

# Evolución estructural Mesozoica de la Cordillera de la Costa del norte de Chile (25-26° S).

Juan Pablo Contreras<sup>1,2\*</sup>, Mauricio Espinoza<sup>3</sup>, Matías Peña<sup>2</sup>, César Arriagada<sup>2</sup>

1 Servicio Nacional de Geología y Minería, Subdirección de Geología, Departamento de Geología General. Avenida Santa María 0104, Providencia, Santiago, Chile.

2 Laboratorio de Tectónica y Paleomagnetismo, Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, Universidad de Chile. Plaza Ercilla 803, Santiago, Chile

3 Departamento de Ciencias de la Tierra, Facultad de Ciencias Químicas, Universidad de Concepción. Casilla 160-C, Concepción

\* email: [juan.contreras@sernageomin.cl](mailto:juan.contreras@sernageomin.cl)

**Resumen.** Algunos estudios estructurales en el norte de Chile se han enfocado en aspectos específicos de esta área de la geología, sin contextualizar los nuevos antecedentes en un nuevo mapa Geológico. En este trabajo se integra la información geológica y estructural de 4 cartas en torno a Taltal, y se definen 3 dominios estructurales separados por las principales fallas. En el dominio occidental, ubicado en la Carta Cifuncho, se ha reconocido una secuencia de rocas estratificadas, que de base a techo, está compuesta por el Basamento Paleozoico, las Formaciones Cifuncho, Pan de Azúcar y La Negra. Esta secuencia se observa desplazada junto al Sistema de Fallas Tigrillo por el Sistema de Fallas Noroeste, cuya actividad ha sido asignada al Jurásico Medio a Superior sobre la base de sus relaciones de corte. Con dataciones <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar en milonitas se ha ubicado en el Cretácico Inferior el movimiento sinistral del Sistema de Fallas de Atacama. Este último ha sido desplazado con cinemática sinistral por la Falla Taltal antes de los 110 Ma. Actualmente se está desarrollando un estudio de paleomagnetismo en el área, que pretende determinar cuál es la edad y magnitud de las rotaciones producidas por la interacción de estas fallas.

**Palabras Claves:** Mapa Geológico, Taltal, dominios estructurales, evolución estructural, tectónica sinistral, Mesozoico, paleomagnetismo

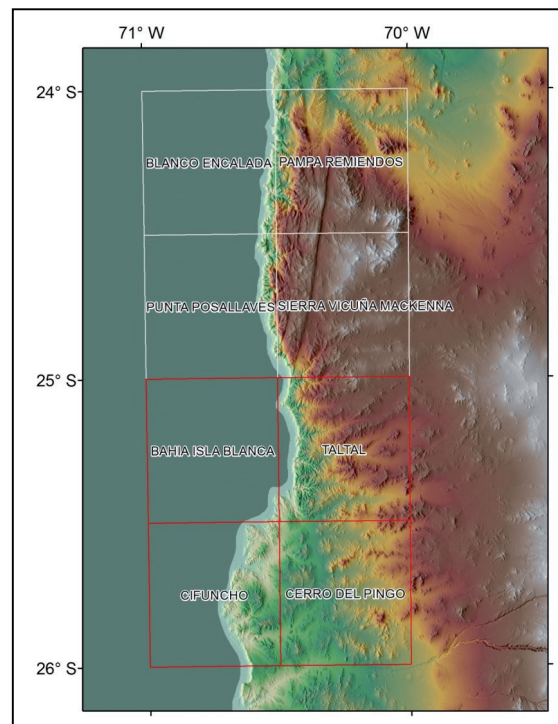
## 1 Introducción

Desde el año 2011 el SERNAGEOMIN está implementando el Plan Nacional de Geología, que tiene como uno de sus principales objetivos aumentar la producción de Cartografía de Geología Básica (1:100.000). El modo de enfrentar este desafío fue con la formación de Macrozonas que agrupan Cartas Geológicas contiguas ubicadas en una misma unidad morfo-estructural. El área de la Macrozona Taltal se ubica en la Cordillera de la Costa entre los 24° y 26° de latitud Sur (Figura 1), que corresponde a la mitad austral de la Región de Antofagasta.

