



Boletín de la Sociedad Geológica del Perú

journal homepage: www.sgp.org.pe ISSN 0079-1091

Aportes a la Geología del Morro Solar (cretácico), Lima

Carlos de la Mata¹, Sergio Olivera², Carlos Changanqui³ & Aldo A. Alvan⁴

¹Universidad Nacional Mayor de San Marcos. E.P. Ingeniería Geológica. Av. Universitaria Cdra. 34, Lima, Perú.

¹carlos.delamata1@unmsm.edu.pe

²sergio.olivera@unmsm.edu.pe

³carlos.changanqui@unmsm.edu.pe

⁴aalvand@unmsm.edu.pe

RESUMEN

En la costa sur de la ciudad de Lima (Morro Solar, Chorrillos) afloran rocas sedimentarias que se depositaron durante el Mesozoico, las que estuvieron posteriormente afectadas por pulsos de deformación vinculados a un prolongado proceso de subducción y posterior levantamiento (orogénea Andina).

Según numerosos autores, esta orogénea está particularmente asociada a fases de compresión tectónica. Sin embargo, recientes estudios de sedimentología y tectonofísica han permitido resaltar la presencia de fallas de orientaciones NE-SW, E-W y NW-SE que presentan componentes normales, lo cual sugiere la existencia de componentes no asociados anteriormente a esta compresión regional. Este análisis evidencia además la arquitectura estructural presente en el Morro Solar, donde predominan las fallas de rumbo N70°E de cinemática normal-dextral que modelan la abrupta geomorfología de la zona, lo cual sugiere una extensión oblicua predominante de dirección N-S y una compresión ortogonal asociada E-W de edad cenozoica temprana. Estas fases habrían de generar eventos tectónicos que permitieron la variación sedimentológica a lo largo de la columna estratigráfica expuesta.

Palabras clave: Morro Solar, Tectónica, Margen convergente, Geología Estructural.

ABSTRACT

On the south coast of the Lima city (Morro Solar, Chorrillos) crop out sedimentary rocks that were deposited during the Mesozoic, subsequently affected by deformation pulses related to a prolonged subduction and lifting process (Andean orogeny). According to numerous authors, this orogeny is particularly associated with tectonic compression phases. Nevertheless, recent sedimentology and tectonophysics studies made it possible to stand out the presence of faults with orientation NE-SW, E-W and NW-SE that present normal components, which suggest the existence of components not previously associated with this regional compression. Also, this analysis shows the structural architecture present in Morro Solar, where predominate strike-slip faults N70°E of normal and right lateral kinematics that model the abrupt geomorphology of the area, which suggest a predominant oblique extension of direction N-S and an orthogonal compression associated with E-W of early Cenozoic age. These phases generated tectonic events that allowed the sedimentological variability along the outcropping stratigraphic column.

Keywords: Morro Solar, Tectonics, Convergent margin, Structural Geology.

INTRODUCCIÓN

La revisión de las rocas sedimentarias del Morro Solar (Chorrillos, Lima) es un itinerario infaltable para el refuerzo académico aplicado de numerosas universidades peruanas y extranjeras, por lo cual, no está exento de recibir nuevas apreciaciones, y de nuevas interpretaciones argumentadas, las cuales sin duda, tienen implicancias a nivel regional, e impulsa a reformular lo conocido sobre ellas. En este contexto, se presentan nuevos aportes sobre la geología estructural y estratigrafía de estas rocas a través de un mapa geológico (Figura 2), el cual presenta estructuras interpretadas como transtensionales y que contrastan con la típica cinemática compresiva propia de la Orogenia Andina observada a lo largo de las rocas de la costa peruana. Dadas estas evidencias, a fin de aclarar tal “inconsistencia”, se presenta la siguiente hipótesis: La naturaleza de fallas normales y de rumbo de orientaciones E-W a NE-SW, ubicadas en la zona costanera, obedecen a la compresión oblicua generada por la convergencia de placas que genera una partición de la deformación en las estructuras NW-SE, esto sumado a la compensación tectónica debida a esta compresión, genera una tendencia de apertura/relleno perpendicular a la dirección de convergencia.

Para comprobar esta hipótesis, se tomó información sistemática mediante más de 300 puntos de observación geológica (POGs), incluyendo datos cinemáticos. Posteriormente, se trabajó en la interpretación de las relaciones de corte, edad y cinemática de las estructuras presentes y su extrapolación en el mapa geológico (Figura 2).

