



IMPPLICANCIAS DEL ESTILO DE DEFORMACION DE LAS ROCAS ESTRATIFICADAS CENOZOICAS EN EL EMPLAZAMIENTO DEL INTRUSIVO MIOCENO PLUTÓN SAN GABRIEL: RESULTADOS PRELIMINARES

J. Vargas^{1*}, M. Peña^{1,2}, I. Payacán^{1,2}

¹ Universidad Mayor, Escuela de Geología. Santiago, Chile.

² Universidad de Chile. Departamento de Geología, Santiago, Chile

*e-mail: joaquin.vargasj@mayor.cl

ABSTRACT

The emplacement mechanisms of the plutonic bodies associated with fold and thrust belts are a matter of discussion due to the complexity inherent of this system, where the faults that control the vergence of deformation can acts as traps for the emplacement of intrusive bodies. In this work, it is proposed to use anisotropy of magnetic susceptibility to determine how the magnitude and direction of strain varies as we approach to San Gabriel pluton, in the Volcán, Maipo and Yeso rivers. Preliminary results of AMS, added to the study of kinematic indicators, suggest that hosting rock increases its anisotropy in the vicinity of the intrusive bodies, and that these bodies assimilate deformation through fractures and post-intrusion faulting.

Keywords: Thrust Fold System, Emplacement, AMS.

RESUMEN

Los mecanismos de emplazamiento de los cuerpos plutónicos asociados a fajas plegadas y corridas son materia de discusión debido a la complejidad que presentan estos sistemas, donde las fallas que controlan la vergencia de la deformación regional pueden funcionar como trampas para el emplazamiento de cuerpos intrusivos. En el presente trabajo se propone utilizar la anisotropía de susceptibilidad magnética para determinar cómo varía la magnitud y dirección de la deformación a medida que nos acercamos al plutón San Gabriel, en el valle de los ríos Volcán, Yeso y Maipo. Resultados preliminares de ASM, sumados al estudio de indicadores cinemáticos frágiles, sugieren que la roca encajonante aumenta su anisotropía en las cercanías del plutón, así como este absorbe deformación a través de fracturas y fallas post-intrusión.

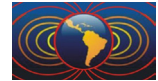
Palabras Clave: Fajas Plegadas y Corridas, Emplazamiento, ASM.

1. Introducción

La evolución del margen chileno se ha visto afectado por la compresión de las placas tectónicas al menos desde el Carbonífero temprano superior, y se mantuvo constante durante el Paleozoico superior entre los 28° y los 40°S (Charrier *et al.*, 2007; del Rey *et al.*, 2016; Coloma *et al.*, 2017), donde actualmente se mantiene una subducción activa de dirección principalmente este de la placa oceánica Nazca, por debajo de la placa del continente Sudamericano (Pankhurst, Hervé, 2007). Dicho proceso geológico ha condicionado la sismicidad, el acortamiento y engrosamiento de la corteza (Armijo *et al.*, 2010; Farías *et al.*, 2010), el desarrollo de la geomorfología (Armijo *et al.*, 2010; Vargas *et al.*, 2014), la generación de magmatismo y además la generación de arcos volcánicos los cuales han migrado hacia el este desde el Cretácico (Charrier *et al.*, 2007).

Durante el Mioceno, ocurre un levantamiento importante de la Cordillera de los Andes de Chile central, donde se produjo el acortamiento y engrosamiento de la corteza (Armijo *et al.*, 2010), la formación de sistemas de fallas orientadas principalmente norte-sur (Fock *et al.*, 2006), cabalgamientos de vergencia Oeste (Rauld *et al.*, 2009), y la migración el arco volcánico hacia el este desde el Cretácico (Charrier *et al.*, 2007), donde se vieron afectadas rocas de edad mesozoica y cenozoica (Pankhurst, Hervé, 2007).

Esta misma zona, los Andes de Chile central, se enmarca dentro de la faja plegada y corrida del Aconcagua (Giambiagi *et al.*, 2003), donde se tiene un sistema de fallas elongadas norte-sur las cuales controlan la de-



formación de un sistema de plegamientos y cabalgamientos de vergencia oeste (Armijo *et al.*, 2010 y Rauld *et al.*, 2009), donde presentan deformación las formaciones, de más antigua a más joven: Rio Colina, Rio Damas, Lo Valdés, Colimapu, Abanico y Farellones (Thiele, 1980).

