

ARTÍCULOS

Modelo Tectónico-Estructural del pre-Cretácico de la zona suroriental de Cuenca Oriente usando información sísmica 2D

Tectonic-Structural Model of the pre-Cretaceous of the southeastern zone of Oriente Basin using 2D seismic information

Romel Oswaldo Pozo-Vela¹, Cristian Bayardo Zura-Quilumbango²



ropozov@hotmail.com

¹ Universidad Central del Ecuador.
Quito, Pichincha, Ecuador.



cbzura@uce.edu.ec

² Universidad Central del Ecuador.
Quito, Pichincha, Ecuador.

FIGEMPA: Investigación y Desarrollo

Universidad Central del Ecuador, Ecuador

ISSN-e: 2602-8484

Periodicidad: Semestral

vol. 19, núm. 1, 2025

revista.figempa@uce.edu.ec

Recepción: 25 septiembre 2024

Aprobación: 19 noviembre 2024

DOI: <https://doi.org/10.29166/revfig.v19i1.7266>

Autor de correspondencia:

ropozov@hotmail.com



Esta obra está bajo una Licencia Creative Commons Atribución 4.0 Internacional (CC BY 4.0)

Agradecimientos

Agradecemos de manera especial a la Universidad Central del Ecuador y a la FIGEMPA por ser el medio directo de esta investigación. También extendemos nuestro agradecimiento al Ministerio de Energía y Minas por la valiosa información que nos ha proporcionado.

Nota del autor

Este trabajo fue presentado como póster científico en el Foro Regional de Divulgación Científica: Transición y Sostenibilidad Energética de 26 de julio de 2024.

Cómo citar:

Pozo-Vela, R. O., & Zura-Quilumbango, C. B. (2025). Modelo Tectónico-Estructural del pre-Cretácico de la zona suroriental de Cuenca Oriente usando información sísmica 2D. *FIGEMPA: Investigación y Desarrollo*, 19(1), e7266. <https://doi.org/10.29166/revfig.v19i1.7266>

RESUMEN

El conocimiento de la evolución geológica de la Cuenca Oriente se concentra en el norte, donde la información es abundante debido a la presencia de los principales campos petroleros. En la zona del suroriente la información se limita a secciones sísmicas 2D y escasos pozos exploratorios, y estos últimos registran datos desde la secuencia cretácica hasta las secuencias más recientes, por lo que la interpretación geológica del pre-Cretácico en esta zona es escasa. Por el contrario, en el lado peruano (Cuenca Marañón) existe suficientes datos geológicos e interpretaciones detallados en los modelos de Calderón et al. y Zamora y Gil, que son el fundamento de este estudio. La delimitación e interpretación de sismofacies permitió reconocer eventos tectónicos de pre-rift, syn-rift, post-rift, inversión tectónica y ascenso de evaporitas asociados a las litologías del pre-Cretácico. Se identificó el evento extensional del Triásico medio a superior, mismo que está ausente hacia la parte norte de la Cuenca Oriente y la discordancia Intra-Jurásica que es bien marcada hacia Perú. Los resultados marcan la pauta para el estudio de la evolución geológica de la zona en la transición de los Andes del Perú y Ecuador.

Palabras claves: suroriente; pre-Cretácico; facies sísmicas; tectónica-estructural.

ABSTRACT

Knowledge of the geological evolution of the Oriente Basin is concentrated towards the north, here the information is abundant due to the presence of oilfields. In the southeastern area of the Oriente Basin, the available data is 2D seismic sections and a few exploratory wells with information from the Cretaceous to the most recent sequences. Hence, the geological interpretation of the pre-Cretaceous in this area is scarce. In contrast, the Peruvian side (Marañón Basin) has enough geological data and interpretations which are detailed in the models proposed by Calderón et al. and Zamora & Gil, that support this study. The delineation and interpretation of seismic facies allowed the recognition of pre-rift, syn-rift, post-rift, tectonic inversion, and evaporite uplift tectonic events associated with pre-Cretaceous lithologies. This study allowed the identification of the middle to upper Triassic extensional event that is absent towards the northern part of the Oriente Basin, and the Intra-Jurassic unconformity which is well marked towards Peru. The results are the first approximation to the understanding of the geological evolution of the study area in the transition of the Peruvian and Ecuadorian Andes.

Keywords: southeast; pre-Cretaceous; seismic facies; structural-tectonic.

INTRODUCCIÓN

El pre-Cretácico de la Cuenca Oriente ha sido estudiado mediante análisis estructurales, estratigráficos e interpretación de secciones sísmicas en las unidades sedimentarias paleozoicas-mesozoicas (Díaz, 2000), estos se han enfocado en la parte norte de la cuenca. Modelos geológicos previos indican que la historia evolutiva del pre-Cretácico en la Cuenca Oriente incluye períodos de estabilidad tectónica en el Paleozoico, seguido de la formación de grabens y semigrabens, asociados a un rift de edad Triásico - Jurásico inferior y posterior extensión en un entorno de cuenca de tras-arco en el Jurásico medio-superior, identificados dentro del Corredor Sacha-Shushufindi y el Sistema Capirón-Tiputini (Baby *et al.*, 1999; Christophoul, 1999; Díaz, 2000; Vallejo *et al.*, 2021).

Angulo (2016) propone un modelo tectónico-sedimentario para el Corredor Sacha-Shushufindi, reemplazando la cuenca de rift y la tectónica syn-extensional del Triásico por un control tectónico extensional de back-arc desarrollado entre el Jurásico medio - superior. Algunas deformaciones de este régimen son aún evidentes, donde anticlinales rollover son reconocidos por subsidencia en el Jurásico medio a tardío (Zúñiga, 2020).

En el Perú, al norte de la Cuenca Marañón, modelos geológicos muestran que el estilo de deformación está relacionado a estructuras de piel gruesa y piel delgada, afectadas por la variación de esfuerzos tectónicos e influenciada por la tectónica salina durante la deformación andina (Witte *et al.*, 2018). Aquí, el pre-Cretácico muestra distintos eventos geológicos asociados a la presencia de etapas syn y post rift asociadas al Triásico inferior a Jurásico inferior donde se depositaron los grupos Mitu y Pucará.

No existe un modelo tectónico-estructural del pre-Cretácico en el suroriente; este estudio integra la información disponible en la zona para establecer un modelo geológico preliminar mediante la interpretación de secciones sísmicas 2D, calibración con información de pozos y la correlación con modelos geológicos propuestos en Cuenca Marañón.

El área de investigación abarca los bloques del 79 al 86 de la Cuenca Oriente (Figura 1). Utilizando información proporcionada por el Ministerio de Energía y Minas.

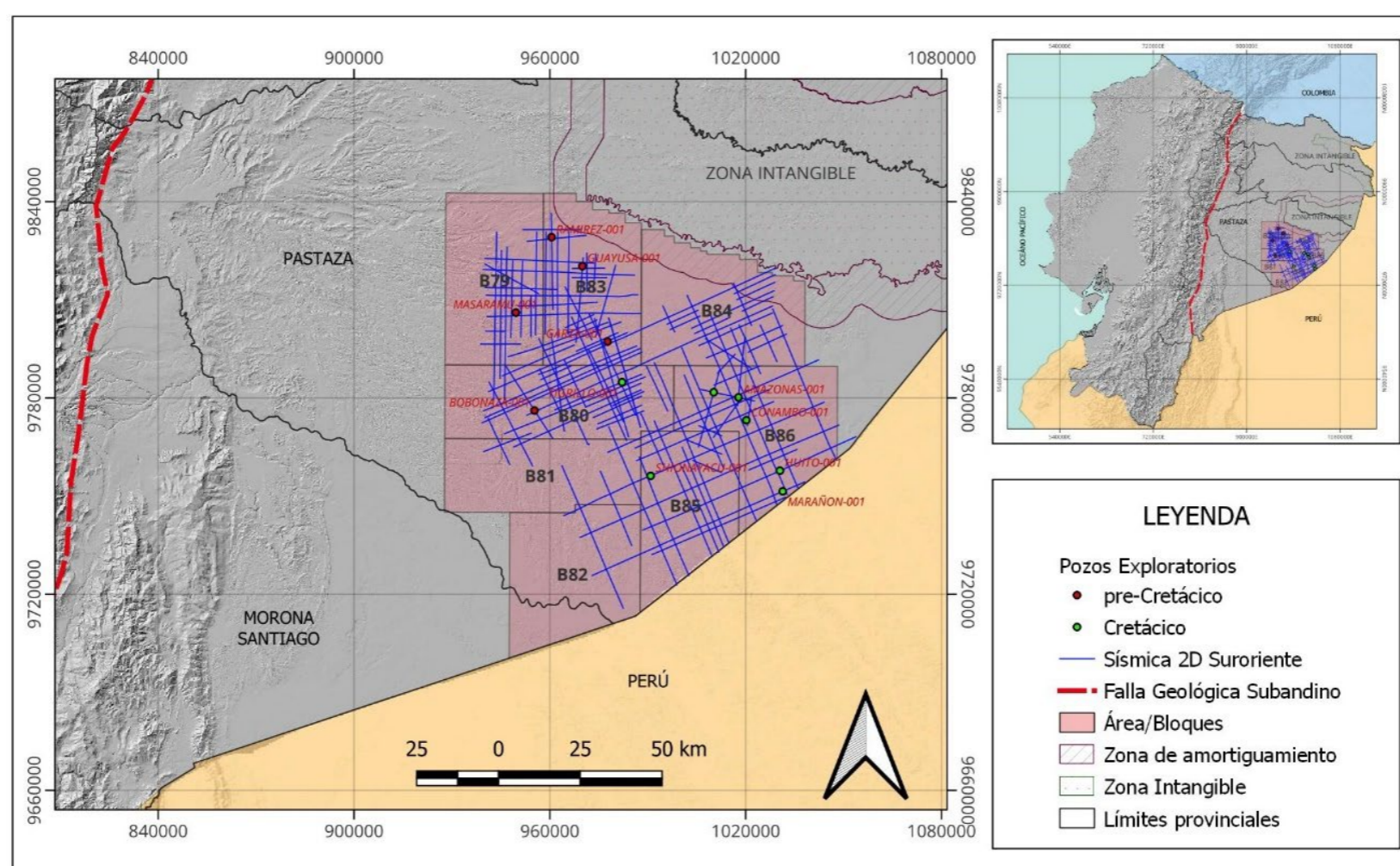


FIGURA 1

Mapa de ubicación de la zona sur oriental conformada por los bloques 79 al 86

Secciones sísmicas 2D de las distintas campañas de adquisición (Anglo, Cepe, Teneco, Unocal), en la Cuenca Oriente.

