


## **Modelo de evolución cinemática para el crecimiento de un dúplex de techo pasivo en la Faja Plegada y Corrida del Maraón – Dúplex del Ojo de Consuzo, Ancash, Perú**

### **Kinematic Evolution Model for the Growth of a Passive Roof Duplex in the Maraón Fold and Thrust Belt – Ojo de Consuzo Duplex, Ancash, Peru**

Daniel E. Torres<sup>1</sup> 

<sup>1</sup>Instituto Geológico Minero y Metalúrgico, Lima. Perú

#### **Resumen**

Recientes estudios por parte de la exploración de yacimientos minerales nos han hecho mejorar nuestro conocimiento de la geometría de la Faja Plegada y Corrida del Maraón (FPCM) del centro y norte de los Andes de Perú en donde ambos, tanto la deformación de tipo lámina delgada y lámina gruesa están presentes, directamente relacionados a la evolución y respuesta a los esfuerzos de estructuras más antiguas. Sin embargo, muchos de estos estudios tienen como base información geológica desactualizada. En este estudio se hace evidencia de un dúplex de techo pasivo en la zona interna de la FPCM en el norte de la provincia de Ancash, Perú tomando como base la actualización de la carta geológica nacional. El concepto de una cuña apilando grandes fragmentos de roca equilibrada por retrocorrimientos en las capas más superficiales en la parte frontal de la cuña es un concepto que se ha estudiado poco en la FPCM, en este estudio se muestra como con una metodología de análisis estructural simple, análisis de imágenes satelitales y la interpretación de una sección estructural se puede determinar este tipo de estructuras, sobre todo al nivel de exposición que vamos a presentar a continuación. El resultado del análisis de esta estructura nos muestra un apilamiento antiformal y nos indica como los afloramientos del Jurásico Superior, cartografiados solo en esta zona, han influido en la deformación de tipo lámina delgada en esta parte de la FPCM y como este acortamiento influye en el transporte tectónico de toda la cuenca.

**Palabras clave:** *Dúplex de techo pasivo, Faja Plegada y Corrida del Maraón, Deformación lámina delgada y gruesa, Análisis estructural, Tectónica de los Andes.*

#### **Abstract**

Recent studies in mineral deposit exploration have enhanced our understanding of the geometry of the Maraón Fold and Thrust Belt (MFTB) in central and northern Peru's Andes, where both thin-skinned and thick-skinned deformation are present, directly related to the evolution and stress response of older structures. However, many of these studies are based on outdated geological information. This study highlights a passive roof duplex in the inner zone of the MFTB in northern Ancash province, Peru, based on updated national geological mapping. The concept of a wedge stacking large rock fragments balanced by back thrusts in the superficial layers at the front of the wedge is a concept that has been little studied in the MFTB. This study demonstrates how with a simple structural analysis methodology, satellite image analysis, and the interpretation of a structural section, such types of structures can be determined, especially at the level of exposure that will be presented below. The analysis of this structure shows us an antiformal stacking and indicates how the outcrops of the Upper Jurassic, mapped only in this area, have influenced the thin-skinned deformation in this part of the MFTB and how this shortening affects the tectonic transport of the entire basin.

**Keywords:** *Passive Roof Duplex, Maraón Fold and Thrust Belt, Thin-skinned and Thick-skinned Deformation, Structural Analysis, Andean Tectonics*



## INTRODUCCIÓN

Estructuras dúplex asociadas a cabalgamientos son parte integral de una faja plegada y corrida (FPC), y han sido descritos en los principales orógenos (Dahlstrom, 1970; Boyer y Elliot, 1982; DeCelles y Mitra, 1995; McQuarrie et al., 2008, Mitra y Bhattacharyya, 2011).

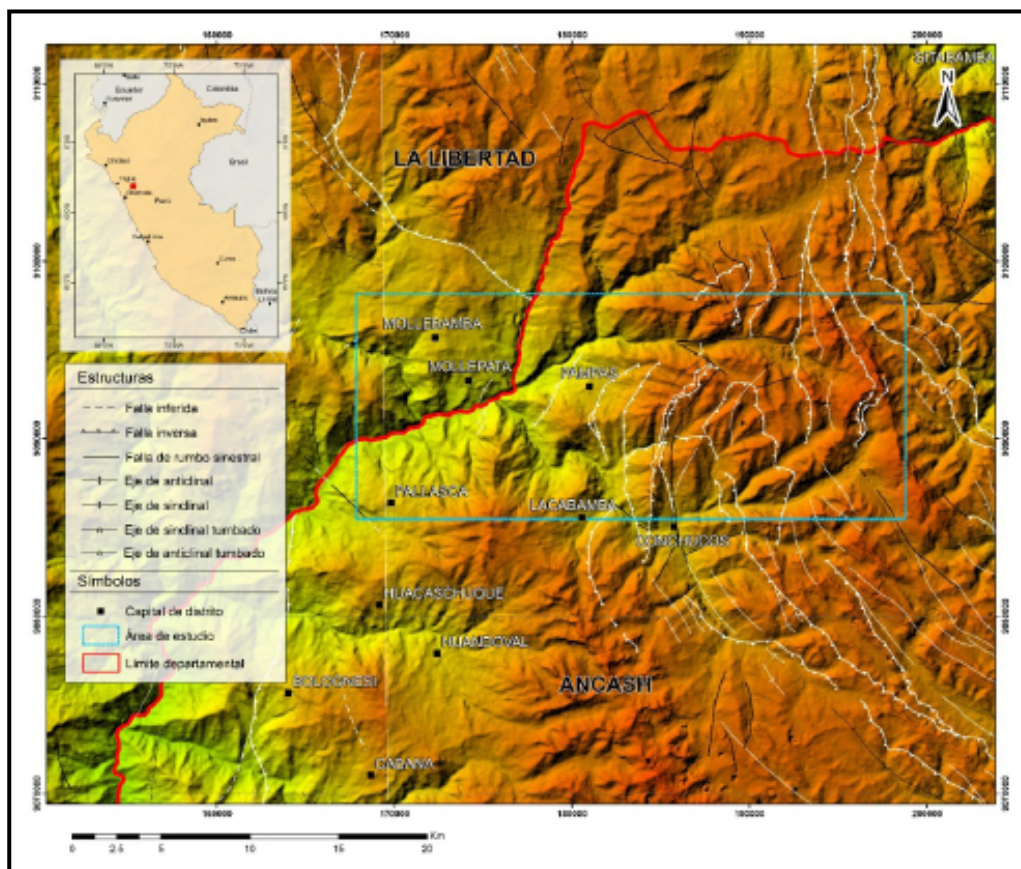
Se le encuentran comúnmente en la zona interna de las FPC en donde una mayor historia tectónica y por la consecuente conectividad entre las fallas

se producen las estructuras tipo dúplex (Boyer y Elliott, 1982; Bhattacharyya y Mitra, 2009).