Con respecto a lo anterior, se conocen bastante bien las direcciones de flujo en lineaciones y foliaciones magmáticas en los intrusivos emplazados en las rocas cenozoicas de la región (Gutiérrez *et al.*, 2013; Payacan *et al.*, 2014), a través de estudios de Anisotropía de Susceptibilidad Magnética (ASM) de diversos plutones que se encuentran en la Cordillera Principal de Santiago, relacionando las fábricas magnéticas con procesos netamente magmáticos.

Sin embargo, aún es una interrogante acerca de la aureola mecánica en la roca de caja con respecto a estos intrusivos, ignorando los efectos que produjo la deformación posterior a la intrusión y emplazamiento del plutón. Por lo que no se tiene claridad en la manera en la que se transmite la deformación, teniendo varios escenarios posibles, como un desacople del intrusivo en conjunto con la roca de caja como un solo bloque rígido; como una deformación local alrededor de la roca de caja, afectando las rocas estratificadas; o simplemente cortar el intrusivo generando nuevas estructuras.

Por ello este trabajo propone estudiar cual es el efecto de la deformación post intrusión alrededor del intrusivo, analizando la aureola mecánica mediante el uso del análisis de Anisotropía Susceptibilidad Magnética (AMS), en adición a mediciones de indicadores cinemáticos, y perfiles estructurales. Con todo ello se pretende esbozar la variación del strain a medida que se aleja del intrusivo.

2. Metodología

Se realizaron 15 estaciones de toma de muestras para paleomagnetismo, donde se obtuvieron 125 muestras para el análisis paleomagnéticos, y también se realizaron estaciones de medición de indicadores cinemáticos con el fin de registrar y documentar la deformación frágil que se encuentra dentro del intrusivo como en torno a él, donde se obtuvieron 210 datos de indicadores como estrías, entrecrecimiento mineral, medias lunas, espejos de falla y estructuras de Riedel.

Los principales objetivos de la metodología son discriminar entre el tipo de deformación que está ocurriendo en los bordes del plutón, cuantificar la deformación que afecta a la roca de caja, establecer si el emplazamiento del plutón está asociado a una estructura de falla ciega como mecanismo de ascenso y emplazamiento (Brown, 2013) como en el caso del plutón La Gloria (Gutiérrez *et al.*, 2018).

Las muestras de paleomagnetismo fueron cortadas y medidas en el Laboratorio de Tectónica y Paleomagnetismo de la Universidad de Chile, siendo medidas en un equipo KLSY-3 Kappabridge. Los datos cinemáticos fueron analizados y promediados utilizando el software Faultkin 8 (Allemdinger, 2018).

3. Resultados preliminares

El trabajo realizado hasta la fecha corresponde a 15 sitios de muestreo paleomagnético, distribuidas a lo largo de los valles de los ríos Maipo, Volcán y Yeso, realizando un muestreo sistemático desde los contactos del plutón hacia afuera, para determinar cómo varía la anisotropía magnética a medida que se aleja del plutón. Las muestras se distribuyen como se observa en la Figura 1, se tienen 3 estaciones de muestreo en el sector de Lagunillas, con 18 muestras; 5 estaciones de medición en el sector del Rio Yeso, con 63 muestras; 4 estaciones de medición en el Rio Maipo, con 36 muestras. El total es de 117 muestras para el análisis de ASM.

Además de los datos de ASM, se tienen 301 datos estructurales, 63 de ellos son datos de rumbo y manteo medido en estratificación y 226 son indicadores cinemáticos como estrías de falla o medias lunas, para determinar el sentido de movimiento de estructuras observadas en terreno, y tener una referencia del movimiento que se produce en la horizontal.