MATERIALES Y MÉTODOS

La carga de datos sísmicos y de pozo se realizó en el software Petrel v.2017. Este estudio incluyó procesos de control de calidad, filtrado y selección en líneas sísmicas 2D. De 330 perfiles sísmicos, 55 se seleccionaron para la generación de 9 perfiles sísmicos compuestos (Tabla 1; Figura 2).

Los perfiles sísmicos resultan de la composición de dos o más líneas sísmicas (composite_line) para una amplia cobertura del área. Se enlistan 8 perfiles sísmicos de orientación SW-NE y 1 compuesto en sentido N-S.

La información de pozos permitió la calibración de los eventos geológicos (reflectores) identificados en las secciones sísmicas mediante la elaboración de un sismograma sintético y ubicación de las principales formaciones cretácicas. Únicamente 5 pozos han atravesado el tope de la secuencia pre-Cretácica (Tabla 2).

TABLA 1
Perfiles sísmicos compuestos (cross-section, composite_line)

No.	Código Perfil Sísmico	Orientación	Campaña Geofísica
1	CP518_EXT	SW-NE	Cepe
2	CP522	SW-NE	Cepe
3	CP534_EXT	SW-NE	Cepe
4	CP546_EXT	SW-NE	Cepe
5	CP562_EXT	SW-NE	Cepe
6	CP586_EXT	SW-NE	Cepe
7	TE87_23, CP616_84	SW-NE	Teneco
8	TE87_07, CP636_84	SW-NE	Teneco
9	U13_88_11, TE87_07, TE87_02, CP616_84, CP617_CN84	N-S; SW-NE	Unocal, Teneco, Cepe

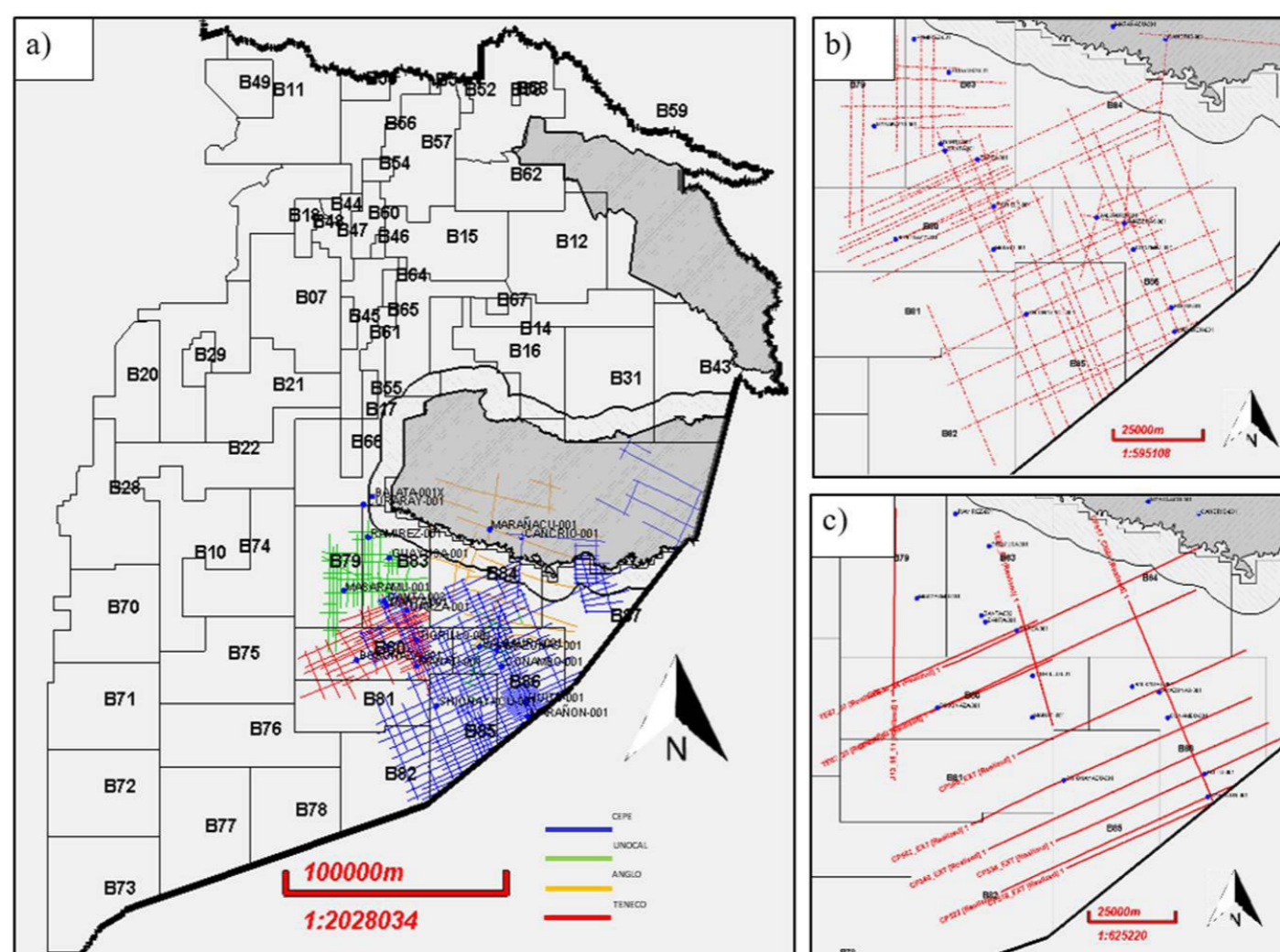


FIGURA 2

Ubicación de la sísmica 2D en el área de estudio

a) 330 secciones sísmicas (población); b) 55 secciones sísmicas preseleccionadas (muestra); c) 9 perfiles sísmicos compuestos (composite_lines).

TABLA 2
Pozos exploratorios en el suroriente de Cuenca Oriente

No.	Pozo exploratorio	Bloque	Perforación
1	Ramirez-001	B83	Pre-Cretácico
2	Guayusa-001	B83	Pre-Cretácico
3	Masamaru-001	B79	Pre-Cretácico
4	Garza-001	B83	Pre-Cretácico
5	Bobonaza-001	B80	Pre-Cretácico

Estos 5 pozos alcanzaron la perforación del pre-Cretácico atravesando el tope de la Fm. Chapiza en la que se definió el límite p-K.

Las formaciones no atravesadas por los pozos fueron identificadas mediante la caracterización por sismofacies en secciones sísmicas, donde se correlacionan parámetros de amplitud, frecuencia, continuidad y disposición de reflectores (onlap, downlap, toplap, truncamiento y discordancias); así, mediante esta metodología se interpretaron los procesos geológicos que dieron lugar a la configuración actual del subsuelo.

Finalmente, un análisis a detalle de la información sobre modelos tectónicos, estructurales y estratigráficos de las cuencas nororientales del Perú (Marañón y Santiago), permite la correlación con la interpretación del presente estudio y el establecimiento del modelo geológico común del pre-Cretácico en el suroriente.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La limitada calidad de datos en el pre-Cretácico permite que la caracterización y delimitación de sismofacies sea una metodología idónea para la interpretación estructural y estratigráfica de eventos tectónicos. La disposición de reflectores y la calibración con datos de pozos juegan un rol fundamental, para la identificación de eventos de pre-rift, syn-rift, post-rift, e inversión que son propios de la Cuenca Oriente y Marañón (Figura 3).

