



# Nuevas evidencias sismoestratigráficas de las formaciones pérmicas del Lote 57 y su implicancia en el sistema petrolífero de Camisea

**Diego Venturo Díaz y Francisco Rodríguez Ríos**

Repsol E&P Perú, Av. Víctor Andrés Belaunde – San Isidro, Lima-Perú ([de.venturo@repsol.com](mailto:de.venturo@repsol.com), [francisco.rodriguez@repsol.com](mailto:francisco.rodriguez@repsol.com))

## 1. Introducción

El Pérmico superior es una secuencia estratigráfica con facies sedimentarias muy variables que están presentes en el lote 57, el cual se encuentra ubicado dentro de la zona gasífera de Camisea, la cual despierta muchas expectativas exploratorias, manteniendo asimismo controversias respecto a su origen y evolución. Explicaremos el contexto geológico regional de dichos eventos, aplicando nuevos conceptos elaborados a la luz de los últimos resultados exploratorios y de desarrollo obtenidos recientemente en la zona, haciendo énfasis en el efecto del paleo-relieve originado por las mega-dunas de la formación Noi sobre las formaciones supra-yacientes así como las consecuencias de la erosión pre-cretácica (Fig. 1).

Debido a que la depositación del Pérmico superior estuvo asociada al desarrollo de la orogenia tardi-hercínica, esta secuencia presenta una serie de complejidades estratigráficas que dificultan su interpretación sísmica, limitando el entendimiento del sistema petrolífero involucrado. La sísmica 2D y 3D adquirida y los más de 30 pozos perforados en el área confirman la existencia de reservas de gas y condensado en estas rocas y describen su comportamiento estratigráfico

La secuencia del Pérmico superior está compuesta principalmente por una alternancia pelítica (Fm Shinai y miembro Nia medio) y areniscas (Fms Ene, Noi, y miembro Nia inferior) que tienen un comportamiento irregular evidenciado por las variaciones de espesores propias de la depositación y debido a la erosión pre-cretácica. Este efecto se encuentra transversal al rumbo

de las estructuras. La importancia de este período radica que posee niveles de roca reservorio y de roca generadora-sello (Fms Ene y Shinai). Los eventos asociados a esta secuencia están relacionados a la orogenia tardi-hercínica como eventos pre-rift (Fms Ene y Noi), preservados en la zona de Camisea.

Existen evidencias de que durante la depositación del Grupo Mitu hacia el depocentro de la cuenca se llevaba a cabo la sedimentación de los depósitos eólicos del Nia inferior en la zona de Camisea. Finalmente ocurrió la entrada del mar con la depositación del Nia medio; esto podría indicar el inicio del ahogamiento de la zona de rift asociada a la cuenca post-rift o sag terminal del Grupo Pucará.

## 2. Geología y estratigrafía

### 2.1. Fm Ene (Pérmico superior)

La secuencia del Pérmico superior se inicia con la depositación de la Fm Ene que es producto de la somerización y colmatación rápida del mar Copacabana. Los primeros depósitos syn-rift del Grupo Mitu serían asociados al inicio de la orogenia tardi-hercínica. Esta formación se caracteriza por una alternancia importante de lutitas basales oscuras ricas en material orgánico con niveles calcáreos y areniscas, comprobada por los resultados de los pozos perforados y afloramientos estudiados. En el área de Camisea, la Fm Ene presenta facies arenosas con propiedades de roca reservorio.