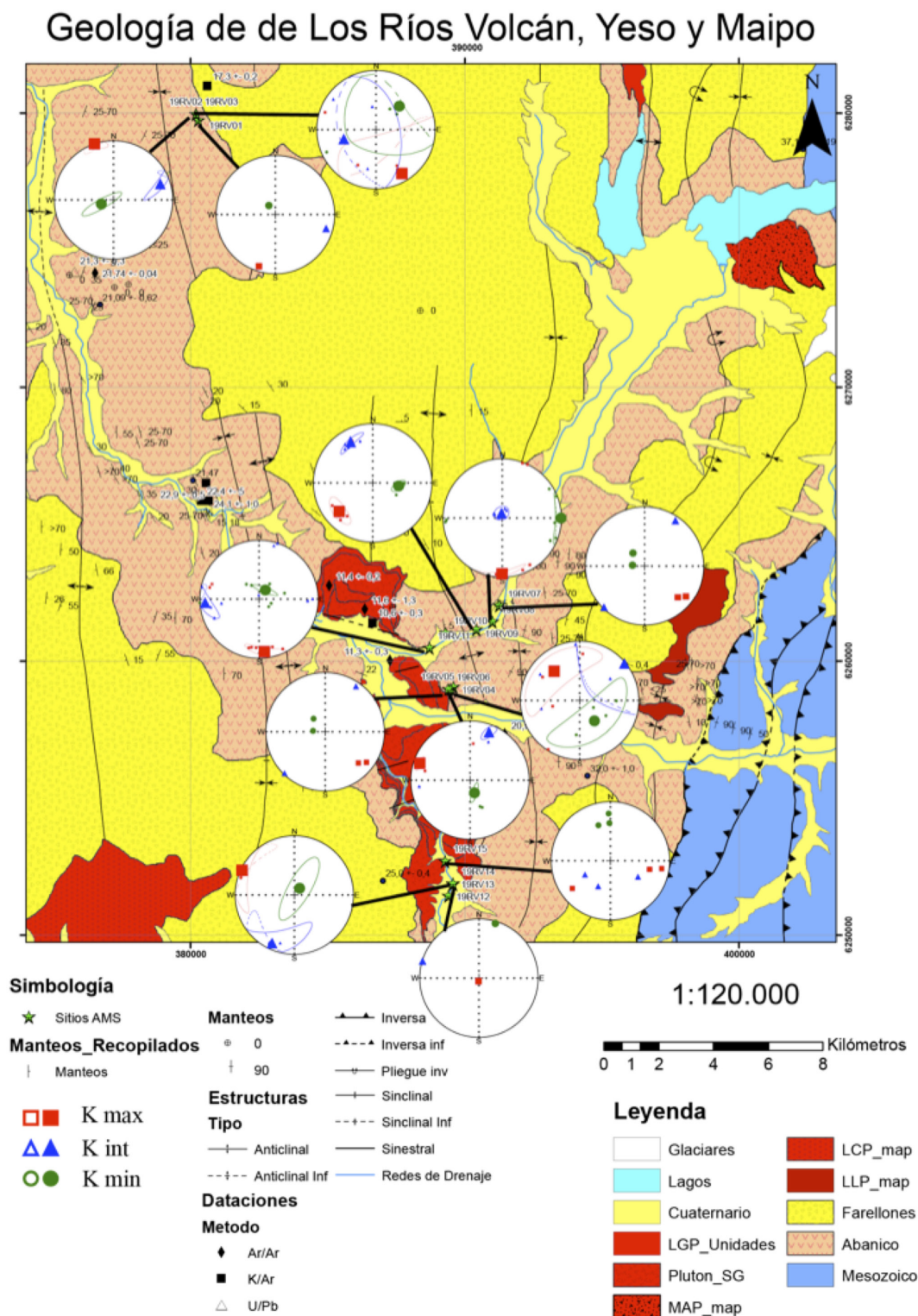
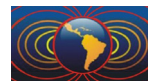
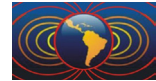


Figura 1. Mapa geológico del sector de San Gabriel en la intersección de los ríos Volcán, Yeso y Maipo, donde se presentan las principales estructuras, dataciones y sitios de muestreo de medición de AMS, así como los resultados preliminares en los límites NE, SE del plutón, y en el sector de Lagunillas como referencia de deformación sin la presencia del plutón.