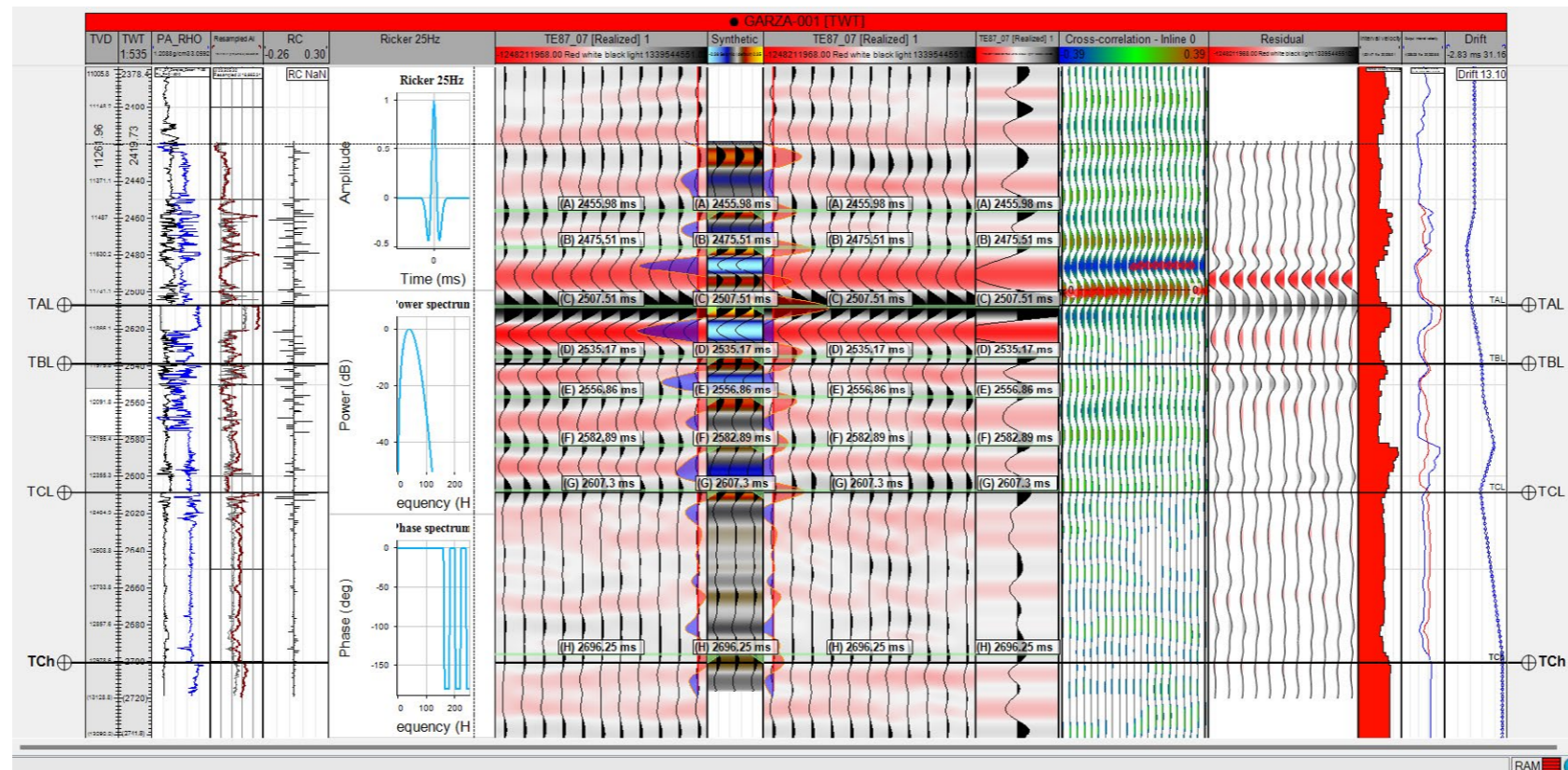


FIGURA 3

Sismograma sintético del pozo Garza-001 en la Línea sísmica TE87_07

El amarre pozo-sísmica se construye de acuerdo con los registros (RHO, DT), coeficiente de reflexión (RC), impedancia acústica (AI), topes litológicos (TAL, TBL, TCL, TPK), ondícula Ricker (25 Hz).
Nótese la correspondencia entre picos y valles del sismograma sintético y la sísmica.

Sismograma sintético

Acondicionados los datos de pozo-sísmica, se generó el sismograma sintético, donde la correlación entre datos en profundidad (pozo) y tiempo (sísmica) permitió la ubicación de las principales litologías de la secuencia cretácica y el límite superior del Pre-Cretácico (TPK) (Figura 4), que es el punto de partida para la interpretación de las sismofacies de interés y más antiguas.

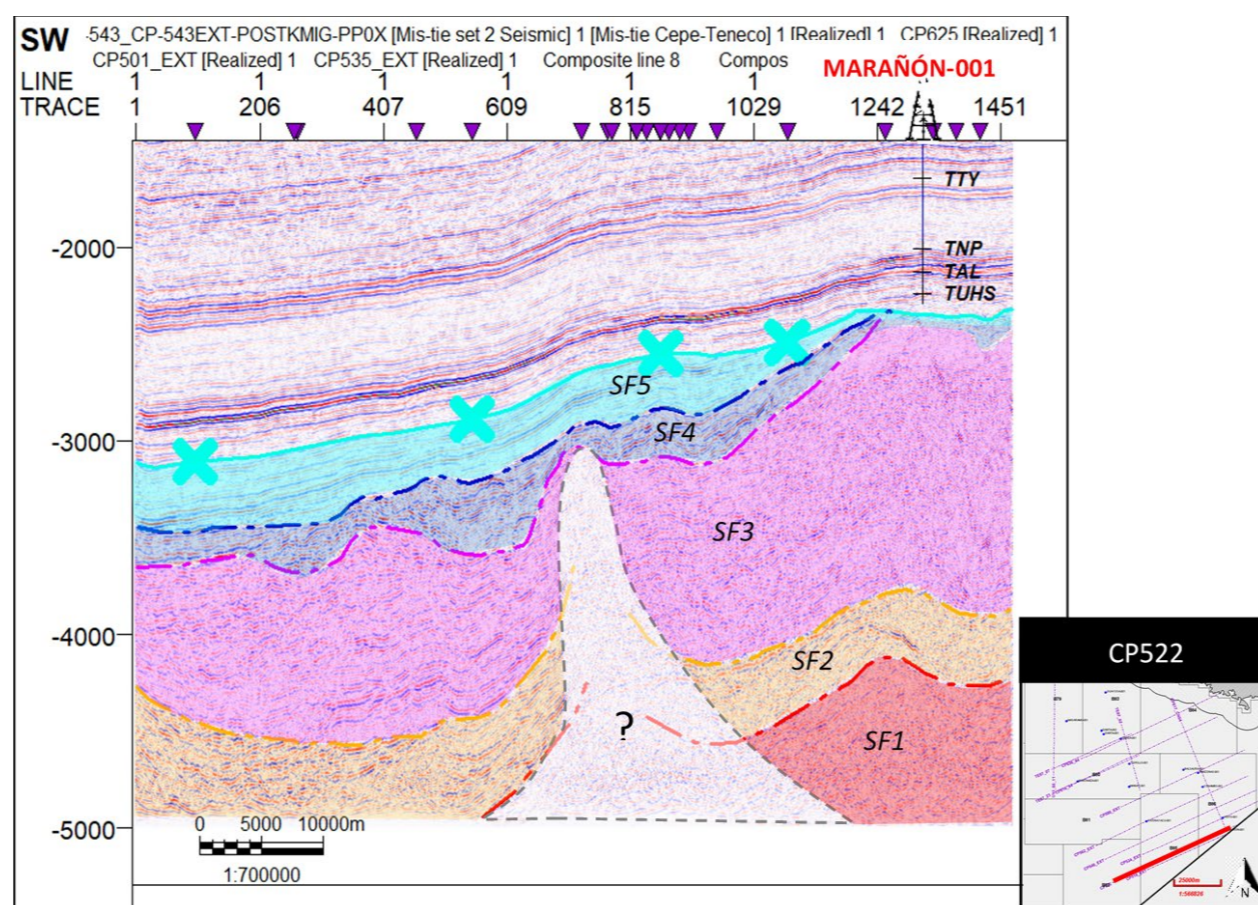


FIGURA 4

Interpretación tipo de sismofacies para el Modelo Tectónico-Estructural del pre-Cretácico

En el perfil sísmico CP522 se identificó al menos 5 sismofacies por sus características sísmicas.

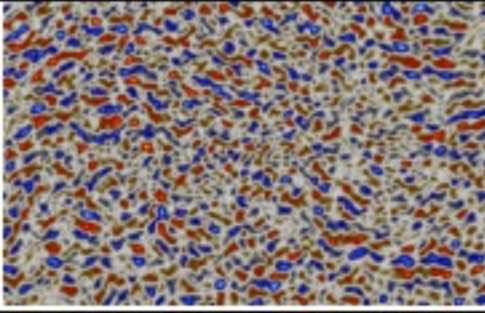
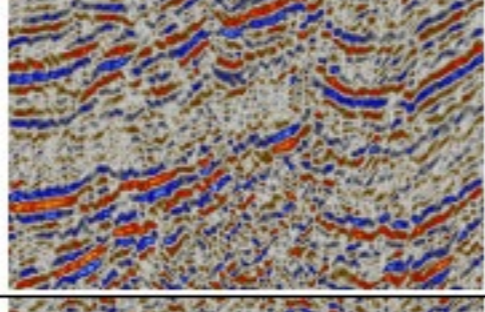
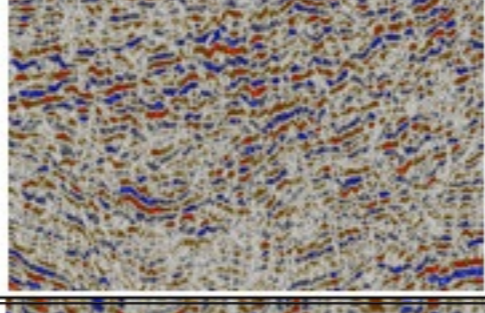
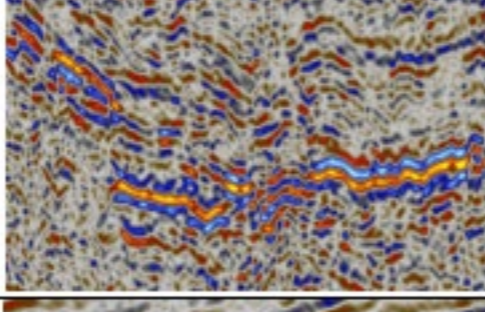
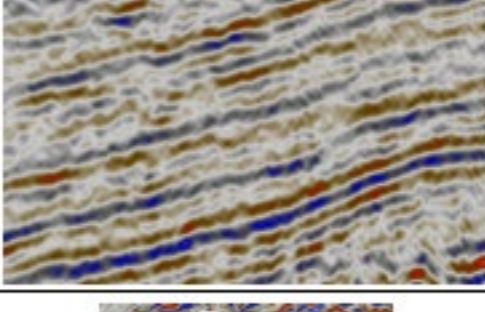
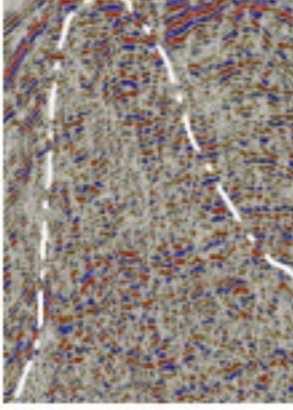
Delimitación de sismofacies