Asimismo, engloban la mayor parte del acortamiento en una FPC y proveen un mecanismo eficiente para transferir el movimiento desde un nivel de despegue basal hacia niveles de despegue superiores y para transportar largas distancias las fallas del bloque techo.

### Figura 1

*Mapa regional de Pallasca, donde se muestra los principales sistemas de fallas y la Zona Triangular de Conchucos (rectángulo celeste).*



En la Faja Plegada y Corrida del Marañón (FPCM), el crecimiento del dúplex del Ojo de Conzuso (DOC) (Torres et al, 2018) juega un papel en la evolución de la zona norte de la FPC y del emplazamiento del batolito de la Cordillera Blanca.

El DOC se encuentra en la zona interna de la FPCM entre los poblados de Pallasca, Pampas y Conchucos al norte de la región de Ancash (Figura 1) (Torres et al. 2018).

En esta zona debido al apilamiento de dúplexes se acomoda una fracción significativa del acortamiento total en la zona interna de la FPCM.

Esto se ve reflejado en la zona triangular y los retrocabalgamientos en el bloque techo dentro de las limoarcillitas y areniscas del Grupo Chicama (Jurásico Superior).

En particular el engrosamiento y las relaciones de contacto de “joven sobre antiguo” generado por los retrocabalgamientos en el bloque techo nos pone en evidencia que estas estructuras definen la “punta” de la cuña y por lo tanto al retrocabalgamiento principal.

### **GEOLOGÍA REGIONAL**

La FPCM se comenzó a desarrollar durante el Cretácico tardío, posiblemente en respuesta a una subducción plana a lo largo del margen de la placa sudamericana, lo que dio inicio a una deformación contraccional en los Andes del Perú (Ramos & Aleman, 2000; Scherrenberg et al., 2014).

El acortamiento en la FPCM da cuenta de este fenómeno relacionado a la subducción plana, en donde la arquitectura estructural en 3D comúnmente involucran dos estilos de deformación que son de piel delgada y piel gruesa que son acomodados principalmente por un sistema de fallas con vergencia al este-noreste, en donde las fallas que se han desplazado anteriormente se encuentran deformadas y falladas por retrocabalgamientos posteriores (Torres, 2018; Scherrenberg et al., 2014).

Como resultado se ha desarrollado una cuña o zona triangular que está expuesta en el área de Conchucos (Ancash; Figura 2) más exactamente en el DOC, en donde se desarrollan mucha de las características geométricas-estructurales de una típica FPC descrita en otros orógenos.

El mapeo estructural detallado en la zona de Conchucos ha revelado la presencia de un prominente dúplex de techo pasivo en la zona interna de la FPCM (Torres et al., 2018).

De sur a norte el retrocabalgamiento principal es la Falla Conchucos (FC) que controla la evolución estructural del dúplex Conchucos (DC), el dúplex Tilaco (DT) y el dúplex Pampas (DP), formando el DOC.

El DOC se encuentra entre las longitudes 78°00'E y 77°40'E y latitudes 8°10'S y 8°20'S al noreste en los Andes Centrales al norte de Perú. Se encuentra limitada por la Cordillera Blanca al oeste y el Complejo Metamórfico del Marañón al este, entre los pueblos de Pampas y Conchucos.

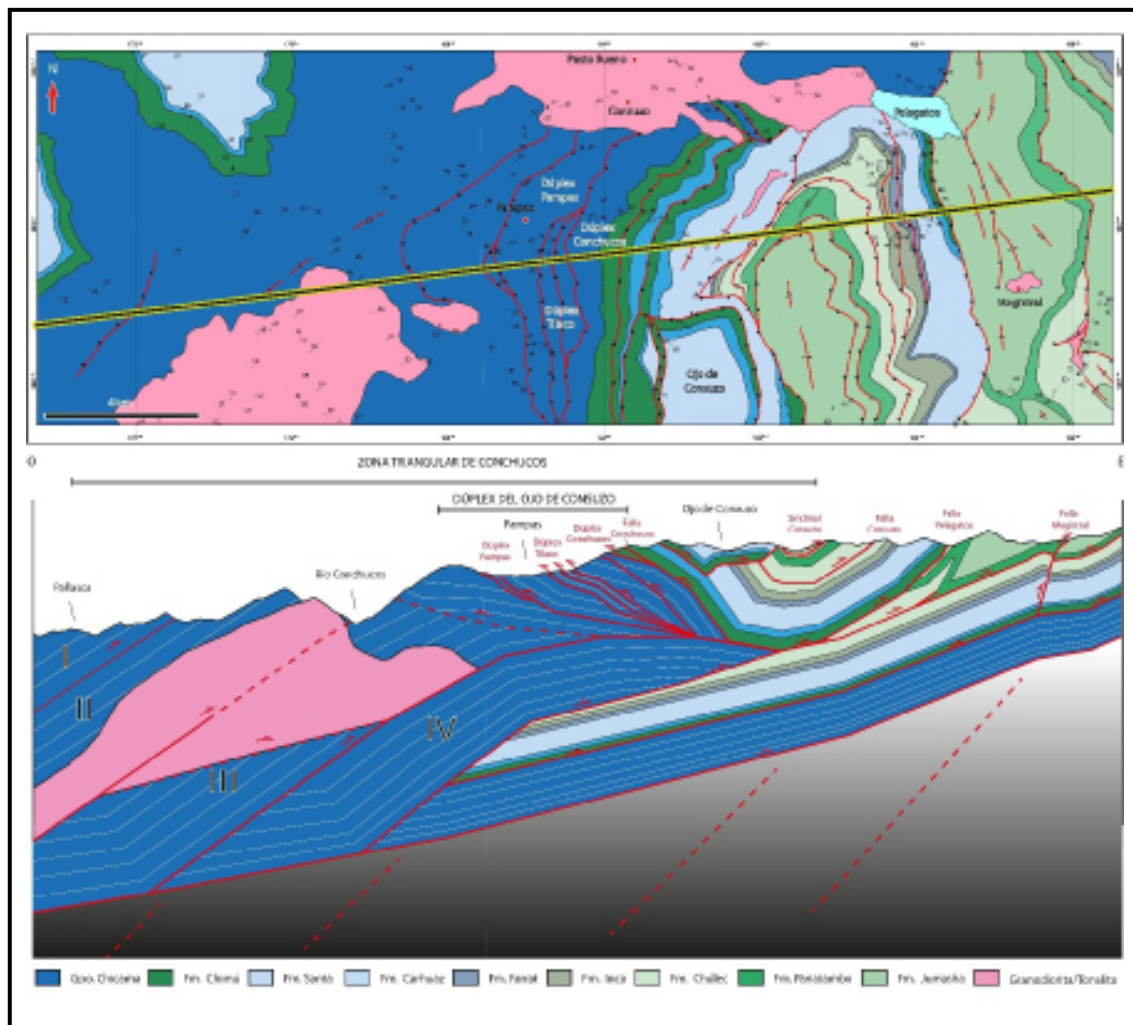
Es en este pueblo donde gracias a la erosión aflora la FC, y a partir de aquí hacia el oeste salen retrocorrimientos menores que forman las estructuras “techo” del DOC.