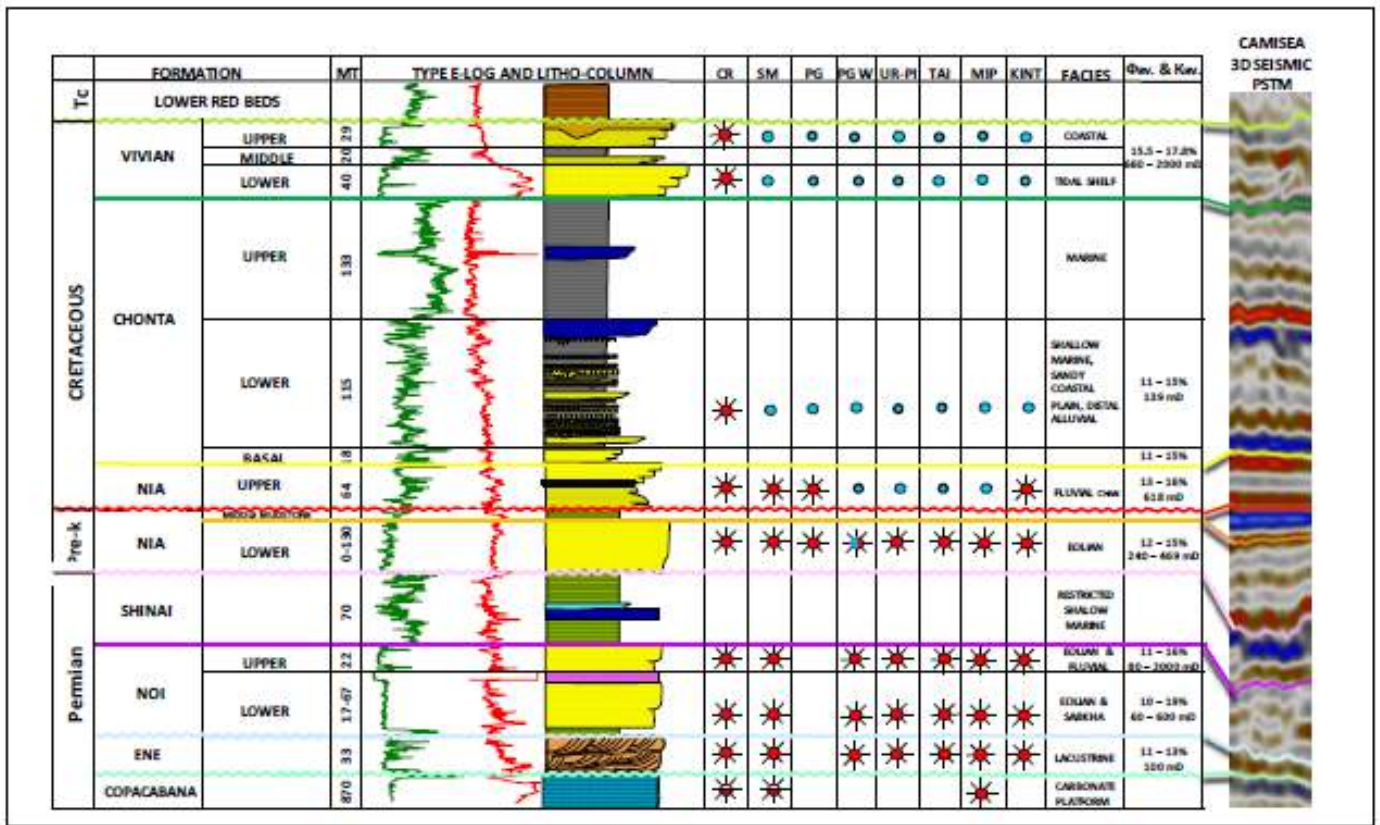


Figura 1. Columna estratigráfica generalizada de la zona de Camisea.

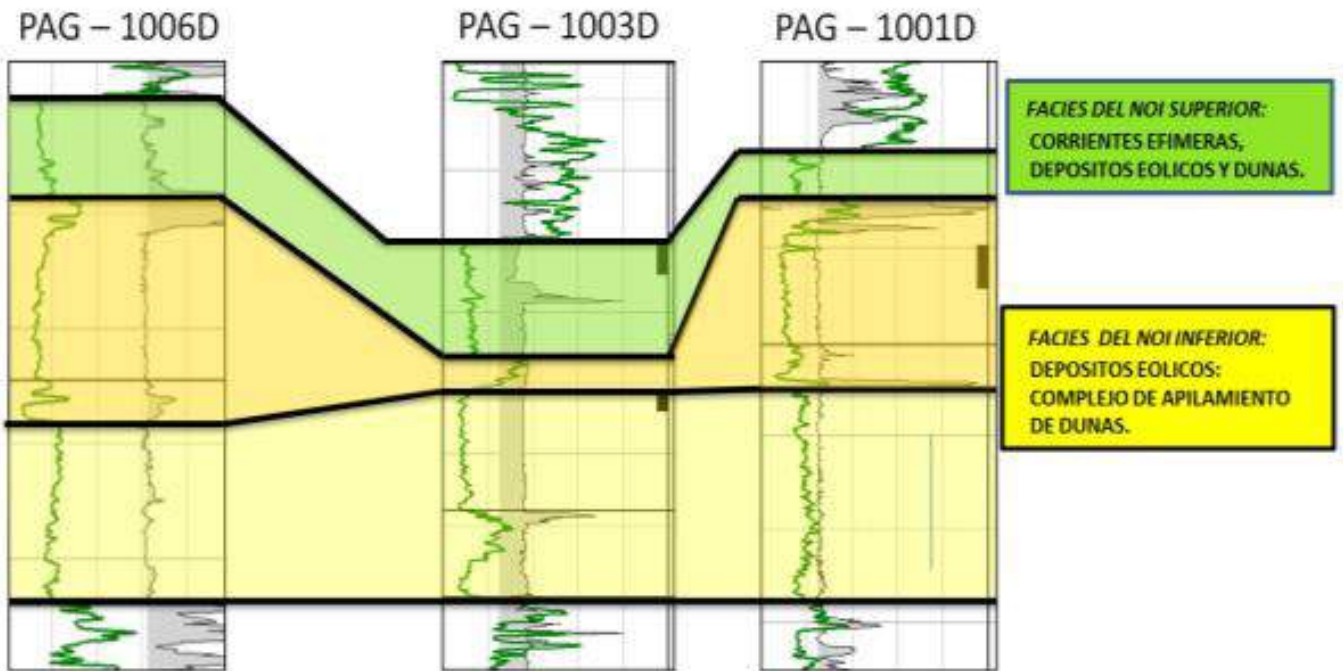


Figura 2. Sección geológica donde se observa en comportamiento de las dunas de la Fm Noi.