Tomando en cuenta las proyecciones estereográficas realizadas a partir de las estaciones de mediciones cinemáticas del río Yeso, se puede observar una predominancia de estructuras con un rumbo E-W, con una componente de movimiento sinistral, la que compone una serie de fallas paralelas con direcciones de desplazamientos similares al norte y al sur, medidas en las estaciones del cerro la Antena, y el Río Maipo.

Los resultados preliminares de anisotropía de susceptibilidad magnética muestran bajos porcentajes de anisotropía, que oscilan entre los 2-4%, pero con un notorio cambio de forma, volviéndose más prolato a medida que se acercan al plutón desde la roca de caja de la formación Abanico (Figura 1). Las proyecciones estereográficas parecen representar una fábrica sedimentaria (Rubion *et al.*, 2007) con el Kmin casi vertical, denotando una baja concentración de deformación hacia el Este del plutón.

4. Discusiones preliminares

En el sector de San Gabriel, donde el estilo de deformación presente corresponde a una Faja Plegada y Corrida, teniendo al Este estructuras importantes como lo son las fallas El Diablo y Chacayes Yesillo, las que son consideradas las fallas precursoras a la deformación, e incluso como una de límite de cuenca para el caso de la Falla Chacayes Yesillo, la cual se propone que sufrió una reactivación (Fock *et al.*, 2006), lo que explicaría el alto ángulo que presenta y además, el hecho de que genera que afloren las rocas Mesozoicas. Sin embargo, si se toman en cuenta estructuras de carácter regional como fallas asociadas a sistemas de Fajas Plegadas y Corridas, es posible observar una estrecha relación entre fallas importantes y el emplazamiento de cuerpos intrusivos, por lo que la jerarquía de las fallas en base a su deformación asociada aun es materia de discusión (Mardones, 2019). El mecanismo de emplazamiento del plutón San Gabriel, posee otra discusión, acerca de si se encuentra controlado en su emplazamiento por una estructura de vergencia Oeste, de carácter regional, y su relación temporal con el movimiento de esta estructura. Resultados preliminares muestran no solo un aumento de la anisotropía de la deformación, sino la presencia de zonas de falla e intenso fracturamiento especialmente en el límite NorEste del Plutón, mostrándose una disminución de los indicadores de anisotropía con respecto a la transecta realizada en el límite SurEste del plutón, estos resultados preliminares muestran como este cambio en las anisotropías podría estar ligado a los cambios en los rumbos de las estructuras que afectan a las rocas Cenozoicas en los alrededores.

La correlación entre la existencia de indicadores cinemáticos de rumbo, junto con los cambios N-S en la anisotropía y el cambio de rumbo de las estructuras principales sugiere no solamente que la zona donde se encuentra emplazado el Plutón se encuentra íntimamente ligado a una estructura regional, sino que el movimiento relacionado a estas estructuras son de una naturaleza transpesiva, pudiendo incluso esta naturaleza estar reflejada en la aureola mecánica registrada por el ASM. Estas discusiones serán cementados o refutadas al analizar el muestreo en el lado occidental del plutón.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado por FDP “Paleomagnetismo Chile Central” de la Universidad Mayor. Agradecemos la disposición gratuita del software Faultkin 8 de Allmendinger, del Laboratorio de Tectónica y Paleomagnetismo de la Universidad de Chile por el uso de sus equipos, así como el software AMS_OSX desarrollado por Pierrick Roperch.

Referencias

- Armijo, R., Rauld, R., Thiele, R., Vargas, G., Campos, J., Lacassin, R., & Kausel, E., 2010. The West Andean Thrust, the San Ramón Fault, and the seismic hazard for Santiago, Chile. *Tectonics* 29 (2), n/a-n/a. <https://doi.org/10.1029/2008TC002427>
- Brown, M., 2013. Granite: From genesis to emplacement. (X), 1–35. <https://doi.org/10.1130/B30877.1>
- Charrier, R., Pinto, L., & Rodríguez, M. P., 2007. Tectonostatigraphic evolution of the Andean Orogen in