CONTEXTO GEOLÓGICO REGIONAL

El Morro Solar es un promontorio ubicado al sur de la ciudad de Lima Metropolitana, y sus rocas representan las únicas evidencias de la sedimentación cretácica en esta parte del país. Según numerosos estudios, la margen occidental de Sudamérica estuvo afectada por la separación de Pangea desde al menos el Triásico superior en términos de tectónica y sedimentación (Jaillard et al., 2000). Una de las consecuencias en nuestro territorio es la conformación de la gran cuenca sedimentaria Andina, la cual incluyó diacrónicamente numerosas cuencas sedimentarias, por ejemplo, las cuencas Pucará, Arequipa, Chicama, entre otras

(Aleman, 2006) . Esta sedimentación cretácica tuvo lugar a lo largo de los Andes, iniciada por una transgresión, reflejada con la depositación del Grupo Morro Solar durante el Valanginiano temprano. Esta transgresión fue continua y variable a lo largo de la cuenca debido a factores como el aporte de sedimentos, la subsidencia y la variación eustática.

Localmente en el área de Lima dentro de la cuenca pasamos por un cambio de secuencia derivada de un arco insular a una secuencia derivada de un bloque continental. Siendo los sedimentos del Grupo Morro Solar procedentes de los bloques Paracas y Maraón, los cuales estaban ubicados al oeste y este de la cuenca.

RESULTADOS

GEOLÓGIA ACTUALIZADA DEL MORRO SOLAR

La estratigrafía se encuentra comprendida por el Grupo Morro Solar, en la base encontramos la formación Salto del Fraile (Aleman, et al. 2006), Está constituida por areniscas cuarzosas blancas grisáceas con estratificación cruzada e intercaladas con lutitas grises, evidenciando un medio sedimentario litoral. Conforme subimos estratigráficamente encontramos figuras de escape de agua; Esto, sumado al paso progresivo a la formación La Herradura conformada por areniscas de grano fino a medio, en capas delgadas a medianas, con estratificación ondulada y estratificación cruzada interestratificadas con areniscas altamente bioturbadas y lutitas abigarradas que son más abundantes cerca al tope, indican un aumento progresivo del espacio de acomodo y de la velocidad de aporte sedimentario. Esto podría ser explicado como una extensión tectónica sinsedimentaria. En la transición al contacto con la formación Morro Solar, se aprecia un aumento del aporte continental expresado en areniscas de grano fino y lutitas abigarradas que presentan un cemento y nódulos calcáreos intercaladas con calizas lodolíticas, esto podría sugerir el inicio de la convergencia de placas con un slab plano que permita una primera presencia de carbonatos y del vulcanismo expresado en diques y sills. Al tope de esta formación nos encontramos con un dominio continental del aporte sedimentario, evidenciado en areniscas más blanquecinas y a diferencia de la formación anterior no se encuentran interestratificadas con lutitas. Cabe mencionar que en otros afloramientos alrededor de Lima el Grupo Morro Solar se encuentra superpuesta

por la formación Pucusana y el Grupo Lima (Formaciones volcánicas y calcáreas) que podrían ser una expresión mayor de ese evento de convergencia con una edad estimada del cretácico superior.

INTERPRETACIÓN Y APORTES A LA GEOLOGÍA ESTRUCTURAL

Se cartografiaron tres sistemas de estructuras bien marcadas, el primero de orientación N70°E el cual presenta desplazamiento de rumbo con componentes normales de pitch 18°W, estas son

constantes y modelan la topografía; el segundo de orientación N90E, posee principalmente desplazamientos normales con pitch 75°S, este sistema ha permitido principalmente el emplazamiento de los diques andesíticos en toda el área del Morro Solar; el tercer sistema tiene orientación N30W que tiene una extensión regional, está reactivado al menos 2 veces y sufre desplazamiento por todos los sistemas anteriores. Un último sistema N-S de menor escala, tiene componentes inversas y presenta también ejes de pliegues con esta dirección.