Todo este sistema de “duplexes” están en las limoarcillitas-areniscas y pizarras del Grupo Chicama, y forman la zona triangular del DOC, esta estructura fue favorable para el emplazamiento de intrusivos de ~12 ma pertenecientes al batolito de la Cordillera Blanca, en este artículo se discute hasta qué punto pudo haber favorecido en el engrosamiento de esta zona triangular.

Distinto a los modelos de la FPCM más al sur donde hay una predominancia de deformación de tipo lámina gruesa, en esta zona el estilo tectónico es de lámina delgada, favoreciendo los apilamientos antiformales por sobre cabalgamientos del basamento paleozoico o precámbrico.

**Figura 2**

Mapa geológico y sección de la Zona Triangular de Conchucos (ZTC), en la sección se observa también el Dúplex del Ojo de Consuzo (DOC).



Hacia el oeste se tienen las secuencias del Cretácico inferior representadas por el Grupo Goyllarisquizga y la Formación Inca, seguidas por las unidades carbonatadas de las Formaciones, Chúlec y Pariatambo, para completar la secuencia la Formación Jumasha del Cretácico superior, estas unidades están deformadas, falladas y repetidas con niveles de despegue en la base del Grupo Goyllarisquizga (Formación Chimú) en la Formación Chúlec y despegues menores en la Formación Pariatambo y dentro de la Formación Jumasha.

Las estructuras al nivel de las secuencias carbonatadas (formaciones Chúlec, Pariatambo y Jumasha) aparentemente son más antiguas ya que se notan que al engrosarse la zona triangular estas últimas se han plegado, mientras que en la base de la Formación Chimú al parecer están relacionadas a fallas “fuera de secuencia” posteriores, quizás generadas en los últimos estadios de deformación en el DOC.

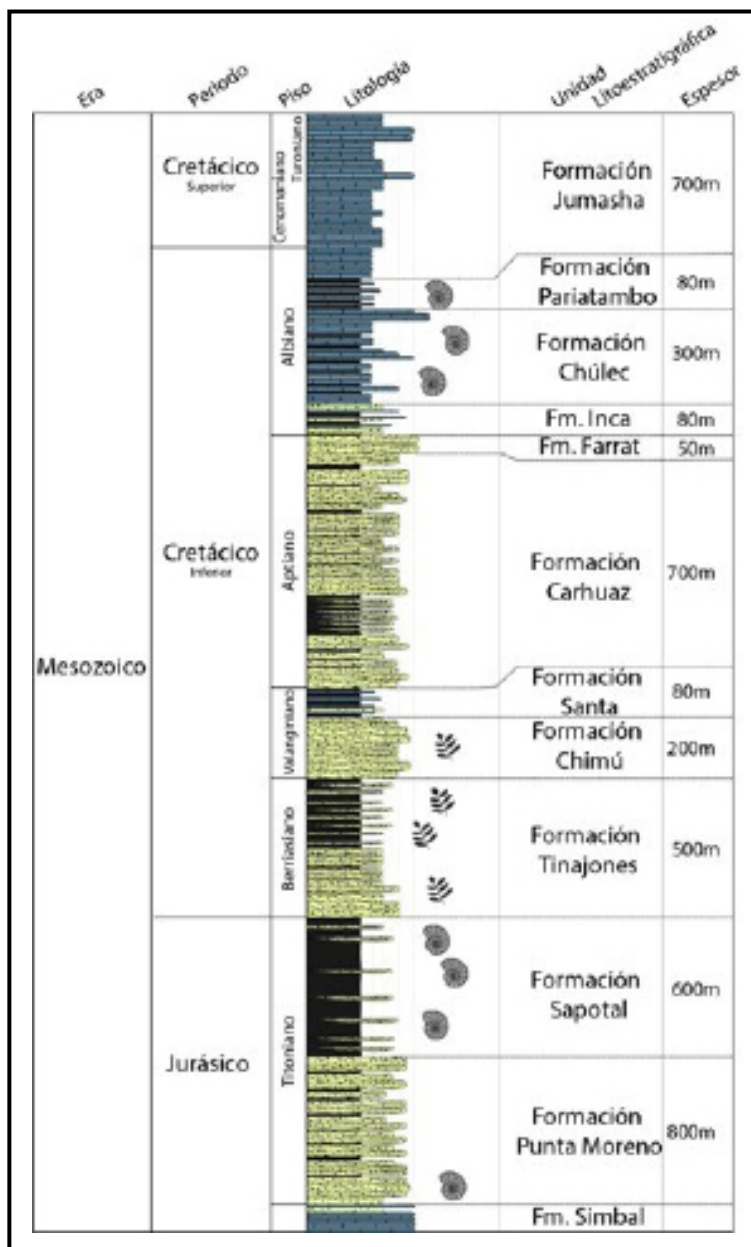
### ESTRATIGRAFÍA

La secuencia sedimentaria en el área de Conchucos está compuesta por una columna Mesozoica (Grupo Chicama, Grupo Goyllarisquizga, formaciones Inca, Chulec, Pariatambo y Jumasha) de ~4500 m de espesor (Figura 3), la cual se repite por intermedio de estructuras “dúplex” en el nivel del Grupo Chicama formando el DOC.