El reconocimiento de los eventos geológicos y los modelos tectono-estructurales y tectono-estratigráficos de las cuencas adyacentes en Perú, junto con la delimitación por sismofacies en las secciones sísmicas del Ecuador, permitió definir horizontes sísmicos estratégicos que separan secuencias depositacionales y eventos tectónicos bien marcados en el suroriente del Ecuador. De acuerdo con las interpretaciones, se identificaron al menos cinco sismofacies en perfiles sísmicos tipo que guían la interpretación (Figura 4).

Caracterización de Unidades Sismo-Estratigráficas (USE)

La caracterización se realiza en perfiles sísmicos compuestos, en los reflectores bajo el límite TPK que representa el tope de la Fm. Chapiza. Cinco unidades sismo-estratigráficas (USE) fueron identificadas donde se incluyen al menos un nivel evaporítico (Tabla 3).

TABLA 3
Características generales de las Unidades Sismo-Estratigráficas (USE) del pre-Cretácico

No.	Sismofacies	Configuración Interna	Características
USE-1		Caótica y difusa	Baja frecuencia, baja continuidad y amplitud moderada
USE-2		Paralela subparalela	Alta amplitud, frecuencia moderada y alta continuidad
USE-3		Subparalela, divergentes e interrumpidos	Baja continuidad, baja amplitud y frecuencia moderada
USE-4		Ondulada, subparalela y contorsionados	Alta amplitud, Alta frecuencia, buena continuidad
USE-5		Paralela uniforme	Alta continuidad, amplitud moderada y alta frecuencia
USE*		Caótica y contorsionada	Baja continuidad, amplitud moderada y baja frecuencia

Caracterización de sismofacies con base en los parámetros sísmicos de amplitud, frecuencia, continuidad, disposición de estratos, resolución sísmica y terminaciones estratales (onlap, downlap, toplap, truncamiento y discordancias) para la interpretación del pre-Cretácico.

Estas unidades se encuentran separadas por discordancias y fallamiento que interrumpen las secuencias mostrando cambios en los reflectores (Figura 5) y delimitan los principales eventos geológicos presentes.

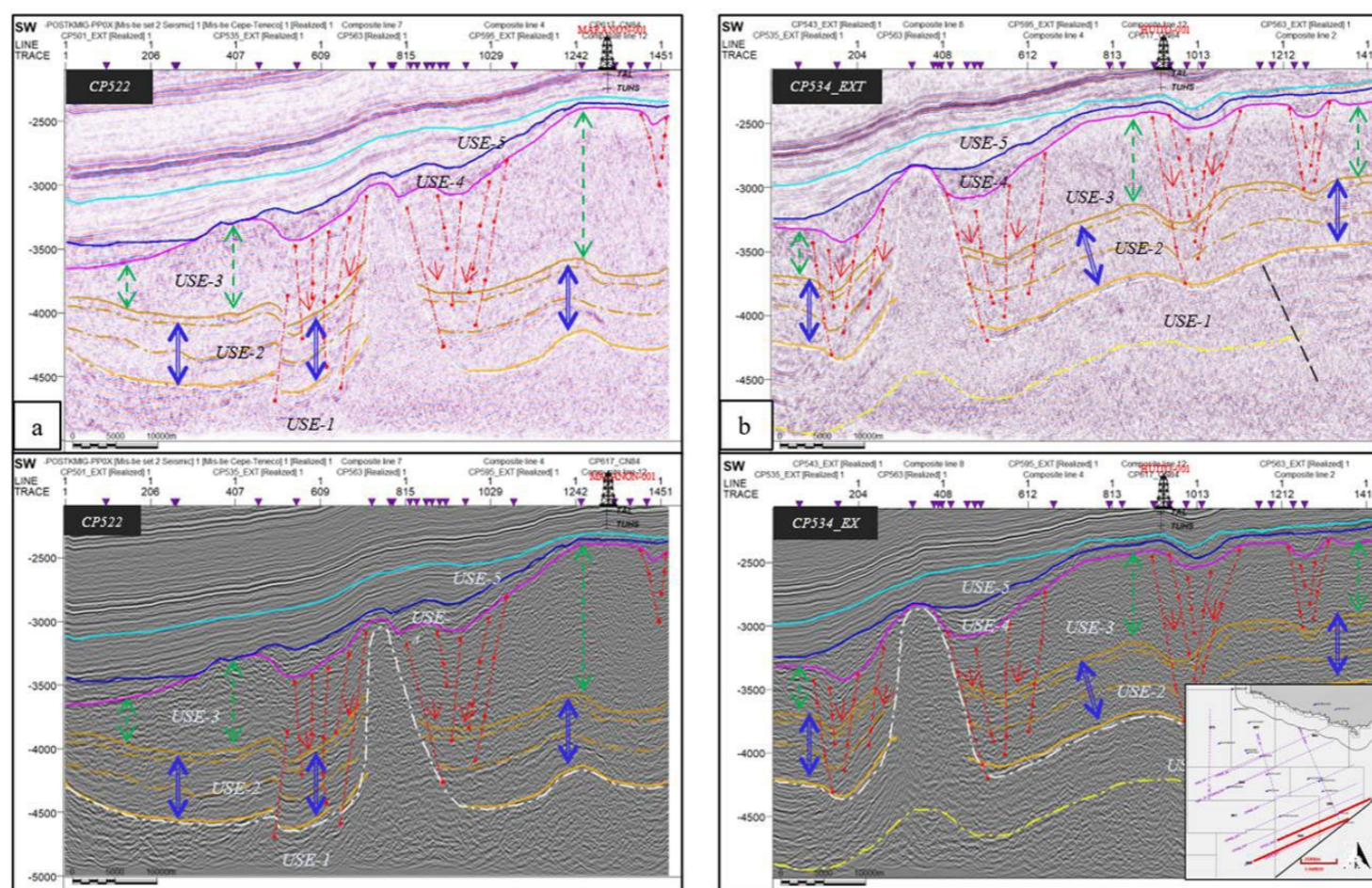


FIGURA 5

Unidades Sismo-Estratigráficas y perfiles sísmicos CP522, CP534_EXT

Los perfiles sísmicos se presentan con escala de colores para una mejor identificación de secuencias, sismofacies y en escala de grises para una mejor interpretación estructural.

Modelo Tectónico-Estructural del pre-Cretácico, Suroriente del Ecuador

En el Perú, la evolución tectónica estructural de la parte norte de la Cuenca Marañón aún guarda incertidumbre; existen dos corrientes que proponen modelos evolutivos, el de Zamora & Gil (2018) y el de Calderón *et al.*, (2017; 2018). Las unidades sismo-estratigráficas anteriormente descritas son adaptables con estos dos modelos geológicos de referencia desarrollados en la Cuenca Marañón, donde se identifican eventos de pre-rift, syn-rift, post-rift e inversión tectónica.

El tipo de litologías descritas en afloramientos en la Cuenca Marañón coinciden con las respuestas de los reflectores sísmicos y permite elaborar un modelo geológico.

- Modelo basado en Calderón *et al.* (2017; 2018)

La secuencia pre-Cretácica interpretada en este modelo considera la presencia de niveles de despegue relacionados con evaporitas (Figura 6). Las unidades sismo-estratigráficas adoptan la siguiente secuencia litoestratigráfica:

Evaporitas del Pérmico

Se relaciona con la unidad sismo-estratigráfica (USE-1) por poseer amplitudes muy fuertes, caracterizado por presentar reflectores que indican estratificación, aunque también se presentan de forma caótica. En la zona central (Figura 6), la disposición de los reflectores muestra patrones típicos observados en diapiros, con pliegues de arrastre y morfología redondeada. La configuración de esta estructura sugiere una activación a consecuencia de actividad extensional y períodos de ascenso posteriores por eventos tectónicos.

De acuerdo con Rodríguez *et al.* (1975) y Calderón *et al.* (2017b), la edad de las evaporitas corresponde al Pérmico Tardío. La presencia de las evaporitas en la secuencia pre-Cretácica cumple un rol fundamental porque generó levantamientos estructurales, deformación de capas con pliegues de arrastre y niveles de despegue (Figura 6).