**2.2. Fm Noi (Pérmico superior)**

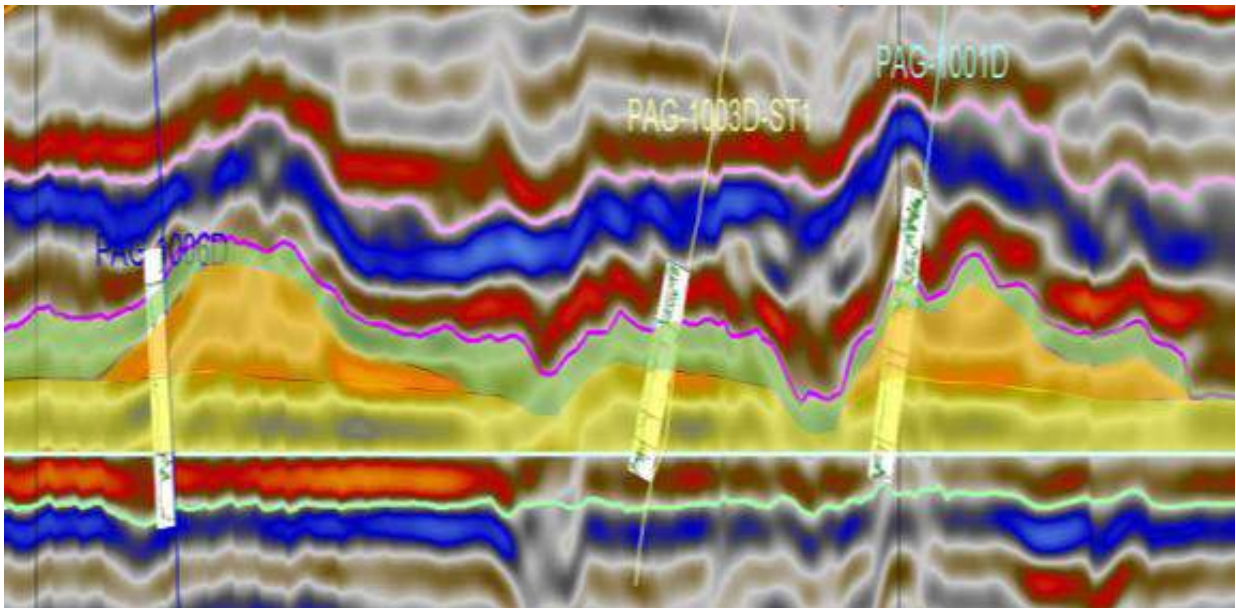
La Fm Noi es una unidad que se depositó dentro de un ambiente desértico. Se compone de dos miembros (Fig. 2). El miembro inferior consiste de areniscas eólicas que forman dunas laterales, las cuales se encuentran espaciadas regularmente a lo largo de la zona de Camisea.

Estos cuerpos han sido identificados por sísmica 3D y comprobados con pozos. La distribución de estas dunas presenta un espaciamento que varía entre 2000 y 2500 m. Mantienen un rumbo casi constante SW-NE, formando zonas de dunas e inter-dunas. El miembro superior es dominado por arenas de corrientes fluviales efímeras, depósitos eólicos tabulares y dunas. Este



apilamiento de material eólico en las dunas de ambos miembros da como resultado un paleo-relieve que tiene influencia en las capas superiores, tanto por depositación

como sobrecarga (Fig. 3). El proceso de preservación de estas dunas se debe a que sufrieron una rápida transgresión del mar correspondiendo a la Fm Shinai.