A continuación, se va a hacer la descripción básica de la secuencia sedimentaria expuesta en el DOC, que está comprendida principalmente por formaciones sedimentarias Jurásicas y Cretácicas que han sido descritas por Machaca (2020).

**Figura 3**

*Estratigrafía generalizada del ZTC, tomado de Machaca, 2020 Grupo Chicama.*



Stappenbeck (1929) fue el primero en estudiar esta unidad sedimentaria.

Colectó especies fosilíferas, describió las facies características y a estas las denominó como “Capas Chicama”.

Años después fue elevado a la categoría de “Formación Chicama” (Cossío & Jaén, 1967) y se describió una gruesa serie sedimentaria compuesta principalmente de lutitas pizarrosas, lutitas arenosas y ocasionalmente horizontes de areniscas, pudiéndose distinguir tres miembros (Escudero, 1979).

A finales del siglo pasado Jacay (1992) elevó esta unidad a la categoría de “Grupo Chicama”, donde describió tres formaciones la Formación Punta Moreno, Sapotal y Tinajones (Figura 3) Esta unidad abarca gran extensión en el norte de la Cordillera Occidental.

La Formación Sapotal representa el grueso del Grupo Chicama y fue descrita en la hoja de Otuzco por Jacay (1992).

En la Cordillera Occidental esta unidad está compuesta por una secuencia monótona y potente de lutitas grises oscuras con delgados lentes de areniscas grises que lateralmente se van canalizando (Machaca, 2020), la presencia de fauna fósil (ammonites) es una característica particular, estos se observan en nódulos.

Morfológicamente presenta relieves negativos en afloramiento, son sedimentos bastante deformados (foliados) (Figura 4b), en algunos afloramientos se observan pizarras gris oscuras (Figura 4a) cuyo origen puede estar vinculado al emplazamiento del Batolito de la Cordillera Blanca.

#### Figura 4

*Grupo Chicama. (a) Pizarras con foliación paralela al S0. (b) Intercalaciones de limoarcillitas con algunos niveles de areniscas, cerca de una zona de cizalla (Dúplex Tilaco). (c) Detalle de las limoarcillitas en el Dúplex Tilaco, cuya foliación S1 posee un leve buzamiento hacia el oeste y se encuentra subvertical al S0.*





El Grupo Chicama se caracteriza por ser una unidad sedimentaria muy fosilífera, en base a los estudios taxonómicos realizados a los ammonites en el Grupo Chicama colectados en

los cuadrángulos de Pallasca 17(h) y Corongo 18(h), y en función a la biozonación de ammonites, se le asignó una edad de Titoniano Medio a Titoniano Superior (Machaca. 2020).

## **GRUPO GOYLLARISQUIZGA**

Esta unidad litoestratigráfica está constituido de la base al tope por la Formación Chimú, Santa, Carhuaz y Farrat y es de una edad Cretácica inferior (Valanginiano inferior-Aptiano superior).

~~La Formación Chimú~~ litológicamente está compuesta por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso, predominantemente de color blanco, con abundantes laminaciones oblicuas y bases de erosivas de canal, presenta lentes de carbón que lateralmente se van acortando.

La Formación Santa es una delgada unidad sedimentaria de 60 a 80 m de espesor está compuesta por lutitas grises oscuras con delgados niveles de calizas grises oscuras, en estratos de 50 a 70 cm de espesor.

La Formación Carhuaz está compuesta por lutitas de capas delgadas, suaves, friables, de color marrón y lutitas limosas de color púrpura intercaladas con algunas capas delgadas de areniscas cuarzosas, gris claro a marrón, con estratificación cruzada.

La Formación Farrat está compuesta principalmente por areniscas cuarzosas de grano medio a grueso con ~~textura azucarada~~.

### ***Secuencias del Albiano – Turoniano***

A estas secuencias pertenecen las formaciones Inca, Chúlec, Pariatambo y Jumasha.

La Formación Inca está compuesta por limolitas negras a grises, areniscas blanquecinas en estratos y niveles de calizas grises hacia la parte superior.

Se caracterizan por la presencia de abundantes rizaduras, flaser bedding y lentes de arenas.

La Formación Chúlec consiste en calizas gris verdosas, lutitas calcáreas y margas gris verdosas a amarillentas en conjunto de color beige, los cuales son característicos y resaltan entre las unidades infra y suprayacentes para su reconocimiento y diferenciación.

La Formación Pariatambo está compuesta por calizas mudstone de color gris oscuro con algunos niveles de lutitas y limolitas negras donde ocasionalmente es posible encontrar algunos niveles de areniscas calcáreas de grano medio a fino que varían de tonalidades rojizas a pardas.

Esta Formación consiste en acumulaciones muy potentes de estratos de calizas mudstone grises (a veces wackestone).

Normalmente los afloramientos de esta formación presentan una distintiva morfología abrupta y escarpada, llegando a formar paredes de varias decenas de metros.

Los “dúplex” principales del DOC están compuestos por el Grupo Chicama, y tiene un espesor aproximado de 1200 m.

Las limoarcillitas-areniscas y pizarras de la Formación Sapotal son las mejores expuestas en la zona oriental y representan el “techo pasivo” de la Zona Triangular de Conchucos cuyos cabalgamientos son retrocorrimientos con vergencia al oeste, mientras que las secuencias del Grupo Goyllarisquizga y las secuencias carbonatadas del Albiano Turoniano representan la deformación “superficial” en parte anterior donde los cabalgamientos tienen vergencia al este.



## GEOMETRÍA DEL DÚPLEX DEL OJO DE CONSUZO

En la carretera de Conchucos a Pampas se observan los cabalgamientos que repiten al Grupo Chicama los cuales constituyen el DOC que representa el “techo pasivo” de la zona triangular de Conchucos.

Como parte de la actualización de la carta geológica nacional se usó mapeo estructural a escala 1:50000, relaciones de capa-clivaje, relaciones geométricas entre fallas y pliegues, así como relaciones estratigráficas para definir los bloques repetidos dentro del Grupo Chicama (Figs. 2, 5 y 6).