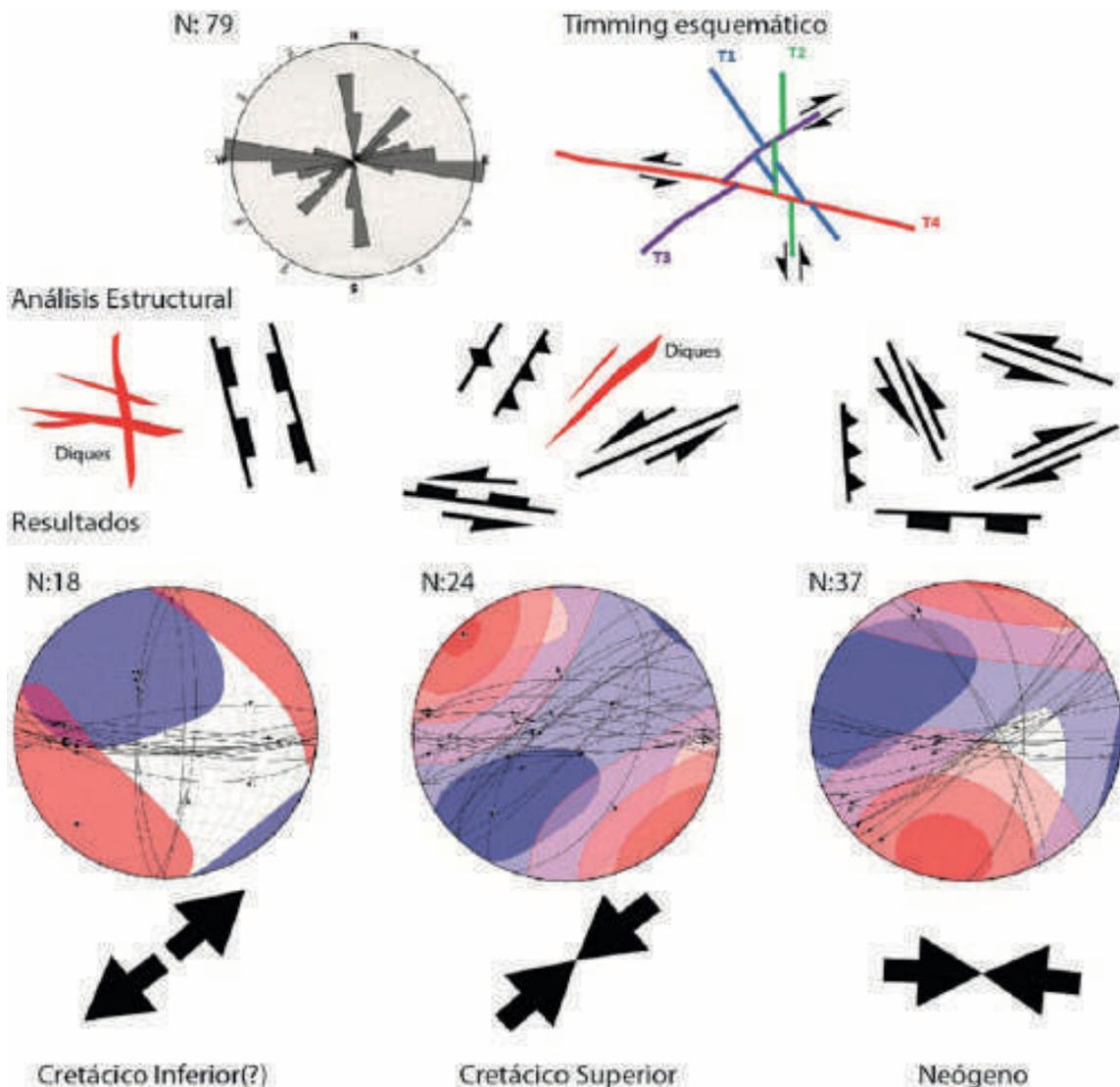


Figura 1. Interpretación estereográfica de los datos de falla. Las áreas azules y en rojo corresponden a los sectores dominados por compresión y extensión, respectivamente.

A partir de esta información se interpretaron al menos 3 eventos de deformación (Figura 1), el primero heredado de la extensión Jurásica de dirección NE-SW que estaría integrado por las fallas NW-SE a N-S de componentes normales, un segundo evento probablemente generado por el inicio de la convergencia de Placas de edad

cretácica con dirección NE-SW (Pardo-Casas y Molnar, 1987; Somoza y Ghidella, 2005) causando la reactivación de estas fallas NW-SE a N-S que sobreimpone una cinemática inversa y generando la cinemática normal y de rumbo de las fallas NE-SW, el tercero y último generado por una compresión de dirección E-W que genera la

cinemática de rumbo y normal en las fallas E-W y NE-SW, permitiendo la mineralización de Au en jogs estructurales en estas estructuras. Es este evento además el que termina de modelar la arquitectura estructural actual del Morro Solar, probablemente la edad de este evento sea del cenozoico (Neógeno)

Cabe mencionar que muchos de estos indicadores cinemáticos se encontraban reactivados con estrías de fallas superpuestas, durante el trabajo de campo se recopiló la información de falla más resaltante y que tuviera el menor grado de incertidumbre, dando así el resultado aquí expuesto.