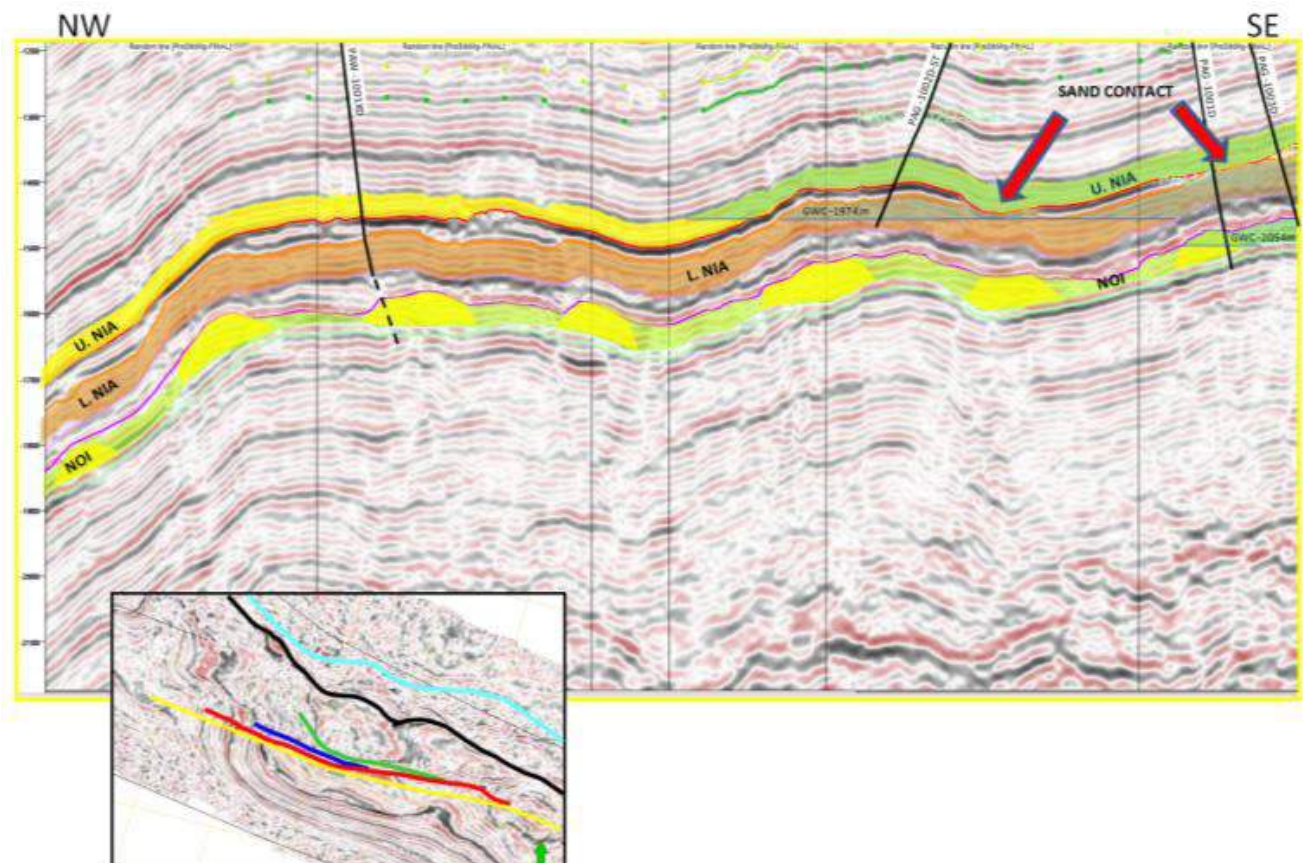


**Figura 3.** Sección sísmica 3D donde se observan detalles del tramo Noi-Shinai perforado con pozos.

### 2.3. Fm Shinai (Pérmico superior)

La Formación Shinai está compuesta por lutitas con alternancia de niveles calcáreos. Esta unidad rellena el paleorelieve de las dunas del Noi. La Fm Shinai presenta

mayores espesores en las zonas correspondientes a interdunas y de menor espesor en las zonas de dunas. La compactación diferencial incrementa este efecto. Estos eventos son claramente identificables por medio de sísmica 3D.



**Figura 4.** Sección sísmica 3D mostrando los eventos estratigráficos pre-cretácicos.



## 2.4. Fm Nia

### 2.4.1. Miembro Nia inferior (pre-Cretáceo)

El miembro Nia inferior consiste de un paquete compacto de forma tabular compuesto de arenas eólicas y fluviales sobre-expuestas y re-trabajadas por erosión, que mantienen un espesor con muy poca variación. El miembro Nia inferior suprayace a las lutitas y carbonatos de la Fm Shinai, ejerciendo una compactación diferencial por sobrecarga sobre estos sedimentos, de forma que define una forma tabular ondulada paralela a los cuerpos arenosos de la Fm Noi. La aparente presencia de un

paleosuelo hacia el tope de la Fm Shinai podría indicar un periodo de no depositación. No existen datos que permitan fechar el miembro Nia inferior con precisión y seguridad.

### 2.4.2. Miembro Nia intermedio o Mudstone intermedio

Este nivel está compuesto esencialmente por material pelítico producto de una transgresión marina, originada debido al hundimiento de la zona. Este evento marca el término de la secuencia pre-cretácica evidenciada por pozos e interpretación sísmica (Figs. 4, 5).