Secuencia pre-Mitu?

Se relaciona con la unidad sismo-estratigráfica (USE-2), muestra estratificación marcada por fuertes amplitudes y buena continuidad lateral (Figura 7). Se define como secuencia pre-Mitu debido a su posición estratigráfica. Estos reflectores representan una secuencia depositada en un régimen pre-rift debido a que no presenta variación de espesores y sus reflectores muestra cambios de sismofacies en comparación con la secuencia suprayacente (USE-3) en la que sus reflectores son más difusos.

Secuencia Grupo Mitu? / Lower Nía?

Se relaciona con la unidad sismo-estratigráfica (USE-3), posee características estructurales como: variación en los espesores, desarrollo de depocentros con estructuras de grabens y semigrabens (Figura 7), típicos de un régimen extensional. Durante este tiempo, posiblemente ocurre el ascenso y removilización de evaporitas formando diapiros y la deformación de capas con pliegues de arrastre, que determinan una dinámica y prolongada actividad extensional atribuida al evento tectónico syn-rift.

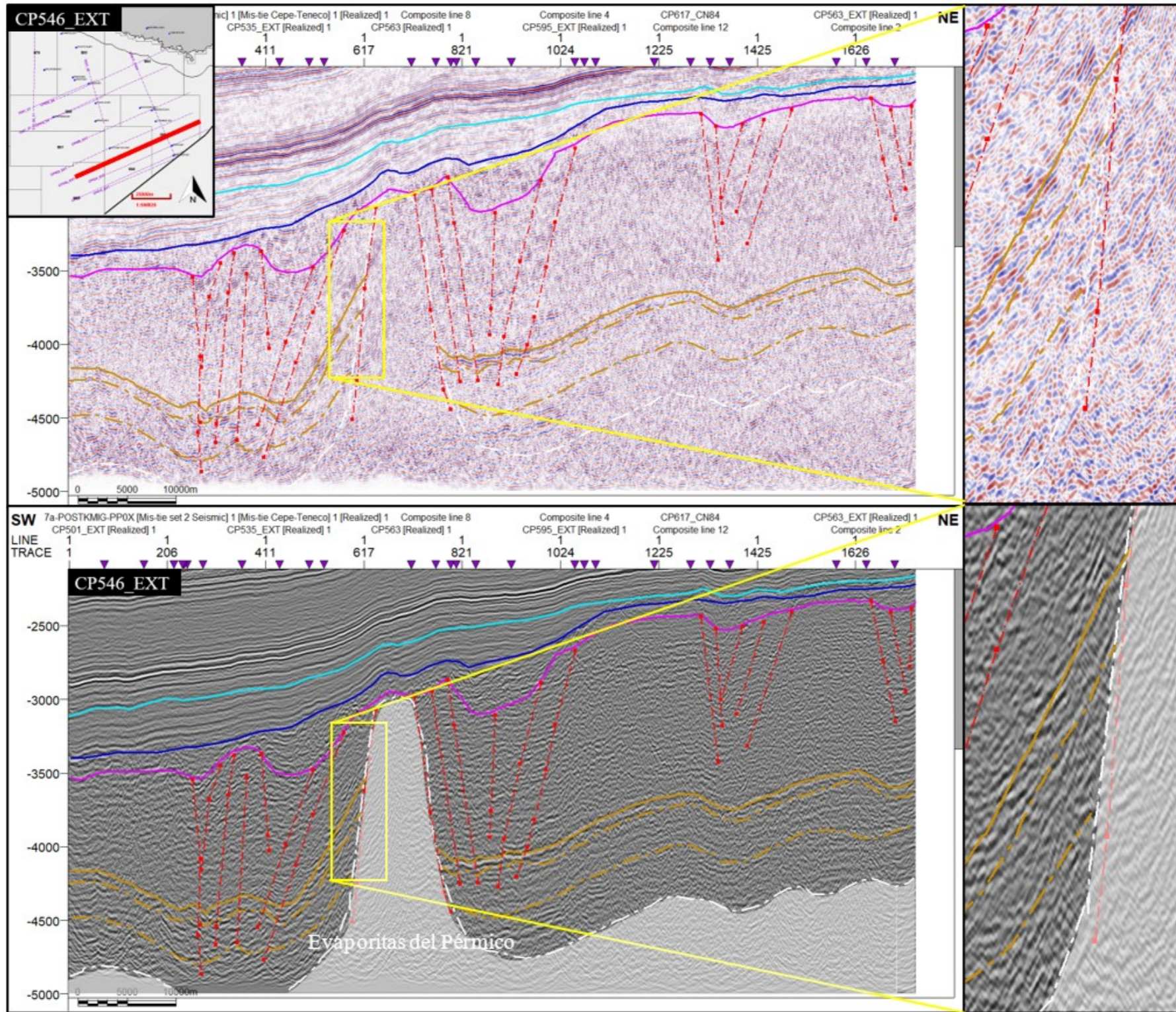


FIGURA 6

Representación de evaporitas en el perfil sísmico CP546_EXT

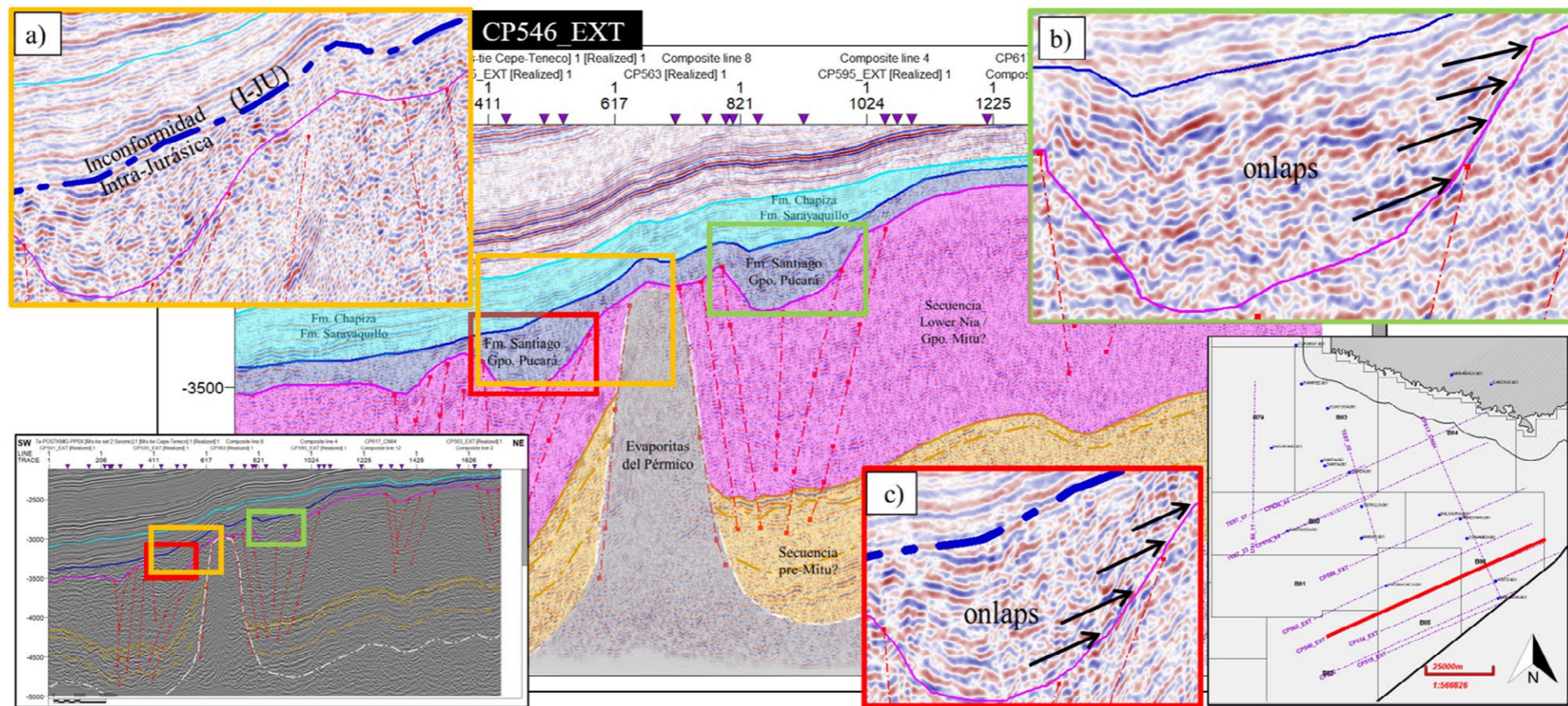


FIGURA 7

Representación general del pre-Cretácico; estructuras en onlap; e Inconformidad Intra-Jurásica

La secuencia Santiago-Pucará está representada en la unidad sísmo-estratigráfica (USE-4), caracterizada por: a) Discordancia Intra-Jurásica (I-JU) entre las unidades sísmo-estratigráficas (USE-4) y (USE-5) marcada por la línea azul segmentada; b) Graben o depocentro rellenado por carbonatos con estructuras onlap contra el alto estructural de la secuencia (USE-3); c) Semigraben con estructuras internas de tipo onlap que indican un período relativamente estable.

El desarrollo del Grupo Mitu en el Perú se lo relaciona con el rifting diacrónico en la Cordillera Oriental del Perú (Dalmayrac *et al.*, 1988). El análisis de la información sísmica 2D permitió identificar estructuras de grabens y semigrabens hacia la zona del foredeep de la Cuenca Oriente, a diferencia de Calderón & Baby que solo registran grabens en su interpretación hacia el borde occidental de la cuenca en el wedge-top.