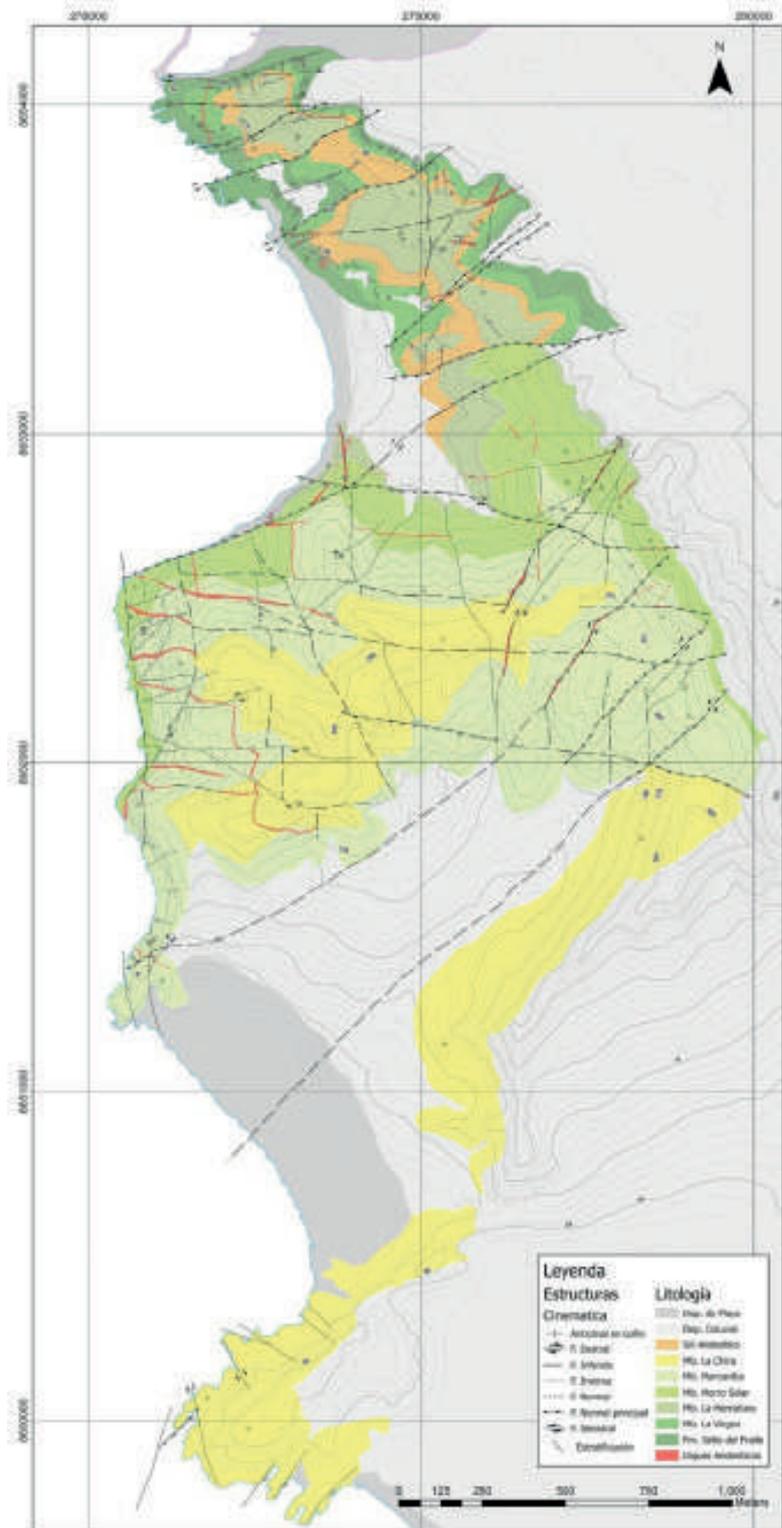


Figura 2. Mapa geológico del Morro Solar. Elaboración propia.

CONCLUSIONES

El paradigma de las estructuras estructurales “inversas” que derivan de una orogenia por convergencia, ha sido cuestionada una vez más, con este estudio. En consistencia con lo propuesto por Viveen & Schlunegger (2018) y Ayala (2019), en este sector hay dominancia de fallas normales, y se habrían de formar durante el levantamiento orogénico. En numerosas regiones de la costa peruana sucede esta misma situación, por ejemplo, en Camaná y Tacna (e.g. Noury et al., 2016; Alván et al., 2020). Estas fallas normales parecen ser las responsables de permitir el desarrollo de la cuenca sedimentaria en la cual se depositó el grupo Morro Solar.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a la E.P. de Ingeniería Geológica de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos-UNMSM, Lima, particularmente a I. Ponce, Y. Escalante, D. Zanabria, J. Trelles, F. Flores, H. Taípe, J. Lucano, D. Del Águila, D. Tarazona, C. Ruiz, G. Ríos, J. Guevara, B. Castillo y E. Chuquillanqui por su apoyo en la recolección de datos en campo.