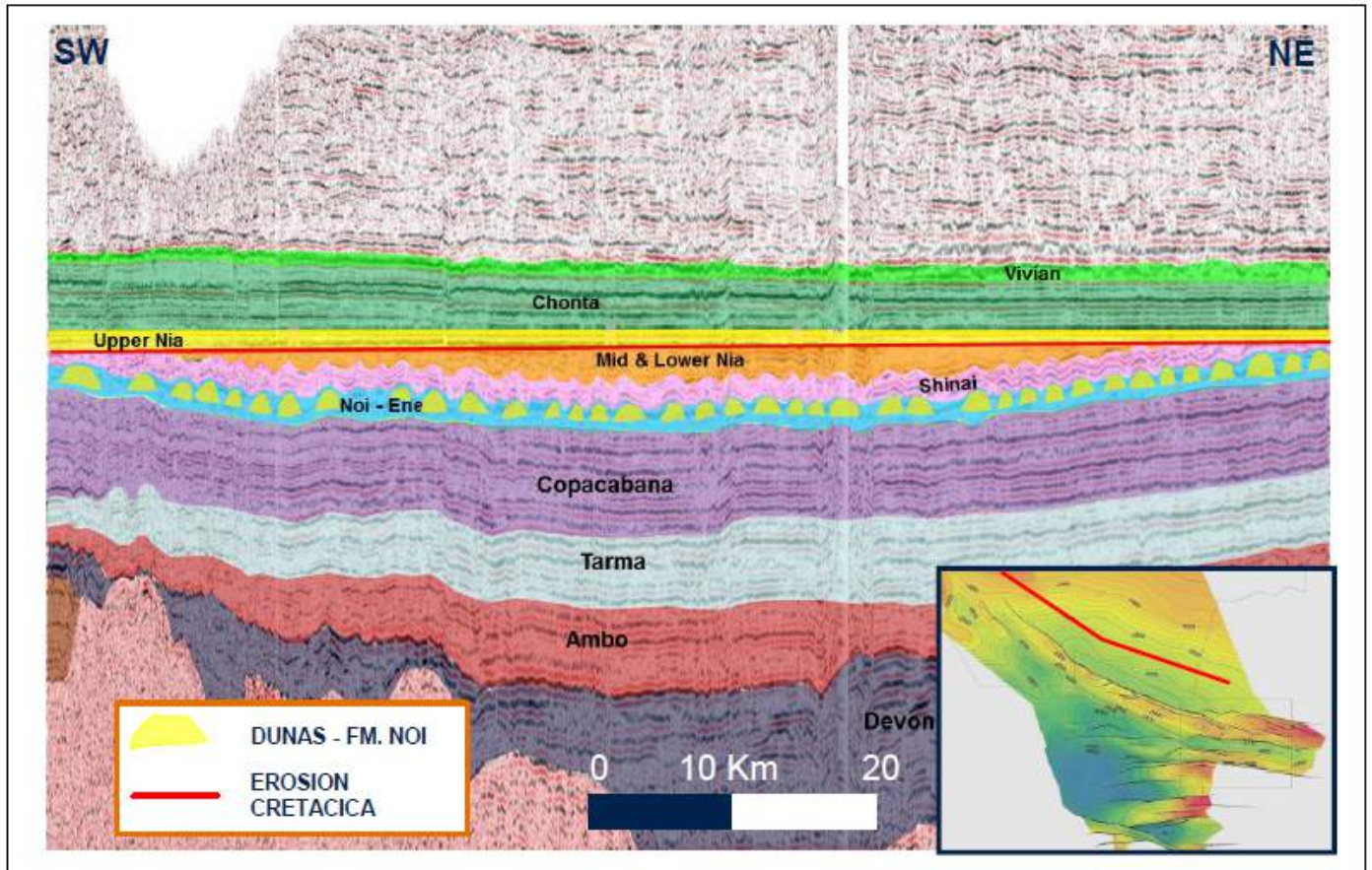


Figura 5. Sección sísmica compuesta mostrando el efecto erosivo de la base del Cretáceo y las dunas del Noi.

## 3. Erosión pre-cretácica y control estructural

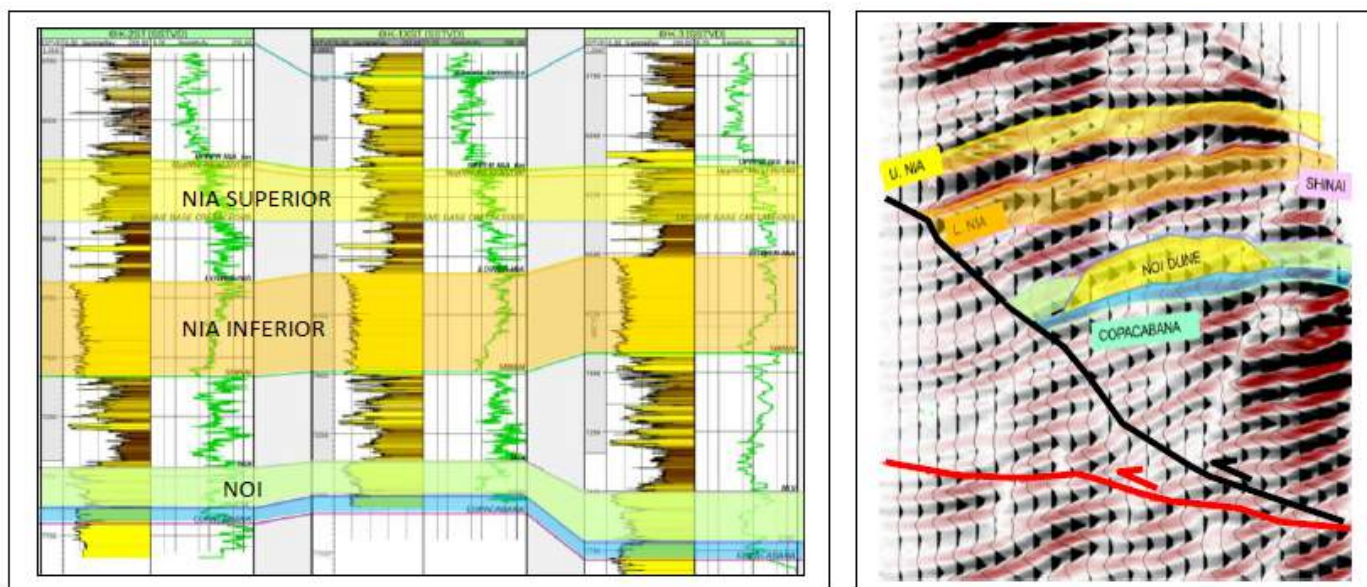
El miembro Nia superior corresponde a un nivel erosivo y diacrónico bastante conocido en la parte sur de la Cuenca Ucayali, sobre todo en la zona de Camisea y Tambopata. El carácter erosivo de este nivel está bien documentado en afloramientos, así como en la sísmica 2D y 3D. Tanto los arcos del Manu y Fitzcarrald, así como la falla de Tambo y el Alto de Sepa, han influenciado la depositación de todas las formaciones presentes desde el Paleozoico hasta los sedimentos recientes. Del Aptiano al Cenomaniano ocurrió un fuerte levantamiento en la parte sur del Oriente peruano. En la parte norte de la cuenca Ucayali y en la cuenca Ene este nivel erosivo corresponde a las arenas de la Fm Cushabatay, mientras que en Camisea el nivel erosivo corresponde al miembro Nia