Este estudio considera la información publicada en las Cartas Cifuncho (Contreras *et al.* 2013), Taltal y Bahía

Isla Blanca (Escribano *et al.* 2013) y Cerro del Pingo (Espinoza *et al.* 2014). La integración de la información geológica y estructural de estas cartas geológicas muestra un arreglo estructural formado por numerosos bloques tectónicos de diferentes dimensiones (300 a 1.000 km<sup>2</sup>).

Las principales estructuras son el Sistema de Fallas de Atacama (SFA), el Sistema de Fallas Tigrillo (SFT) y la Falla Taltal (Figura 2), que separan niveles estructurales de diferentes profundidades corticales. Estos megabloques tienen en su interior estructuras secundarias, como las fallas San Luis y El Muelle, que hacen más compleja la definición de estos bloques y la comprensión de su comportamiento.



**Figura 1.** Distribución de las cartas geológicas de la Macrozona Taltal. Las cartas con bordes rojos son las que han sido integradas en este trabajo.

## 2 Marco Geológico

## 2.1 Basamento Paleozoico

Incluye a las metaturbiditas del Complejo Epimetamórfico de Chañaral y a los granitoides que las intruyen, agrupados en la unidad informal de los Granitos del Pérmico. Nuevas dataciones U-Pb para los granitos indican edades de 284 y 256 Ma (Contreras *et al.*, 2013).

En el área de estudio se encuentran en una franja ubicada en el margen litoral en torno a la caleta Cifuncho, y también aflora una franja de orientación noreste al norte de la Falla Taltal (Figura 2)

## 2.2 Unidades Triásico Superior - Jurásico Inferior

Este periodo es el que tiene el mejor registro en el área de estudio, donde afloran potentes secuencias de rocas sedimentarias y volcано sedimentarias. La unidad más antigua es la Formación Cifuncho, que son rocas sedimentarias depositadas en ambiente fluvial, en relación de engrane lateral con la Formación Agua Chica, compuesta por rocas volcánicas y volcано-clásticas. Ambas formaciones tienen edades U-Pb concordantes de *ca.* 210 Ma (Contreras *et al.*, 2013). Unos 20 km al norte de esta zona, se encuentra la Formación Pan de Azúcar de origen subacuático litoral, con una datación U-Pb de 212 Ma, obtenida en una ignimbrita con depositación subacuática (Contreras *et al.*, 2013). Esta formación representa un ciclo de transgresión-regresión marina, con registro fósil del Jurásico Inferior (Rubilar, 2012), que cubre completamente a las secuencias Triásicas antes descritas.

Sobre la Formación Pan de Azúcar se apoya la Formación Posada de los Hidalgo, que representa una cuenca de superficie restringida (Figura 2). Esta formación varía desde un ambiente volcánico subacuático en la base, a un ambiente marino más somero hacia el techo.

## 2.3 Unidades Jurásico Inferior-Cretácico Inferior

En la zona, la Formación La Negra aflora al oeste del SFA y formando una franja en el borde oriental de la Cordillera de la Costa. Está compuesta principalmente por rocas volcánicas con depositación subacuática de composición andesíticas y andesita-basáltica, asignadas al Jurásico amplio. Al oeste del SFA esta formación tiene una base diacrónica. Mientras en la Carta Cifuncho ha sido asignada al Bajociano, en el cerro Blanco, ubicado al sur de Taltal esta base ha sido asignada al Pliensbachiano (Cartas Bahía Isla Blanca y Taltal; Escribano *et al.*, 2013). El techo ha sido datado a menos de 1 km al oeste del SFA en 145 Ma.

El registro estratigráfico del Cretácico Inferior está dado por las rocas volcánicas y sedimentarias de la Formación Aeropuerto, ubicadas entre las ramas del SFA y al este de este sistema de fallas. Se han reconocido dos eventos magmáticos asociados con edades U-Pb de 141-138 y de

Ma 123-128 Ma (Espinoza *et al.*, 2014).

## 3 Geología Estructural

En el área de estudio se reconocen evidencias de deformación superpuestas, producidas por diferentes eventos de deformación ocurridos desde el Paleozoico hasta el Neógeno (Bell, 1984; Naranjo y Puig, 1984; Hervé, 1987; Grocott y Taylor, 2002; Riquelme *et al.*, 2003). El registro más completo es el del Mesozoico, y refleja una tectónica principalmente transcurrente.

En términos regionales es posible definir 3 dominios estructurales. El dominio norte ubicado al norte de la Falla Taltal, y los dos restantes ubicados al sur de esta misma estructura. El dominio oriental está ubicado al este del SFA y el occidental al oeste de la misma.