El DOC se extiende por alrededor de ~8 km en dirección E-O y representan los retrocorrimientos superficiales de la Zona Triangular de Conchucos cuya extensión es de ~15 km de zona interna y una zona externa al este de otros ~12 km.

La Falla Conchucos (FC) se extiende de sur a norte con vergencia al oeste definiendo el límite oriental del DOC, su mejor afloramiento se encuentra en la entrada al pueblo de Conchucos, como parte de la actualización se cartografiaron los cabalgamientos que definen el dúplex Tilaco (DT), el dúplex Pampas (DP) y el dúplex Conchucos (DC) previamente no cartografiados, asimismo se observó que la FC tiende a cambiar de rumbo un par de kilómetros al norte de Conchucos donde varía a N40° en dirección a la laguna Pelagatos, esta flexión en la falla puede estar relacionada a una estructura acrecional perpendicular a las estructuras orogénicas (McCuaig et al., 2014; Love et al., 2004).

La FC hace repetir a la Formación Chimú, pero al sur de Conchucos hace cabalgar a la Formación Carhuaz sobre la Formación Chimú

en un ejemplo de falla inversa con efecto de “joven sobre antiguo” como se va a discutir más adelante en el modelo planteado.

Los cabalgamientos del DOC están constituidos principalmente por repeticiones de las limoarcillitas-pizarras y areniscas de la Formación Sapotal (Grupo Chicama), actualmente las secuencias pizarrosas se les relaciona a metamorfismo de contacto de intrusivos pertenecientes al Batolito de la Cordillera Blanca que aprovecharon estas estructuras favorables para su emplazamiento.

Los cabalgamientos son de bajo ángulo entre 15° y 20° de pendiente, las rocas se encuentran extremadamente foliadas, debido principalmente a efectos tectónicos y por disolución.

Las relaciones entre foliación y las capas nos han ayudado a cartografiar las fallas y “dúplex” según el método descrito en Mitra y Bhattacharyya (2011) para tomar ventaja de estas estructuras y deformación penetrativa a pequeña escala.

En el DOC la Formación Sapotal se ha repetido por lo menos 3 veces, anteriormente no se habían cartografiado las fallas por lo que se le consideraba como una unidad continua, es así que en esta zona se le consideraba al espesor del Grupo Chicama aproximadamente unos 5000 m.

Sin embargo, nuestro cartografiado sugiere que existen 3 estructuras del tipo “dúplex”, las fallas que unen estas estructuras son subparalelas pero parten de un mismo nivel de despegue que incluye el retrocabalgamiento principal (la Falla Conchucos), lo que se comprueba en el cartografiado tanto al norte y al sur donde se ve que las fallas tienden a unirse.

### EL DÚPLEX CONCHUCOS

La Falla Conchucos define el límite oriental del dúplex de Conchucos que se encuentra a 1 km al este del poblado de Pampas.

En esta zona afloran aproximadamente unos 500 m entre el Grupo Chicama y la Formación Chimú, el contacto entre ambas se observa en la sección estructural.

El espesor del Grupo Chicama es de ~400 m compuesta principalmente por intercalaciones de limoarcillitas y areniscas cuarzosas gris blanquecinas, con algunos niveles pizarrosos, en las areniscas se observan laminaciones oblicuas curvas que ayudaron a determinar la polaridad de las capas, mientras que la base de la Formación Chimú tiene un espesor aproximado de 100 m y está compuesto por areniscas cuarzosas gris blanquecinas.

En esta zona al ser las unidades uniformes se determinó que el dúplex se encuentra con vergencia al oeste, siguiendo la misma vergencia que la Falla Tilaco su límite inferior.

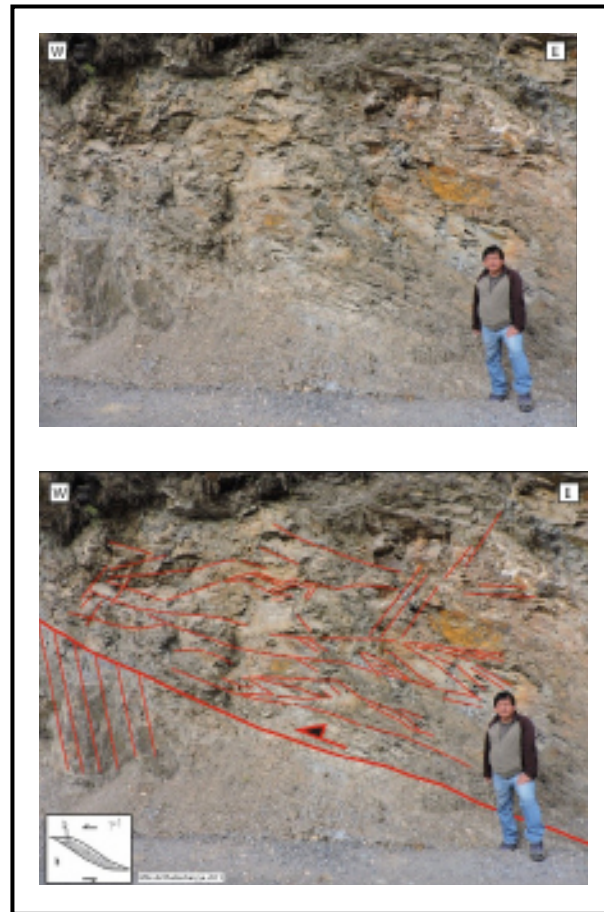
### EL DÚPLEX TILACO

En la base del dúplex Conchucos se produce un “splay” de tres fallas más pequeñas que parten de la Falla Tilaco, este “splay” se le denomina como dúplex Tilaco (Figura 5).

Está compuesto por limoarcillitas y pizarras del Grupo Chicama, la foliación tectónica es mucho mayor en este sector favorecido por la litología con mayor contenido de arcillas, en esta zona se repiten alrededor de 100 m del Grupo Chicama, tanto en el norte como en el sur el dúplex se pierde ya que el splay se une completamente a la Falla Tilaco, es así que en ambas zonas el límite entre el dúplex Conchucos y el dúplex Pampas es la Falla Tilaco.

