del Jurásico y Cretácico inferior típicos del régimen extensional mesozoico.
- Deformación compresiva e inversión tectónica asociados al cambio de régimen tectónico durante el cretácico superior.
- Extensión o probable transtensión? En el antearco durante el Eoceno.
- Compresión y levantamiento durante el Oligoceno
- Extensión o probable transtensión? En el antearco durante el Mioceno Inferior.
- Compresión y levantamiento durante el Mioceno Superior.

Así mismo, la cuenca Salaverry puede ser dividida y zonificada de Oeste a Este en tres unidades estructurales, las cuales muestran estilos particulares tanto en la sedimentación como de componentes estructurales.

**A) El Complejo Basal de la Costa que conforma la Cordillera de la Costa** esta compuesto por paleo-altos con claro estilo extensional con fallamiento normal (cuya vista en planta tiene una dirección preferente NO-SE). Estos altos separan las cuencas Lima-Trujillo de Salaverry, limitando el depocentro mesozoico del segundo y muestra un levantamiento basculante del Terciario definiendo un cierre estructural sutil sobre estos bloques paleozoicos. También se aprecia una fuerte erosión que afectó parcialmente rocas del Mioceno, que indicaría que en algún momento estos niveles estuvieron aflorando posiblemente por una caída del nivel del mar.

A lo largo de esta cadena existen altos (horst) y grabenes relativos, algunos de estos altos son considerados como potenciales trampas de hidrocarburos asociados a reservorios naturalmente fracturados, mientras que en algunos de los grabenes se aprecia la posible presencia de niveles Mesozoicos.

Se observan además, en ciertas zonas de la Cuenca a niveles del Mioceno, rasgos de abanicos y lóbulos embebidos en complejos en masa y slumps que discurren sobre valles de insición erosionados que han generado socavamiento de unidades inferiores, los cuales pueden funcionar como sello lateral de entrampes estratigráficos. Todo esto producto de una reactivación de las fallas normales que controlan los altos y que crearon un desequilibrio gravitacional sobre estratos terciarios.

**B) La Zona Central o Intracuenca** de la Cuenca Salaverry esta conformada por estructuras pre-terciarias y terciarias controlados por fallas normales (dirección NO-SE) dentro de un modelo extensional y en otros casos por algunas fallas que muestran ligera inversión tectónica (dirección O-E) que pueden ser interpretadas como periodos cortos de compresión.

Los niveles Pre-Terciario muestran bloques donde existe un depocentro importante con algunas presencias de intrusiones volcánicas posiblemente del Jurásico y Cretácico inferior. Sísmicamente los reflectores tienen cierta complejidad de seguimiento, pero se pueden definir 2 zonas gracias a la ayuda de atributos sísmicos:

Una correspondería a secuencias Albiano-Cretácico Inferior, que presenta cierto sub-paralelismo con la base terciario (Tope del Cretácico en esta zona y Tope del Paleozoico sobre gran parte de la Cordillera de la costa) y la otra infrayacente correspondería al Triásico?-Jurásico, estos niveles muestran cierto truncamiento con la base del anterior. La base de estos niveles se interpreta con gran dificultad.

En esta zona de **Intracuenca**, la depositación de las unidades del Cenozoico hacia la base aprovechan los paleo relieves y bloques fallados del Mesozoico para formar anticlinales (por propagación de falla) sobre

estos, conforme vamos hacia estratos más jóvenes estos van atenuándose, así distribución de los estratos es paralela a sub-paralela evidenciado claramente en los rasgos sismo-estratigráficos.

**C) Zona de Arcos Volcánicos:** ubicada en el flanco Este de la cuenca dominada por eventos volcánicos mesozoicos preferentemente del Grupo Casma aunque puede darse, según se observa en las secciones sísmicas que este vulcanismo podría tener una continuidad que provendría de tiempos más tempranos del Mesozoico. En esta zona se observa una fuerte pendiente hacia el centro de la cuenca, afectada en muchos casos por fallas normales extensivas.

Los niveles terciarios van reduciéndose rápidamente por efectos de acuñamiento y *onlap* hacia el flanco Este de la cuenca y sobre los flancos de las estructuras volcánicas, produciendo potenciales entrampes estratigráficos. El paleo relieve de estos Arcos controló la depositación de estos sedimentos sirviendo también de aporte de los mismos. Hacia el tope del Mioceno se observa cierta truncación por erosión con niveles más recientes posiblemente Plioceno que es representado por un fuerte cambio en la intensidad de los reflectores. Esto evidenciaría nuevamente que hacia finales del Mioceno hubo una emersión posiblemente por levantamiento y caída del nivel del mar.

Hacia la zona Nor Este y al límite Norte de la Cuenca se tienen estructuras de carácter volcánico en el Mesozoico que originan trampas geomórficas, las mismas que se muestran como pliegues más sutiles con cierre en los cuatro lados en las unidades superiores que corresponden al Cenozoico.

## **ESTILOS DE TRAMPAS PROSPECTIVAS POR HIDROCARBUROS**

La información producto de la interpretación sísmica 2D-3D de la cuenca, ha permitido identificar diversos modelos de trampas prospectivas por hidrocarburos las cuales pueden esquematizarse en 5 grandes tipos que representan los más importantes estilos de entrampamiento estudiados en la Cuenca Salaverry hasta la fecha.

1) Grandes trampas estructurales que involucran bloques altos fallados (asociados a reservorios naturalmente fracturados) sobre la Cordillera de la Costa producto del levantamiento de esta durante el Mioceno-Plioceno (Fig 2). El mapeo regional los hace ver como anticlinales cerrados, pero en realidad son bloques cubiertos, en discordancia angular, por rocas Cenozoicas. Su configuración actual es producto del reacomodo por el levantamiento y basculamiento mencionado, pero estos siempre fueron paleoaltos que estuvieron en posición favorable para recibir carga de hidrocarburos no solo de las cocinas de Salaverry sino también de la aledaña Cuenca Trujillo.

2) Trampas estructurales tipo bloque fallado creadas en las fases tectónicas distensivas del Mioceno Inferior (Fig. 3) que se pueden ver como típicos horts estructurales.

3) Trampas tipo anticlinal creadas en fases compresivas del Mioceno Superior producto de reactivación e inversión de viejas fallas distensivas. Previamente se asumía que la deformación compresiva andina estaba prácticamente absorbida en el segmento estructural próximo al Trench del Pacífico; sin embargo la presencia de este tipo de estructuras indica que la compresión andina también puede ser apreciada en casi todo el antearco. (Figuras 4, 5 y 6).

4) Trampas estratigráficas o mixtas relacionadas sucesivamente con las discordancias erosivas y angulares de las fases Quechuas. En el lado derecho de la Fig. 6 se muestra un ejemplo de truncamiento de una trampa estratigráfica, los bordes de la misma van envolviendo una nariz estructural sobre una pendiente regional de buzamiento hacia el Oeste.

5) Trampas mixtas (estructurales-geomórficas) ya sea producto de la depositación Terciaria sobre conos volcánicos Mesozoicos que originan pliegues sutiles con cierre en los cuatro lados en los niveles superiores o por truncamiento contra dichas geoformas. En el lado derecho de la Figura 7 se aprecia como las secuencias Cenozoicas van truncándose contra una geoforma tipo cono volcánico, mientras que al lado izquierdo se ve la trampa estructural normal producto del plegamiento por propagación de una falla que corta unidades inferiores.