Cada uno de estos dominios presenta una estructura compleja particular que no ha sido comprendida a cabalidad.

Durante el período entre el **Triásico Superior** y el **Jurásico Inferior** se reconoce la actividad del SFT, responsable de colocar en contacto al Basamento Paleozoico con la secuencia sedimentaria Mesozoica. La cinemática del movimiento de esta falla no ha sido determinada pues las evidencias están obliteradas por reactivaciones posteriores. Sobre la base de evidencias sedimentológicas y de geometría de los estratos se descarta que corresponda a una falla normal con manteo al este como indican Grocott y Taylor (2002).

En torno al SFT las secuencias sedimentarias del Triásico Superior y el Jurásico Inferior presentan un plegamiento moderado restringido a zonas particulares y no se mantiene a lo largo de toda la traza del sistema de fallas.

En la Quebrada Buena Esperanza, al sur de la Posada de los Hidalgo, la Formación Cifuncho se encuentra fallada con cinemática inversa y la Formación Pan de Azúcar está intensamente plegada debido a su baja competencia. En esta zona el SFT tiene una curvatura, cuya traza es paralela a los pliegues y fallas recién mencionados. Esta deformación se interpreta relacionada con un codo contraccional del SFT asociado a una cinemática sinistral.

Por otro lado, en el sector de la planta Las Luces, la Formación Cifuncho forma un pliegue anticlinal abierto, de eje axial NNE, asimétrico e inclinado con una vergencia oriental, cuya longitud de onda puede alcanzar los 5 kilómetros. Este plegamiento continúa en la suprayacente Formación Pan de Azúcar formando un suave sinclinal inclinado de longitud de onda cercana a los 3 km. En este lugar la Formación Cifuncho fallaría el test paleomagnético de plegamiento, que indica la sobreimpresión de una magnetización secundaria de edad Cretácica (Forsythe *et al.*, 1987), que sería una edad

mínima para este plegamiento. Este pliegue puede ser causado por un codo contraccional o por un efecto de *buttress* causado por el cambio en las propiedades físicas de la placa, al enfrentarse con un basamento más rígido al oeste. En ambos casos se encontraría relacionado genéticamente con la actividad de las estructuras del SFNW.

En el dominio occidental se ha reconocido una secuencia de rocas estratificadas, que en orden desde oeste a este, está compuesta por el Basamento Paleozoico, las Formaciones Cifuncho, Pan de Azúcar y La Negra. Esta secuencia se observa desplazada por estructuras de orientación Noroeste (SFNW), del orden de 8 km en planta con cinemática sinistral respecto a la misma secuencia que se encuentra al otro lado de la falla (Figura 2). Este desplazamiento sinistral incluye también al sinuoso SFT, que se habría reactivado con cinemática sinistral y por segmentos como lo indica el codo contraccional desarrollado en Quebrada Buena Esperanza.

El mejor exponente en el área de estudio del movimiento sinistral del SFNW es la Falla del Gritón que localmente coloca en contacto al Complejo Epimetamórfico de Chañaral con la Formación Cifuncho. Adicionalmente, en la caleta Pan de Azúcar, Godoy y Lara (1998) indican movimientos sinistral en la Sierra Las Tipias para otra estructura de la familia del SFNW.

La edad de esta deformación está acotada inferiormente por las unidades a las que afecta, de las que la más joven es la base local de la Formación La Negra en la Posada de los Hidalgo. Esta base ha sido datada en base a su contenido fosilífero en el Bajociano (Naranjo y Puig, 1984; Rubilar, 2012), que representa una edad máxima para esta deformación. Además, las estructuras Noroeste no desplazan la traza del SFA, por lo tanto el Cretácico Inferior representa una edad mínima para esta deformación. Estos antecedentes indican una edad de actividad del SFNW entre el **Jurásico Medio y Superior**.

El Sistema de Fallas de Atacama (SFA) es un rasgo estructural mayor, que se extiende por más de 1.000 km en la Cordillera de la Costa, cuyo principal desplazamiento ha sido documentado con cinemática sinistral. La actividad de este sistema ha sido documentada ampliamente en el **Cretácico Inferior** (e.g. Scheuber *et al.*, 1995; Espinoza *et al.*, 2014), aunque estudios de radiometría de milonitas de alto grado han indicado precursores de este sistema durante el Jurásico Superior (e.g. Scheuber y González, 1999).