### Figura 5

*Dúplex Tilaco. Secuencias muy foliadas del Grupo Chicama, en donde se puede definir la Falla Tilaco mediante el cambio en el buzamiento de las foliaciones justo en la interfase.*



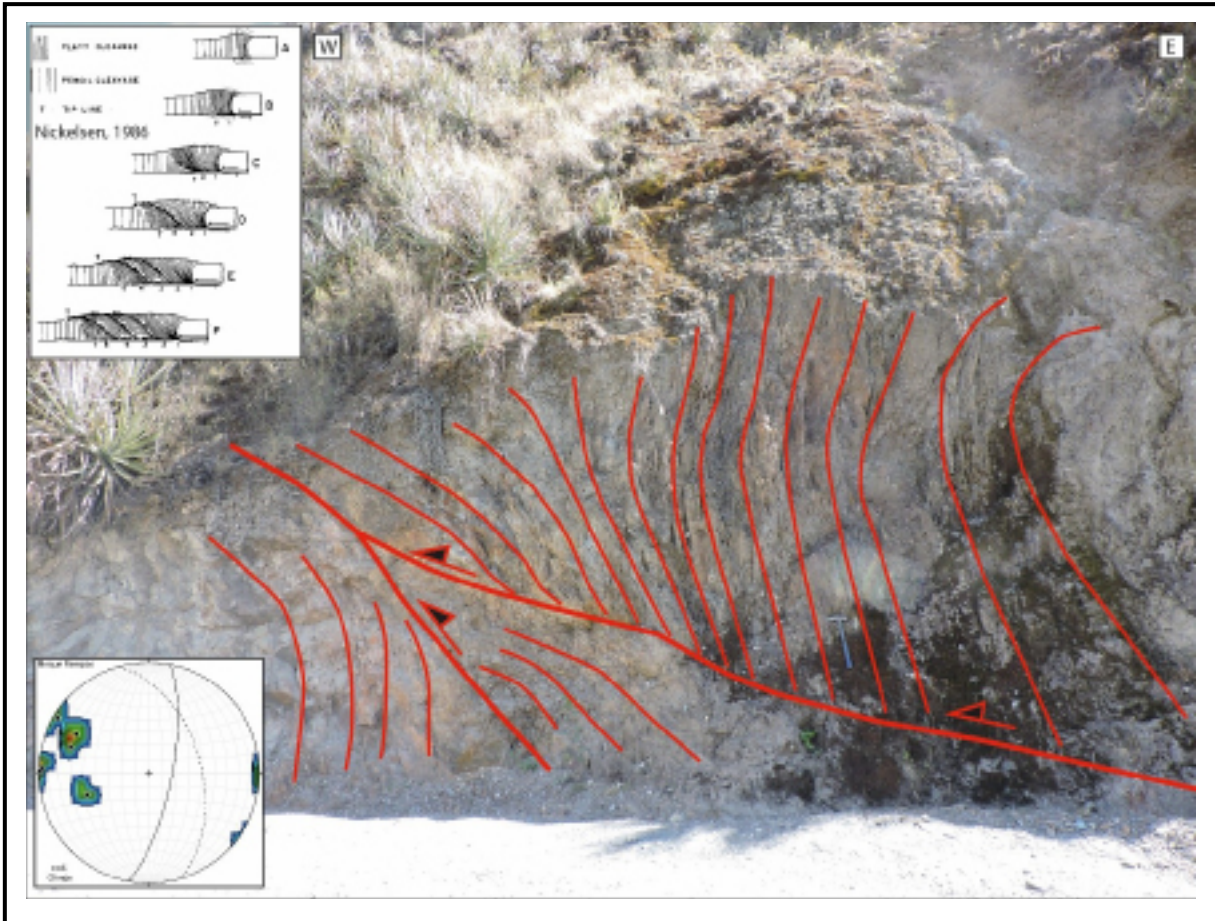
### EL DÚPLEX PAMPAS

El siguiente dúplex que sigue al oeste del dúplex de Tilaco es el dúplex Pampas, esta zona repite nuevamente al Grupo Chicama, en este caso el contenido de limoarcillitas y pizarras es total, la foliación tectónica es penetrativa y es principalmente perpendicular a las capas lo que concuerda con la compresión horizontal E-O con la que se ha formado toda la zona triangular de Conchucos.

Las relaciones de foliación-capa confirman la vergencia occidental del dúplex de Pampas, estos “dúplex” de clivaje (Nickelsen, 1986) son cartografiados a lo largo de la Falla Pampas donde el buzamiento de la foliación es mayor que el de las capas (Figura 6).

### Figura 6

*Dúplex Pampas. Al comparársele con las estructuras formadas en un “cleavage duplex” (Nickelsen, 1986) se observa que son exactamente las mismas estructuras, y son muy comunes en fajas corridas y plegadas asociadas a estas litologías.*



### SECCIÓN

Tomando la geología base cartografiada junto con información de estructuras menores e información geológica al norte (Pasto Bueno) donde afloran las estructuras más profundas, se ha construido una sección geológica balanceada con dirección ~E-O paralela a la dirección de transporte (Figura 2).

El nivel de despegue basal se estima en relación al ángulo de la regional, asimismo se está modelando con una disminución del espesor del Grupo Chicama conforme se va hacia el este.

El DOC se observa en la parte frontal de una apilamiento antiformal denominado como la Zona Triangular de Conchucos (ZOC)

conformada por 4 dúplexes en el Grupo Chicama (en números romanos), es en esta antifirma (límites del dúplex II y III, y muy probablemente dentro del dúplex IV) donde se puede ver como se ha emplazado un intrusivo de monzogranito perteneciente a la Cordillera Blanca, el DOC es un sistema de retrocabalgamientos que cortan al dúplex III, generando los dúplex de Pampas, Tilaco y Conchucos, los topes se encuentran erosionados por lo que se infiere una falla techo en las cuales podrían converger.

El límite frontal de la ZOC o lo que es lo mismo el límite oriental del DOC se encuentra limitado por la Falla Conchucos (FC), al este de la FC se encuentra el sinclinal de Consuzo el cual está conformado por las secuencias sedimentarias Cretácicas, dentro de este pliegue se observan 3 fallas principales, uno se encuentra fallando a la Formación Chimú sobre la Formación Santa, mientras que las otras dos se encuentran dentro de la Formación Chulec y la Formación Jumasha que hacen repetir a ambas formaciones.