superior, correlacionable con la Fm Agua Caliente del Grupo Oriente.

En dirección del Arco del Manu, hacia el SE, podemos observar un comportamiento erosivo muy fuerte que comienza a evidenciarse desde la estructura Pagoreni con la desaparición del miembro Nia intermedio, continuando hasta la desaparición de todos los niveles pre-cretácicos, dejando al miembro Nia superior en discordancia sobre las calizas de la Fm Copacabana reconocidas en afloramientos más al sur. Hacia el Alto del Sepa y la falla de Tambo, hacia el NW, la sísmica muestra también este comportamiento erosivo. Trabajos sísmicos y pozos perforados demuestran la existencia de niveles erosivos en la zona del campo Kinteroni, poniendo a las arenas del

Nia superior en contacto con el Nia inferior. En los lotes vecinos se cuenta con información sísmica 3D: la interpretación de esta sísmica definió claramente el comportamiento sismo-estratigráfico de los niveles

cretácicos y pre-cretácicos. Esta información ha sido utilizada como análoga para la interpretación de estos niveles en el lote 57.



**Figura 6.** Izq.: Sección estratigráfica de pozos perforados en Kinteroni, apreciándose la fase de inter-dunas atravesada. Der.: Sección sísmica VSP del Pozo Kinteroni 3D, que muestra una duna en la Fm Noi no probada por los pozos.

#### 4. Mejora de imagen sísmica

La calidad de la imagen sísmica en el lote 57 es de regular a buena. Pese a esto no muestra claramente el comportamiento sismo-estratigráfico de los principales horizontes, como si lo hace la sísmica 3D. El bajo contenido de frecuencias de la sísmica y el efecto tuning entre el tope del Pérmico y la base del Cretácico impiden realizar una interpretación 100 % fiable. Debido a este problema se procedió mejorar la imagen sísmica, para lo cual se usaron cuatro líneas paralelas al *trend* estructural Kinteroni-Sagari, Mapi y Mashira. Estas líneas transversales permiten observar mejor el comportamiento estratigráfico de los niveles que conforman la materia de este estudio.

Se aplicó un filtro pasa-banda que varió entre 15-30 Hz corta baja y 40-60 Hz corta alta de acuerdo a la calidad de las líneas a trabajar. Estas incluyeron líneas 2D de lotes vecinos para comprobar si obteníamos el mismo resultado. Como control de calidad, las líneas fueron comparadas con la data sísmica 3D de Mipaya y Pagoreni, obteniéndose una muy buena correlación. Como resultado se obtuvo una mejor imagen de las dunas del Noi, determinando su presencia en las líneas sísmicas 2D del lote 57. También se obtuvo un mejor contraste entre el tope del pre-Cretácico. El comportamiento de las dunas observado en el lote 57 es muy similar al observado en Camisea a partir de la sísmica 3D, las cuales han sido verificadas con pozos. Se realizó una integración del análisis a partir de mapas isócronos y de atributos

sísmicos de los lotes 56 y 88. Estos resultados fueron extrapolados al lote 57 manteniendo el mismo patrón de distribución de las dunas, coincidiendo éstas con los cuerpos identificados en las líneas sísmicas 2D. El VSP del pozo Kinteroni-3D identificó también este comportamiento sismo-estratigráfico (duna) en la Fm Noi, con lo que se concluyó de que este pozo pasó por encima de la duna, atravesando la Fm Noi por una zona de inter-duna con menor espesor y propiedades petrofísicas de baja calidad (Figs. 6, 7).