- Chile. En *The Geology of Chile* (pp. 21–114). <https://doi.org/10.1144/goch>
- Coloma, F., Valin, X., Oliveros, V., Vásquez, P., Creixell, C., Salazar, E., & Ducea, M. N., 2017. Geochemistry of Permian to Triassic igneous rocks from northern Chile (28°–30°S): Implications on the dynamics of the proto-Andean margin. *Andean Geology* 44 (2), 147. <https://doi.org/10.5027/andgeoV44n2-a03>
- del Rey, A., Deckart, K., Arriagada, C., Martínez, F., 2016. Resolving the paradigm of the late Paleozoic–Triassic Chilean magmatism: Isotopic approach. *Gondwana Research* 37, 172–181. <https://doi.org/10.1016/j.gr.2016.06.008>
- Fariás, M., Comte, D., Charrier, R., Martinod, J., David, C., Tassara, A., Fock, A., 2010. Crustalscale structural architecture in central Chile based on seismicity and surface geology: Implications for Andean mountain building. *Tectonics* 29 (3). <https://doi.org/10.1029/2009TC002480>
- Fock, A., Charrier, R., & Fariás, M., 2006. Tectonoagmatic Control of the Giant Ore Deposits in the SUBduction Factory of the High Andes Between 32°–36° S: A Multidisciplinary Approach (Anillo ACT18) View project Structure and Tectonic Evolution of the Andean orogen: Insights from the southern Central Andes (34°30'–36°S) View project. Recuperado de <https://www.researchgate.net/publication/284292103>
- Giambiagi, L. B., Alvarez, P. P., Godoy, E., & Ramos, V. A., 2003. The control of pre-existing extensional structures on the evolution of the southern sector of the Aconcagua fold and thrust belt, southern Andes. *Tectonophysics* 369 (1–2), 1–19. [https://doi.org/10.1016/S0040-1951\(03\)00171-9](https://doi.org/10.1016/S0040-1951(03)00171-9)
- Gutiérrez, F., Payacán, I., Szymanowski, D., Guillong, M., Bachmann, O., & Parada, M. A., 2018. Lateral magma propagation during the emplacement of La Gloria Pluton, central Chile. *Geology* 46 (12), 1051–1054. <https://doi.org/10.1130/G45361.1>
- Gutiérrez, F., Payacán, I., Gelman, S. E., Bachmann, O., & Parada, M. A., 2013. Late-stage magma flow in a shallow felsic reservoir: Merging the anisotropy of magnetic susceptibility record with numerical simulations in La Gloria Pluton, central Chile 118, 1984–1998. <https://doi.org/10.1002/jgrb.50164>
- Mardones, V., 2019. Evolución Tectónica Meso-Cenozoica de la Cordillera Principal de los Andes de Chile Central, 33°30' S–34° S. Universidad de Chile.
- Pankhurst, Robert; Hervé, F., 2007. The Geology of Chile. En *The Geology of Chile*. <https://doi.org/10.1144/goch>
- Payacán, I., Gutiérrez, F., Gelman, S. E., Bachmann, O., Parada, M. A., 2014. Comparing magnetic and magmatic fabrics to constrain the magma flow record in La Gloria pluton, central Chile. *Journal of Structural Geology* 69 (PA), 32–46. <https://doi.org/10.1016/j.jsg.2014.09.015>
- Robion, P., Grelaud, S., & de Lamotte, D. F., 2007. Pre-folding magnetic fabrics in fold-and-thrust belts: Why the apparent internal deformation of the sedimentary rocks from the Minervois basin (NE—Pyrenees, France) is so high compared to the Potwar basin (SW—Himalaya, Pakistan)? *Sedimentary Geology* 196 (1–4), 181–200.
- Rauld, R., Armijo, R., Vargas, G., Lacassin, R., & Campos, J., 2009. Cartografía y modelación estructural del Frente Andino Occidental de Santiago, un sistema de pliegues por propagación de falla.
- Thiele, R., 1980. Hoja Santiago. Instituto de Investigaciones Geológicas.
- Vargas, G., Klinger, Y., Rockwell, T. K., Forman, S. L., Rebolledo, S., Baize, S. Armijo, R., 2014. Probing large intraplate earthquakes at the west flank of the Andes. *Geology* 42 (12), 1083–1086. <https://doi.org/10.1130/G35741.1>