Siguiendo al este se encuentra el límite oriental del sinclinal de Consuzo, la Falla Pelagatos (FP) que corta a las secuencias calcáreas de la Formación Jumasha, que se encuentra formando pliegues por propagación de falla, probablemente asociada a algunas fallas ciegas, en ciertos sectores estas fallas afloran como es el caso de la Falla Magistral, tanto las fallas dentro del Sinclinal de Consuzo como la FP son de bajo ángulo, a diferencia de la FM que es una estructura con buzamiento mayor.

### **MODELO CINEMÁTICO DEL DÚPLEX DEL OJO DE CONZUSO**

En el caso del DOC se ha hecho una restauración cinemática viable.

El modelo que se propone a continuación es el modelo más viable y se describe a continuación.

Según la sección (Figura 7) el DOC evoluciona en 2 etapas, una al generarse la Zona Triangular de Conchucos (ZTC) y otra posterior a la formación del ZTC.

La ZTC se forma como un apilamiento antiformal dentro del Grupo Chicama, como pliegues por flexión de falla se forma primero el dúplex I y el dúplex II, seguido por el dúplex III (Figura 7A) es en este estadio que se produce un cambio en el nivel de despegue que anteriormente había sido a la base de la Formación Chimú y ahora se propaga a un nivel en el Albiano-Turoniano, y es aquí donde finalmente se comienza a formar el dúplex IV (Figura 7B), siendo la falla Conchucos el nivel de despegue en el bloque techo, formando de este modo la ZTC.

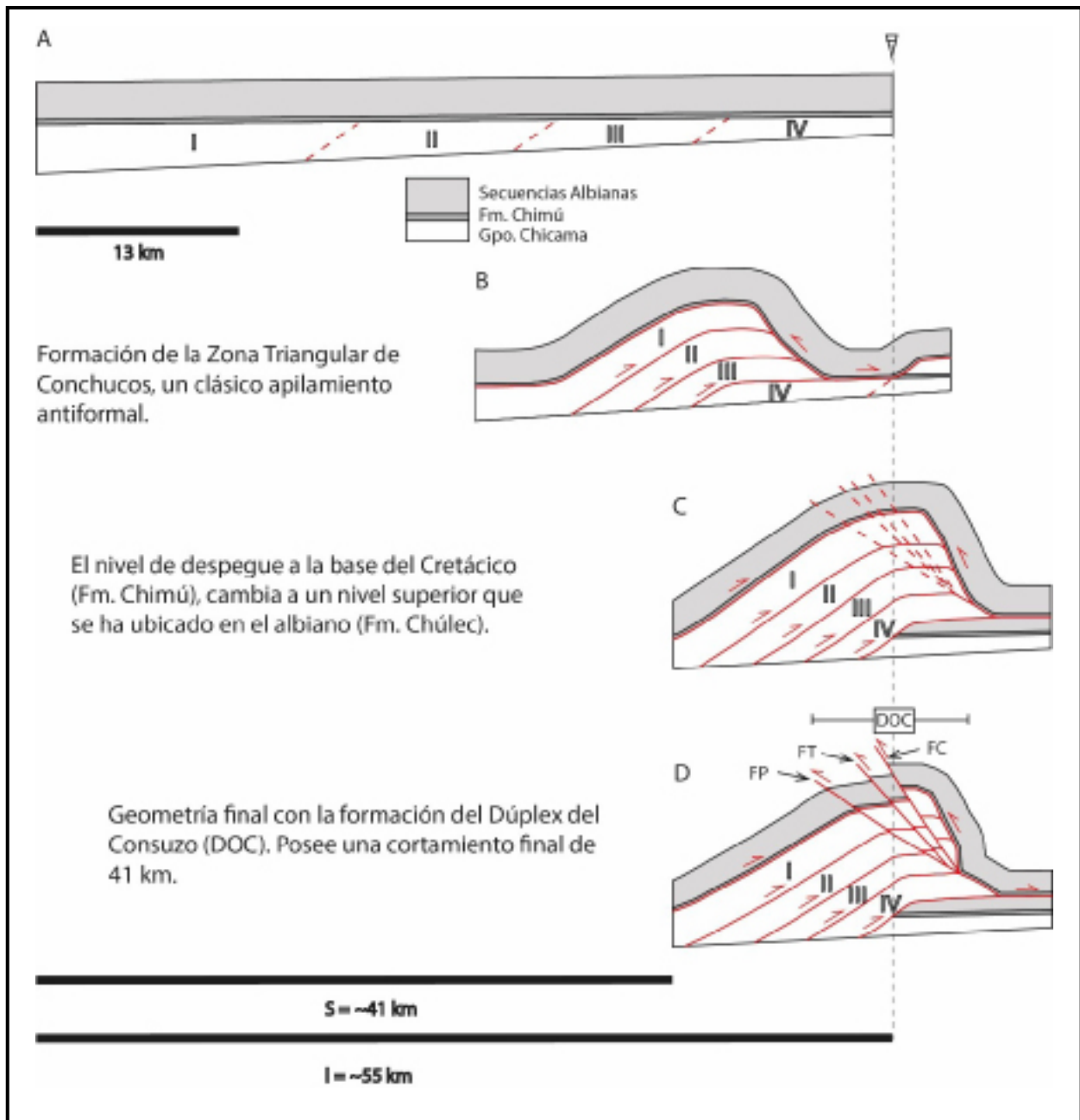
Posteriormente se genera el DOC (Figura 7C,D), que se estima se formó durante los estadios finales del emplazamiento del dúplex IV, ya que al engrosarse la ZTC es más complicada reactivar la interfase (Falla Conchucos) al ser una falla de alto ángulo, por lo que siguiendo el modelo andersoniano las fallas que se generan deben ser de bajo ángulo, estructuras muy parecidas a los "shortcut" en estructuras de inversión (Figura 7D), y por lo tanto adicionalmente a la Falla Conchucos (FC) se generan las fallas Tilaco y Pampas (FT y FP respectivamente), estas 3 estructuras se consideran como retrocabalgamientos intercutáneos (Sterne, 2006), cada uno generando el dúplex del mismo nombre y por lo tanto el DOC.

Estos retrocabalgamientos han cortado el tope de la zona triangular, canibalizando el dúplex III de la ZTC, es importante notar que el DOC se ha formado casi exclusivamente dentro del Grupo Chicama favorecido por los niveles limoarcillosos.