La sísmica 3D permite tener un mejor control espacial de los eventos geológicos. La extrapolación de estos resultados hacia el lote 57 permitió mejorar la interpretación de la sísmica 2D entre la base del Cretáceo y el pre-Cretácico, resaltando lo siguiente:

1. Las dunas típicas de la Fm Noi están presentes en el lote 57 con un patrón de distribución muy similar al definido con la sísmica 3D en Camisea. Sin embargo, aparentemente los espesores de las dunas son menores a los observados en Mipaya y Pagoreni.

2. Esta metodología también favoreció la interpretación de la superficie de erosión en la base del Cretácico, la cual muestra varias zonas donde el miembro Nia inferior estaría en contacto con el Nia superior, lo que permitiría la carga de hidrocarburos hacia el miembro Nia superior en Kinteroni.



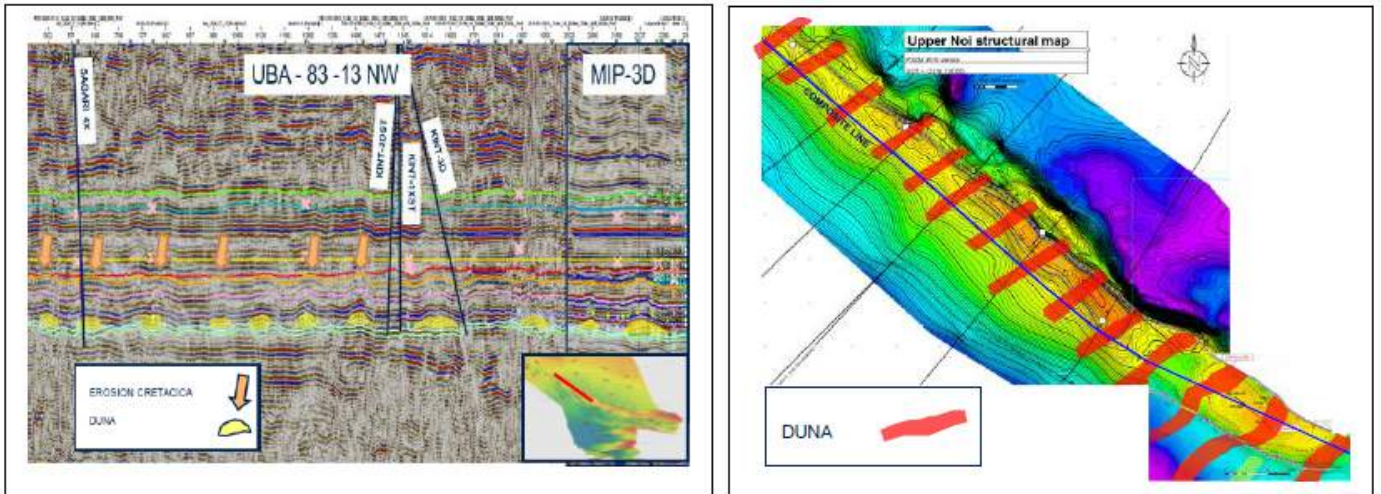


Figura 7. Izq.: Detalle de la interpretación de los eventos sismo-estratigráficos de la línea sísmica 2D (filtrada). Der.: Proyección de las dunas sobre el mapa estructural de la Fm Noi en el lote 57.

5. Efectos en el sistema petrolero

5.1. Dunas del Noi inferior

La presencia de las dunas de la Fm Noi en el lote 57 no ha sido probada con ninguno de los tres pozos perforados en Kinteroni, los cuales atravesaron la Fm Noi por la zona de inter-duna. Pero la información sísmica y VSP del pozo

Kinteroni 3D demuestran la presencia de estas dunas. Considerando estos resultados, y al no haber encontrado el contacto gas-agua en ninguno de los pozos en Kinteroni, existe la posibilidad de que las reservas de gas en esta formación sean mayores a las estimadas actualmente.