En el área de estudio se dató la deformación del SFA en *ca.* 127,5 Ma (Espinoza *et al.* 2014) en milonitas con textura nematoblástica. Esto extiende ligeramente lo propuesto por Scheuber *et al.* (1995), que restringen su actividad más al norte entre 125 y 126 Ma. Asociados tanto espacial como genéticamente con el SFA se ha reconocido intrusivos sintectónicos, como la Granodiorita Cerro del Pingo

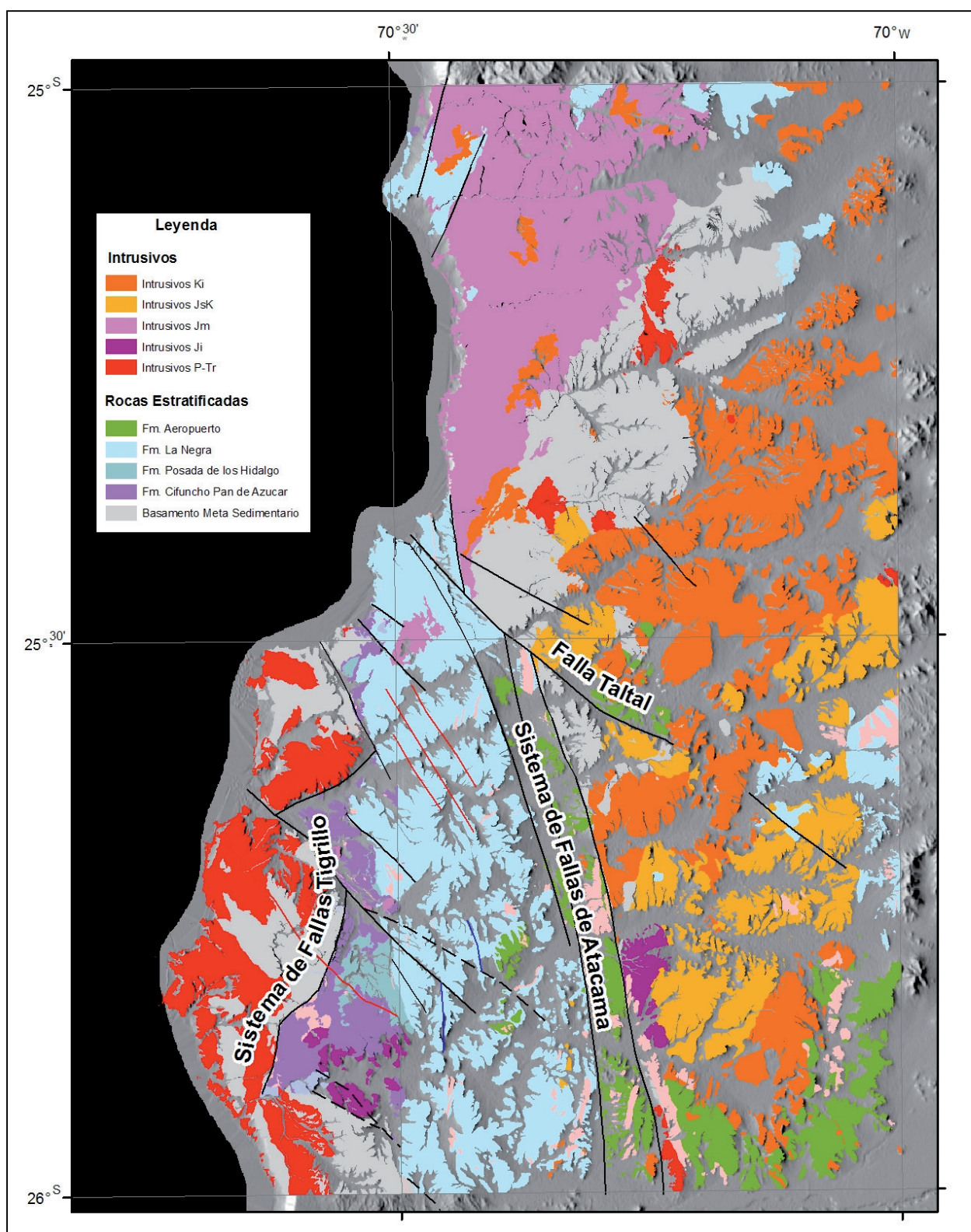
(Saldías *et al.*, este congreso) que son dominios de deformación dúctil antes no reconocidos.