Lo que es importante recalcar es que la mayor parte del acortamiento se ha generado durante la formación de la ZTC (~41km) y que el DOC solo ha contribuido en la disminución del ángulo crítico regional de la cuña tectónica, que muy probablemente se hayan complementado con algunos colapsos gravitacionales.

**Figura 7**

*Evolución cinemática en 2D de la Zona Triangular de Conchucos (ZTC) y del Dúplex de Consuzo (DOC), se estima un acortamiento de ~41km en este sector de la Faja Plegada y Corrida del Marañón.*



## CONCLUSIONES

El DOC es una estructura muy eficiente que favorece a equilibrar el ángulo crítico de la cuña tectónica al disminuir el ángulo en la zona interna sin necesidad de generarse estructuras extensionales, y es probable que el DOC se haya formado en los estadios finales de la generación de la Faja Plegada y Corrida del Marañón (FPCM) en este sector, ya que al este se tiene un bloque rígido como es el Complejo Metamórfico del Marañón, y al no poder la FPCM acretar más material de cuenca Mesozoica al frente de la deformación, se haya optado por generar retrocabalgamientos en la zona interna de la ZTC reactivando y tomando como nivel de despeque a la Falla del bloque techo (Falla Conchucos).

La restauración de la Zona Triangular de Conchucos sugiere un acortamiento mínimo de ~41 km (~74%) que ha sido acomodado en el dúplex y que se ha transferido a la falla del bloque techo, la FC.

La ZTC y el DOC nos muestran una deformación principalmente de lámina delgada, muy diferente a los modelos “híbridos” del sur en la FPCM en donde estructuras extensionales anteriores han sido reactivadas, sin embargo, otros factores como el espesor de la columna Cretácica y/o la cercanía al rígido complejo metamórfico del Marañón han contribuido con la geometría final de la ZTC.

## AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se logró gracias a los trabajos realizados como parte de la Actualización de la Carta Geológica de INGEMMET durante los años 2017 y 2018, se agradece a los integrantes del proyecto de actualización, W. Valdivia, A. Alván, W. Ramos y C. Machaca. Asimismo, se agradece a G. Mitra por la ayuda con la metodología.

Para el uso de los estereogramas de algunas figuras se utilizó el programa Stereonet de Richard Allmendinger.

## REFERENCIAS

- Boyer, S.E., Elliot, D., 1982. Thrust systems. American Association of Petroleum Geologists Bulletin 66, 1196-1230.
- Bhattacharyya, K., Mitra, G. 2009. A new kinematic evolutionary model for the growth of a duplex – an example from the Rangit duplex, Sikkim Himalaya India. *Gondwana Research*, 16, 697-715.
- Cossío, A., & Jaén, H. (1967). Geología de los cuadrángulos de Puémape, Chocope, Otuzco, Trujillo, Salaverry y Santa 16-d, 16-e, 16-f, 17-e, 17-f, 18-f-(Boletín A 17). Servicio de Geología y Minería.
- Dahlstrom, C.D.A., 1970. Structural geology of Eastern margin of the Canadian Rocky Mountains. *Bulletin of Canadian Petroleum Geology*, 18, 331-406.
- DeCelles, P.G., Mitra, G., 1995. History of the Sevier orogenic wedge in terms of critical taper models, northeast Utah and southwest Wyoming. *Geological Society of America Bulletin* 107, 454-462.
- Escudero, J. (1979). El carbón del Alto Chicama. INGEMMET, Bol. No 2. Serie: B. Geología económica.
- Jacay, J. (1992). Estratigrafía y sedimentología del Jurásico curso medio del valle de Chicama y esbozo paleogeográfico del Jurásico Cretáceo del nor Perú (6° 30' - 8° latitud sur). *Geológica-Tesis de Ingeniería*, Universidad Mayor de San Marcos.

- Love, D.A., Clark, A.H., and Glover, J.K., 2004. The lithologic, stratigraphic, and structural setting of the giant Antamina copper-zinc skarn deposit, Ancash, Peru: *Economic Geology*, 99, 887–916.
- Machaca, C. 2020. Asociación de los ambientes depositacionales y proveniencia sedimentaria del grupo Chicama en el norte peruano (7°30' - 9°30' S). Tesis, UNAP, 167p.
- McCuaig, T.C., Hronsky, J., The mineral system concept: The key to exploration targeting. *Society of Economic Geologist, Special Publication 18*, 153-175.
- McQuarrie, N., Robinson, D., Long, S., Tobgay, T., Grujic, D., Gehrels, G., Ducea, M. 2008. Preliminary Stratigraphy and Structural architecture of Bhutan: Implications for the along strike architecture of the Himalayan system. *Earth and Planetary Science Letters*, 272, 105-117.
- Mitra, G., Bhattacharyya, K. 2011. The use of cleavage-bedding relations and mesoscopic structures in interpreting complex duplex geometries in Fold-thrust Belts: Examples from the Rangit Duplex, Sikkim Himalaya. *Himalayan Geology*, 32, 25-42.
- Nickelsen, R., 1986. Cleavage duplexes in the Marcellus Shale of the Appalachian foreland. *Journal of Structural Geology*, 8, 361-371.
- Ramos, V.A., Aleman, A.M., 2000. Tectonic evolution of the Andes. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz, A. (Eds.), *Tectonic Evolution of South America*, Folio Producao Editorial Grafica e Programacao Visual Rio de Janeiro, Brazil, pp. 635-685.
- Scherrenberg, A.F., Holcombe, R.J., Rosembaum, G. 2014. The persistence and role of basin structures on the 3D architecture of the Marañón Fold-Thrust Belt, Peru. *Journal of Structural Geology*, 51, 45-58.
- Torres, D., Valdivia, W., Ramos, W., Machaca, C., Alván, A. 2018. Evidencia de una zona triangular en Pampas-Ojo de Consuzo. Ancash, Norte del Perú. XIX Congreso Peruano de Geología, Resúmenes extendidos, SGP.
- Torres, 2018. El uso de estructuras geológicas a escala mesoscópica en la interpretación de geometrías complejas de tipo dúplex en fajas plegadas y corridas: ojo de consuzo, faja plegada y corrida del Marañón. IX INGEPET, Resúmenes extendidos, 16p.