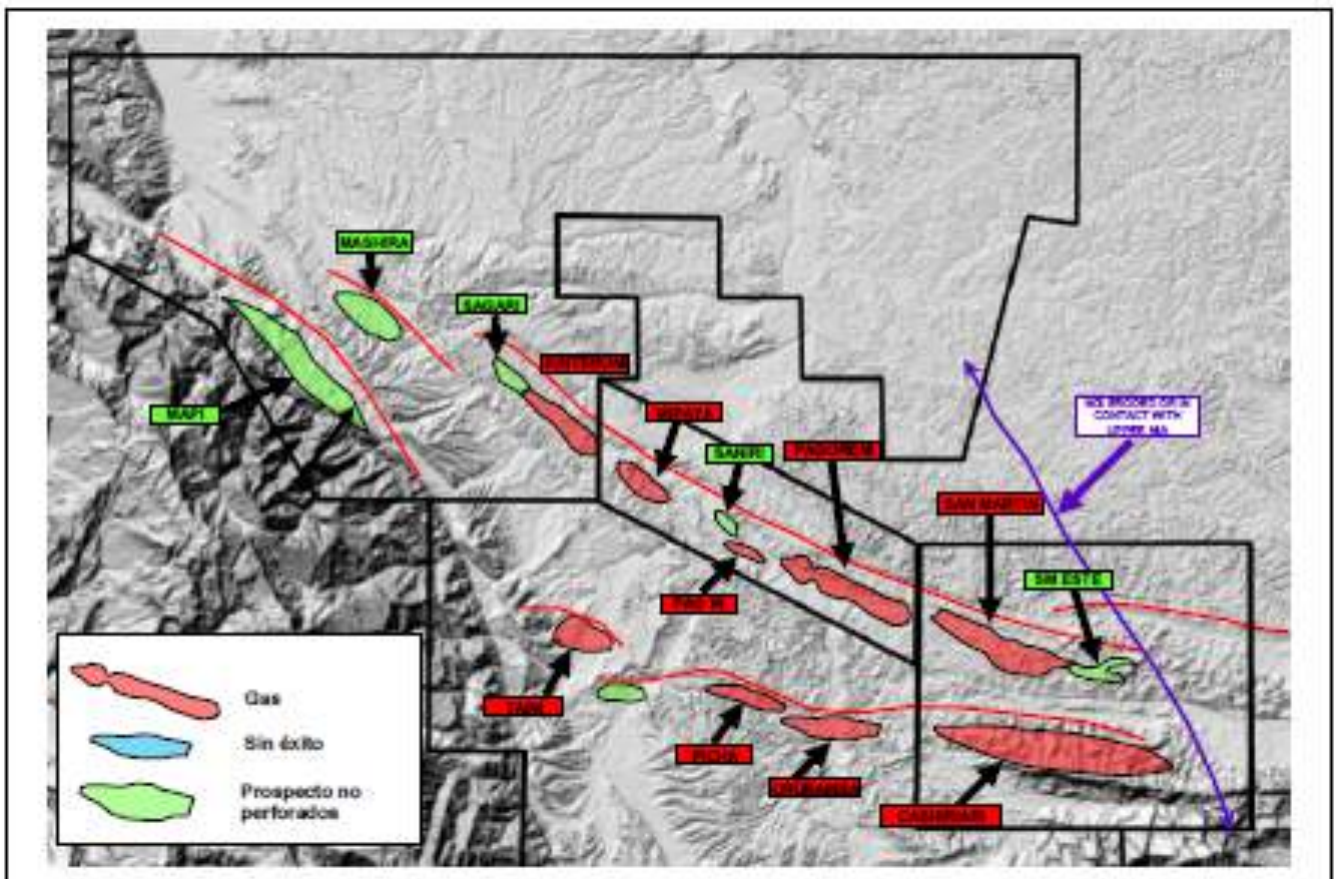


Figura 7. Estructuras perforadas con gas en la Fm Noi: son prácticamente el 100%.

## 5.2. Reservorios Nia inferior – Nia superior

La existencia de un contacto erosivo entre los miembros Nia inferior y el Nia superior, como se aprecia en la sísmica 2D filtrada, podría explicar el llenado del Nia superior en la zona de Kinteroni. Este comportamiento erosivo que pone en contacto ambos miembros está muy bien definido en los campos Pagoreni, San Martín y Cashiriari, que poseen importantes reservas de hidrocarburos en el miembro Nia superior. De modo contrario, al no existir este contacto, debido a que la erosión pre-cretácica preservó un importante espesor del miembro Nia intermedio (*Mudstone*), sería la razón por la que no se cargó hidrocarburos en el Nia superior de las estructuras Mipaya, Pagoreni Oeste, y las perforadas en el lote 58. Asimismo las pruebas de producción realizadas en los pozos de Kinteroni abren la posibilidad de que ambos miembros compartan el mismo contacto, lo que incrementaría las reservas del lote 57.

## 6. Conclusiones

La depositación del Pérmico superior, al estar asociada al desarrollo de la orogenia tardi-hercínica, presenta complejidades estratigráficas que dificultan la interpretación sísmica 2D, limitan el entendimiento del sistema petrolífero involucrado en el lote 57.

La mejora de la imagen sísmica 2D a partir de filtros pasa-banda, comparada con la información sismo-estratigráfica obtenida de la sísmica 3D, permite definir con mayor claridad los eventos estratigráficos pre-cretáceos en el área del lote 57, principalmente aquellos relacionados con la base de la erosión cretácica y las dunas de la Fm Noi.

La integración de los datos sísmicos 3D y 2D (mejorados) con los resultados de pozos perforados en el área han permitido tener una idea más clara del funcionamiento (migración y entrapamiento) del sistema petrolífero dentro del lote 57.

## Referencias

- Repsol E&P. 2010. Interpretación sísmica 2D y 3D del área de Camisea. Informes técnicos.
- Sempere, T., Jacay, J., et al. 2004 Estiramiento litosférico del Paleozoico superior al Cretáceo medio en el Perú y Bolivia. Sociedad Geológica del Perú, Publicación Especial n° 5.
- Le Vot, M., Froute, J.-Y. 2009 Peruvian foothills: Exploration in a frontier area. Elf Hydrocarbures Pérou, INGEPET.