Durante el **Cretácico inferior alto** se reconoce la actividad sinistral de la Falla Taltal, que es de gran importancia en la zona de estudio, y que desplaza por casi 9 km al SFA. La actividad de esta falla se encuentra sellada (Figura 2) por la intrusión, que no registra desplazamiento, de la Tonalita Tropezón datada en cerca de 110 Ma (Tornos *et al.*, 2010).

## Referencias

- Bell C.M. 1984. Deformation produced by the subduction of a Paleozoic turbidite sequence in northern Chile. *Journal of the Geological Society of London* 141: 339-347.
- Contreras, J. P.; Espinoza, M.; De la Cruz, R.; Jorquera, R.; Kraus, S.; Ramírez, C.; Naranjo, J. A.; Escribano, J.; Martínez, P. 2013. Carta Cifuncho, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica 161: 1 mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Espinoza, M.; Contreras, J. P.; Kraus, S.; De la Cruz, R.; Jorquera, R.; Ramírez, C.; Naranjo, J. A., 2014. Carta Cerro del Pingo, Regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica, mapa escala 1:100.000. Santiago.
- Forsythe, R. D., Kent, D. V., Mpodozis, C., Davidson, J. 1987. Paleomagnetism of Permian and Triassic Rock, Central Chilean Andes. *Gondwana six: structure, tectonics, and geophysics*, 241-252.
- Godoy, E.; Lara, L., 1998. Hojas Chañaral y Diego de Almagro, Región de Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Mapas Geológicos No. 5-6, 1 mapa escala 1:100.000, Santiago.
- Grocott, J.; Taylor, G. 2002. Magmatic arc fault systems, deformation partitioning and emplacement of granitic complexes in the Coastal Cordillera, north Chilean Andes (25°30'S to 27°S). *Journal of the Geological Society* 159: 425-442.
- Hervé, M., 1987. Movimiento normal de la falla Paposo, Zona de Falla de Atacama, en el Mioceno, Chile. *Rev. Geol. Chile* 31, 31-36.
- Naranjo, J.A.; Puig, A. 1984. Hojas Taltal y Chañaral, regiones de Antofagasta y Atacama. Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile. No. 62-63, 140 p., 1 mapa escala 1:250.000.
- Riquelme, R.; Martinod, J.; Hérial, G.; Darrozes, J.; and Charrier, R. 2003. A geomorphological approach to determining the Neogene to Recent tectonic deformation in the Coastal Cordillera of northern Chile (Atacama). *Tectonophysics*, Vol. 361. No. 3-4, p. 255-275.
- Rubilar, A. 2012. Invertebrados fósiles del Jurásico Inferior, provenientes del sur de Taltal. Informe Paleontológico (Inédito) 2012-03. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile.
- Saldías, J.; Espinoza, M.; Astudillo, N.; Contreras, J.; Arriagada, C. Este congreso. Origen de la fábrica magnética de la Granodiorita Cerro del Pingo, norte de Chile (25°40'S - 70°15'O): Implicancias en relación a su mecanismo de emplazamiento
- Scheuber, E.; and Gonzalez, G., 1999. Tectonics of the Jurassic-Early Cretaceous magmatic arc of the north Chilean Coastal Cordillera (22°-26° S): A story of crustal deformation along a convergent plate. *Tectonics*, Vol. 18. No. 5, p. 895-910.
- Scheuber, E.; Hammerschmidt, K.; and Friedrichsen, H. 1995. <sup>40</sup>Ar/<sup>39</sup>Ar and Rb-Sr analyses from ductile shear zones from the Atacama Fault Zone, northern Chile: the age of deformation. *Tectonophysics*, Vol. 250, p. 61-87.
- Tornos F, Velasco F, Barra F, Morata D. 2010. The Tropezón Cu-Mo-(Au) deposit, Northern Chile: the missing link between IOCG and porphyry copper systems? *Mineralium Deposita* 45:313-321.





**Figura 2.** Mapa Geológico simplificado de las Cartas Cifuncho, Cerro del Pingo y Bahía Isla Blanca-Taltal. Se indican las principales estructuras del área y la geología agrupada por períodos de tiempo., que separan los bloques tectónicos de gran escala.