Formación Santiago/Grupo Pucará

Se relaciona con la unidad sísmo-estratigráfica (USE-4), se caracteriza por amplitudes muy fuertes (típico de calizas) (Figura 7b. c) y moderada continuidad lateral, aunque el espesor puede disminuir debido a la erosión por inversión tectónica o un basculamiento hacia el suroeste (Figura 7a). Presenta estructuras de tipo onlap contra altos estructurales y depocentros creados sin actividad extensional (Figura 7b. c). El límite superior de esta secuencia está marcado por una discordancia erosiva, definida como Discordancia Intra-Jurásica (I-JU) (Calderón *et al.*, 2022). La secuencia inferior tiene fuertes amplitudes en contacto erosivo con el Grupo Mito/Lower Nía.

Hacia la Cuenca Oriente, esta secuencia se correlaciona con la Formación Santiago; Christophoul (1999) menciona que esta formación se restringe al sur. Esta investigación propone que es el equivalente del Grupo Pucará (Jurásico Inferior) en Perú, donde se interpreta una fase de subsidencia termal (post-rift) que formó microcuencas sobre el Grupo Mito (Triásico Inferior-Medio) (Rosas *et al.*, 2007; Calderón *et al.*, 2017a).

Formación Chapiza /Formación Sarayaquillo

Se relaciona con la unidad sísmo-estratigráfica (USE-5) por constituir el sello de la subcuenca pre-Cretácica con una espesa secuencia que se acuña gradualmente hacia el Este (Figura 7). Los análisis sísmo-estratigráficos caracterizan a esta unidad como una secuencia de relleno de cuenca. Los límites de la secuencia están bien definidos en los perfiles sísmicos en los que denota hacia la base la Discordancia Intra-Jurásica (Figura 7a) (Calderón *et al.*, 2022), esta marca el inicio de la subducción hace ~180 Ma (Spikings *et al.*, 2019). Así mismo, se generan cuencas de trasarco y un potente arco magmático (Vallejo *et al.*, 2021) que coincide con la exhumación y erosión de secuencias preexistentes y la depositación de componentes volcánicos sobre estas, lo que corrobora la finalización del rifting del Triásico (Spikings *et al.*, 2015).

- Modelo basado en Zamora y Gil (2018)

La secuencia pre-Cretácica interpretada en este modelo involucra el desarrollo restringido de grabens y semigrabens hacia la zona del foredeep (Figura 8). Existen similitudes con lo descrito anteriormente en las secuencias USE-3, USE-4, USE-5, aunque cambia la interpretación en las secuencias USE-1 y USE-2.

Paleozoico indiferenciado

Se lo relaciona con la unidad sísmo-estratigráfica (USE-1) que constituye el basamento acústico, por poseer una configuración caótica, y no definida en el arreglo interno de sus reflexiones. Se diferencia del modelo anterior donde esta secuencia era interpretada como evaporitas, y en este estudio se la define como Paleozoico indiferenciado.

Formación Macuma / Secuencia Copacabana – Tarma?

Se la relaciona con la unidad sísmo-estratigráfica (USE-2) por poseer reflectores claros y continuos, fuertes amplitudes, buena continuidad lateral y conservación de espesores paralelos dispuestos horizontalmente. Estas características son típicas de las secuencias carbonáticas identificadas en la Formación Macuma y Grupo Tarma del Carbonífero

Extensión Grupo Mito?

La interpretación sísmica 2D en el suroriente ecuatoriano permitió demostrar la continuidad de la extensión asociada al Grupo Mito hacia la zona del foredeep de la Cuenca Oriente (Figura 8). La correlación de este grupo con la unidad sísmo-estratigráfica (USE-3) está dada por presentar variación en los espesores (típico de actividad extensional), presencia de fallamiento normal subvertical que forman depocentros asociados a grabens y semigrabens. Así, se establece un relleno syn-tectónico en función de la geodinámica del pre-Cretácico. Esta extensión no se observa en la parte norte de la Cuenca Oriente de acuerdo con lo propuesto por Angulo (2016), pero en la zona de estudio es evidente y caracterizada por estructuras y sísmofacies típicas de actividad extensional.

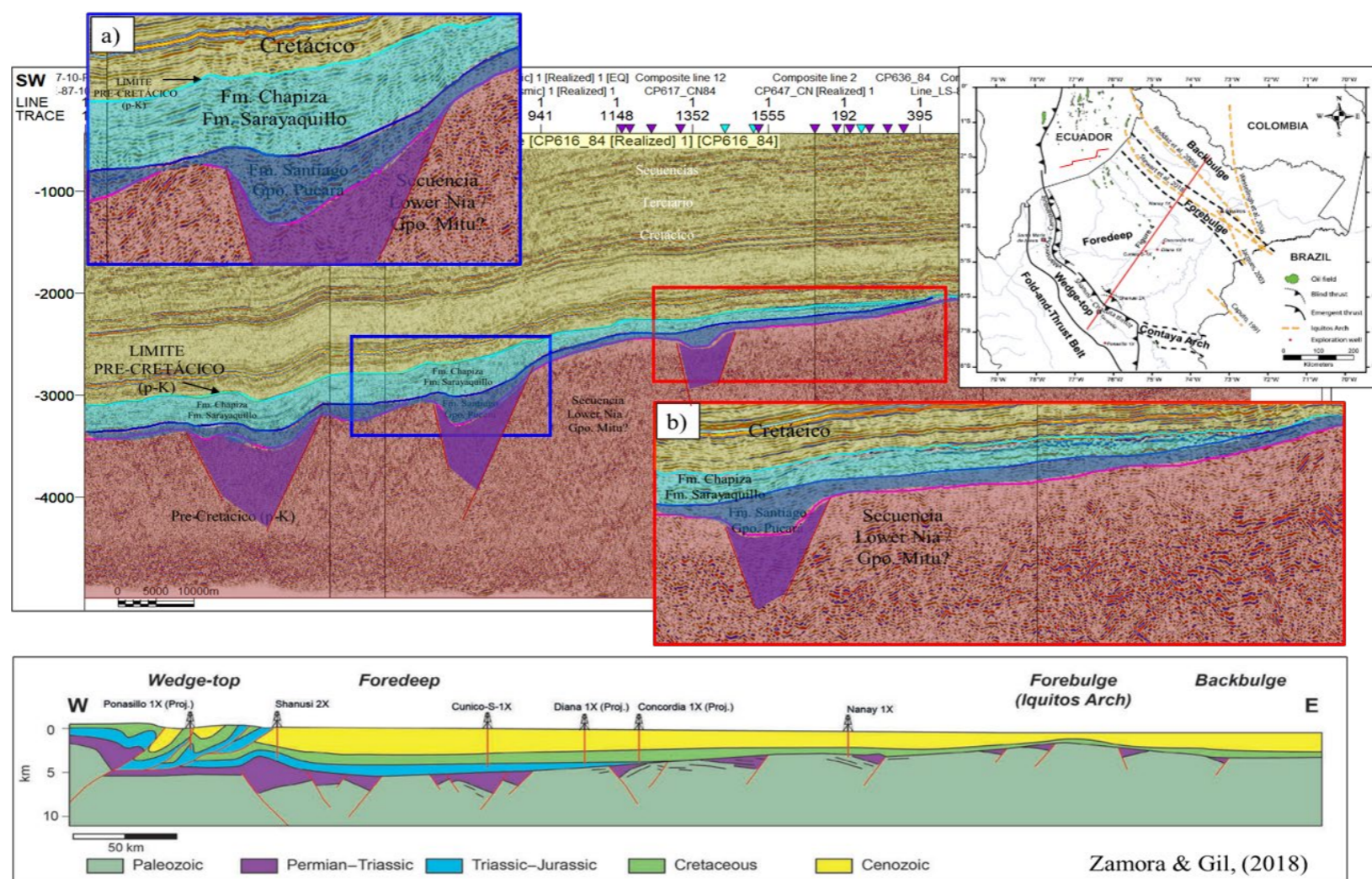


FIGURA 8

Comparación de perfiles sísmicos regionales de Cuenca Oriente y Cuenca Marañón en base al Modelo propuesto por Zamora y Gil

Los perfiles sísmicos se los ubica en el mapa para la correlación e interpretación.

Evolución Tectónico - Estructural propuesta

La serie pre-Cretácica en la zona sur oriental de la Cuenca Oriente de Ecuador presenta un esquema evolutivo que redefine la secuencia Paleozoica-Mesozoica. Basándose en modelos propuestos e interpretación sísmica 2D se establecen nuevas implicaciones en los estudios tectono-estratigráficos y tectono-estructurales del pre-Cretácico.

En el Paleozoico tardío las condiciones tectónicas son estables, aquí se depositaron posiblemente las formaciones denominadas Pumbuiza y Macuma en Ecuador y Cabanillas, Copacabana y Tarma en Perú (Figura 9) que son interpretadas como una etapa pre-rift. Nuestro modelo plantea la existencia de evaporitas de edad Paleozoico y una plataforma carbonatada Pre-Mitu (Figura 10a). Un evento syn-rift es interpretado con la formación de horst y grabens, este evento coincide con la depositación del Grupo Mitu en el Triásico medio a superior identificada en Perú (Calderón *et al.*, 2014). Este período también incluye el inicio de la movilización de evaporitas en zonas de debilidad producto del fallamiento (Figura 10b. c). Este evento syn-rift de edad Triásico medio a superior no ha sido reconocido en la parte norte de la Cuenca Oriente (Angulo, 2016).

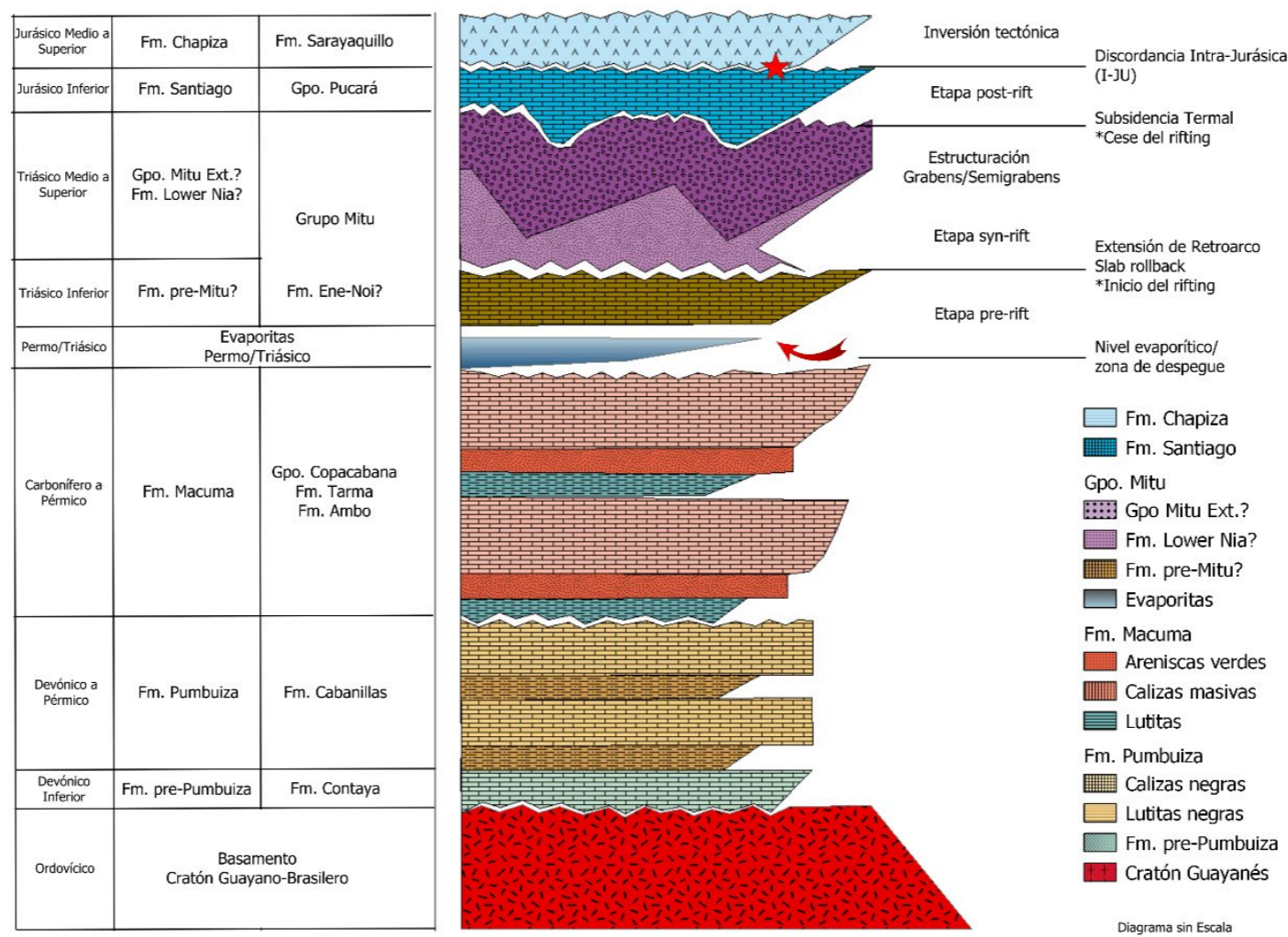


FIGURA 9

Columna estratigráfica del pre-Cretácico basado en la combinación de ambos modelos anteriormente mencionados para la definición del Modelo Tectónico-Estructural.

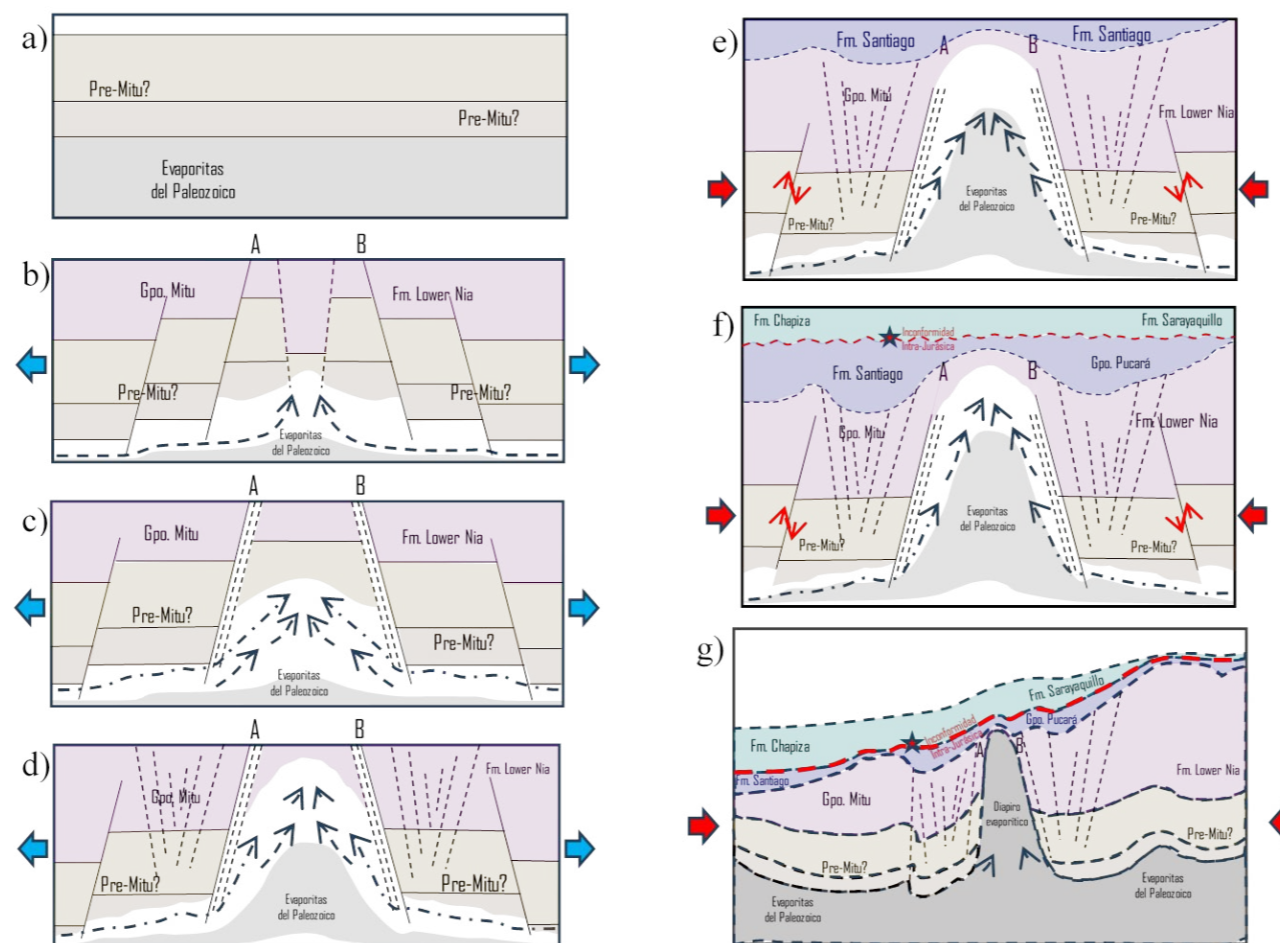


FIGURA 10

Esquema cinemático Tectono-Estructural del pre-Cretácico de la zona sur oriental de la Cuenca Oriente

- a) Pre-rift en condiciones de tectónica relativamente estable, deformaciones syn sedimentarias – Paleozoico tardío; b) Inicio del rifting en un régimen de tectónica extensional, generación de horst y grabens regionales, deformaciones syn tectónicas – Pérmico-Triásico; c) Ascenso y primera movilización de evaporitas; d) Subsistencia termal al cesar el rifting - Triásico tardío; e) Post-rift e Inversión tectónica en régimen compresional, removilización y ascenso de evaporitas – Jurásico temprano; f) Discordancia Intra-Jurásica (I-JU) marcada por la orogenia Juruá evidente entre las Fms. Santiago-Pucará y Chapiza-Sarayaquillo – Jurásico Medio. g) Basculamiento de la cuenca pre-Cretácica y configuración tectónica actual.

Durante el Jurásico Inferior, se produce una subsidencia termal post-rift, caracterizada por la formación de microcuencas donde se depositan las litologías calcáreas de la Formación Santiago y el Grupo Pucará (Figura 10d. e).

Posterior a la etapa post-rift se establecen condiciones compresionales, esto produce inversión tectónica, fallamiento inverso y deformaciones syntectónicas (Figura 10e), que marcan el inicio de la subducción hace 180 Ma (Spikings *et al.*, 2019), y el desarrollo de un arco magmático y la exhumación de secuencias preexistentes. Este evento está marcado por la formación de una Discordancia Intra -Jurásica (Figura 10f), que ha sido identificada en la Cuenca Marañón (Calderón, 2018) y por primera vez en la Cuenca Oriente.

La formación Chapiza-Sarayaquillo fue depositada bajo un régimen de relativa estabilidad tectónica, y constituye un relleno de cuenca (Figura 10f), contrario a lo interpretado por Angulo (2016) que identifica la formación de grabens y semigrabens en el Jurásico medio – superior. La configuración tectónica actual muestra estructuras de deformación de piel gruesa y el impacto de la tectónica salina durante la deformación andina (Figura 10g), incluyendo una posible estructura de diapiro orientada NNW-SSE.

CONCLUSIONES

El modelo tectónico - estructural propuesto redefinió la secuencia pre-Cretácica en cuenca Oriente de la zona sur oriental, basado en modelos geológicos propuestos en la cuenca Marañón del Perú. Se plantea la existencia de niveles evaporíticos que controlaron la deformación e historia evolutiva y el desarrollo de grabens y semigrabens, y estas estructuras constituyen el soporte del modelo geológico planteado por este estudio.

La disposición de los reflectores, la separación por sismofacies y la correlación con la información disponible en la parte norte de la cuenca Marañón, permitió identificar distintos eventos tectónicos caracterizados por cambios de espesor, terminaciones estratales tipo onlap, discordancias. Se identificaron etapas de pre-rift, syn-rift, post-rift, inversión tectónica, ascenso de evaporitas y relleno de cuencas.

Existe una correspondencia entre las sismofacies interpretadas y las litologías típicas de las formaciones del pre-Cretácico. Así, calizas presentan amplitudes fuertes y bajas frecuencias, y sedimentos de relleno de cuenca presentan amplitudes moderadas y altas frecuencias.

Existe el evento extensional del Triásico medio a superior en la zona suroriental de la cuenca Oriente, y se correlaciona hacia el sur con el evento que originó al grupo Mitu; aunque este evento no es reconocido en la parte norte de la cuenca Oriente.

Es la primera vez que se identifica la discordancia Intra-Jurásica en secciones sísmicas de la cuenca Oriente. La presencia de esta estructura geológica marca el inicio para entender la transición en la evolución geológica de los Andes del Perú y Ecuador.

RECOMENDACIONES

Correlacionar los datos interpretados en la sísmica 2D con datos aerotransportados de gravimetría y magnetometría para encontrar indicios de la investigación.

Evaluar cómo este estilo de deformación influye en el sistema petrolero del Cretácico.

Contribuciones de los autores

Romel Oswaldo Pozo Vela: análisis formal, investigación, metodología, administración de proyecto, recursos, visualización, redacción – borrador original.

Cristian Bayardo Zura Quilumbango: conceptualización, investigación, metodología, administración de proyecto, redacción – revisión y edición, supervisión, validación.

Cesión de derechos y declaración de conflicto de intereses

La revista FIGEMPA: Investigación y Desarrollo conserva los derechos patrimoniales (copyright) de la obra publicada, al mismo tiempo que promueve y permite su reutilización. La obra se publica en edición electrónica bajo la licencia Creative Commons CC-BY 4.0, que permite a los usuarios compartir, copiar y redistribuir el contenido, siempre que se dé el debido reconocimiento a los autores (https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.es_ES).

Los autores declaran haber respetado los principios éticos de investigación y estar libre de cualquier conflicto de intereses.

REFERENCIAS

Angulo, A. (2016) *Arquitectura estructural y estratigráfica de la secuencia pre-aptense, en la sección norte del corredor Sacha-Shushufindi*. Trabajo teórico de titulación. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/7115>

Baby, P., Rivadeneira, M., Christophoul, F., & Barragán, R. (1999) "Style and timing of deformation in the Oriente Basin of Ecuador", *4th International Symposium on Andean Geodynamics*, Germany, 4-6 octubre. París: Institut de Recherche pour le Développement. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/ISAG-1999.pdf>

- Calderón, Y. (2018) *Structural architecture, sedimentary balance and hydrocarbon potential of a "wedgetop-foredeep" transition zone of retro-foreland basin: example of the Marañon and Huallaga basins of northern Peru*. Tesis doctoral. Université Paul Sabatier Toulouse III. Disponible en: <https://theses.hal.science/tel-02078737/document>
- Calderón, Y., Baby, P., & Calvès, G. (2022) "Chapter 20 - Situche Complex, Marañon Basin, Peru". En Zamora, G. y Mora, A. Ed(s). *Andean Structural Styles, A Seismic Atlas*. Elsevier. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/B978-0-323-85175-6.00020-1>
- Calderón, Y., Baby, P., Hurtado, C., Bolaños, R., & Bandach, A. (2014) *Pre cretaceous fold and thrust belts in the Marañon basin*. Disponible en: <https://app.ingemmet.gob.pe/biblioteca/pdf/CPG18-59.pdf>
- Calderón, Y., Baby, P., Vela, Y., Hurtado, C., Eude, A., Roddaz, M., Brusset, S., Calvès, G., & Bolaños, R. (2017) "Petroleum systems restoration of the Huallaga-Marañon Andean retroforeland basin, Peru". En: AbuAli, M.A., Moretti, I. y Nordgård Bolås, H.M. (eds). *Petroleum Systems Analysis-Case Studies: AAPG Memoir 114*. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/308794204_Petroleum_systems_restoration_of_the_Huallaga-Marañon_Andean_retroforeland_Basin_Peru
- Calderón, Y., Baby, P., Hurtado, C., & Brusset, S. (2017) "Thrust tectonics in the Andean retro-foreland basin of northern Peru: Permian inheritances and petroleum implications", *Marine and Petroleum Geology*, (82), pp. 238–250. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.marpetgeo.2017.02.009>
- Christophoul, F. (1999) *Discrimination des influences tectoniques et eustatiques dans les bassins liés à des zones de convergence: exemples du Bassin subandin d'Equateur*. Phd thesis. Université Toulouse III. Disponible en: <https://theses.fr/1999TOU30262>
- Dalmayrac, B., Laubacher, G., & Marocco, R. (1988) *Caracteres generales de la evolución geológica de los Andes Peruanos*. Perú: INGEMMET. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12544/331>
- Díaz, M. (2000) *Caracterización y reconstrucción paleogeográfica de las cuencas pre-Aptienses en el Oriente ecuatoriano*. Tesis de Grado. Universidad Central del Ecuador, Quito.
- Rodríguez, A., et al. (1975) "Cuenca Huallaga, reseña geológica y posibilidades petrolíferas", *Sociedad Geológica del Perú*, 45, pp. 187–212.
- Rosas, S., Fontboté, L., & Tankard, A. (2007) "Tectonic evolution and paleogeography of the Mesozoic Pucara Basin, central Peru", *Journal of South American Earth Science*, 24(1), pp. 1-24. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.jsames.2007.03.002>
- Spikings, R. A., Cochrane, R., Villagomez, D., Van der Lelij, R., Vallejo, C., Winkler, W., & Beate, B. (2015) "The geological history of northwestern South America: from Pangaea to the early collision of the Caribbean large Igneous Province (290–75 Ma)", *Gondwana Research*, 27 (1), pp. 95–139. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gr.2014.06.004>
- Spikings, R. A., Cochrane, R., Vallejo, C., Villagomez, D., Van der Lelij, R., Paul, A., & Winkler, W. (2019) "Chapter 7 - Latest Triassic to Early Cretaceous tectonics of the Northern Andes: Geochronology, geochemistry, isotopic tracing, and thermochronology". In: Horton, B & Folguera, A. Eds. *Andean Tectonics*. Elsevier. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/B9780128160091000095>
- Vallejo, C., Romero, C., Horton, B. K., Spikings, R. A., Gaibor, J., Winkler, W., Esteban, J. J., Thomsen, T. B., & Mariño, E. (2021) "Jurassic to Early Paleogene sedimentation in the Amazon region of Ecuador: Implications for the paleogeographic evolution of northwestern South America", *Global and planetary change*, 204(103555), p. 103555. Disponible en: <https://doi.org/10.1016/j.gloplacha.2021.103555>
- Witte, J., Strecker, M. R., & Ruez, M. (2018) "Structural styles and tectonic evolution of the Santiago Basin, Peru-Implications for hydrocarbon traps". In: Zamora, G., McClay, K. R., & Ramos, V. A. Eds. *Petroleum basins and hydrocarbon potential of the Andes of Peru and Bolivia: AAPG Memoir 117*. Disponible en: <https://doi.org/10.1306/13632122M1173770>
- Zamora, G., & Gil, W. (2018) "5: The Marañon Basin: Tectonic evolution and paleogeography". In: Zamora, G., McClay, K. R., and Ramos, V. A. Eds. *Petroleum basins and hydrocarbon potential of the Andes of Peru and Bolivia: AAPG Memoir 117*. Disponible en: <https://doi.org/10.1306/13622119M1173768>
- Zúñiga, D. (2020) *Prospectividad hidrocarbúrfica del pre-Aptiense en los Bloques 64 y 65, con base en información de pozos y sísmica 2D-3D*. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniero en Geología. Universidad Central del Ecuador. Disponible en: <http://www.dspace.uce.edu.ec/handle/25000/20922>