CONTRIBUCIONES TÉCNICAS Y CIENTÍFICAS

Reafirmamos la relación que tiene la Tectónica, la sedimentología y ponemos en manifiesto la importancia de la estratigrafía secuencial para un mayor entendimiento del medio, la tectónica que lo afecta y cómo esto se refleja en las rocas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alemán, A., Benavides, V., Leon, W., 2006. Estratigrafía, sedimentología y evolución tectónica del área de Lima. Guía de campo N°11, Sociedad Geológica del Perú, p. 18-33

Alván, A., Bustamante, Y., Sánchez, E., Mamani, M., 2020. Arquitectura estratigráfica, paleogeografía y proveniencia sedimentaria de las rocas cenozoicas del sur de Perú (Tacna, 18°S). *Andean Geology*, v. 42 (2), p. 351-383.

Ayala, Luis., 2019. Influencia tectónica cenozoica del antearco peruano en el mecanismo de deformación del Morro Solar mediante el análisis estructural. *Rev. del Instituto de Investigación FIGMMG-UNMSM vol N°22, Perú*, p. 135-140.

Bellido, E., 1969. Sinopsis de la geología del

Perú. *Boletín N°22 Servicio de Geología y Minería*. p. 15-42.

Carlotto, V., Cárdenas J., 2006. ¿El evento compresivo del Eoceno en el Perú: Resultado de una subducción plana?. XIII Congreso Peruano de Geología. Resúmenes extendidos.

Chacaltana, C., Romero, D., Hovikoski, J., Jaimes, F., Núñez del Prado, H., 2008. Icnofacies en la base de la Formación Marcavilca: Asociaciones icnolíticas y análisis paleoambiental. XIII Congreso Peruano de Geología, SGP. Resúmenes extendidos.

Jaillard, E., Hérail, G., Monfret, T., Díaz-Martínez, E., Baby, P., Lavenue, A., Dumon, J.F., 2000. Tectonic evolution of the Central Andes of Ecuador, Peru, Bolivia and northernmost Chile. In: Cordani, U.G., Milani, E.J., Thomaz, A., Campos, D.A., (Eds.), 31° Geological Congress, Brazil, p. 481-388.

Lisson, C., 1904. Los Tigillities del Salto Del Fraile y algunas Sonneratia del Morro Solar. *Bol. Cuerpo Ing. Min. Perú*, 17: 1-64

López, W., Baldoceda, A., Quispe, F., 2020. Petromineralogía y alteración hidrotermal de la Veta Limoncillo Sur del Morro Solar, Lima, Perú. *Rev. del Inst. de Investigación FIGMMG-UNMSM*. Vol. 23°. p. 45-54.

López, W., Jacay, J., Rojas, L., Ayala, L., Roselló, C., Romero, M., Apaza, P., 2015. Sedimentología e icnología del Miembro Marcavilca (Formación Marcavilca- Morro Solar, Lima): Implicancias paleoambientales. *Conference paper*.

Noury, M., Bernet, M., Schildgen, T., Simon-Labric, T., Philippon, M., Sempere, T., 2016. Crustal-scale block tilting during Andean trench--parallel extension: Structural and geo-thermochronological insights. *Tectonics*, 10.1002/2016TC004231, p. 2052-2069.

Núñez del Prado, H., Chávez, A., 1989. Análisis sedimentológico y evolución vertical de facies de la serie cretácea en el Morro Solar (OSO-Lima, Perú). *Boletín SGP v. 80*. p. 77-105.

Palacios, O., Caldas, J., Vela, C., 1992. Geología de los cuadrángulos de Lurín, Chancay y Chosica. *Boletín N°43*. p. 25-28, 73-88.

Pardo-Casas, F. y Molnar, P. (1987). Relative motion of the Nazca (Farallon) and South Amer-

ican Plates since Late Cretaceous time. *Tectonics*, Volume 6, Issue 3, 233-248. <https://doi.org/10.1029/TC006i003p00233>

Somoza, R. y Ghidella, M.E. (2005). Convergencia en el margen occidental de América del Sur durante el Cenozoico: subducción de las placas de Nazca, Farallón y Aluk. *Revista de la Asociación Geológica de Argentina*, 60 (4): 797-809.

Tankard, E., 2002. Tectonic framework of basin evolution in Peru. p. 4-19.

Viveen, W., Schlunegger, F., 2018. Prolonged extension and subsidence of the Peruvian forearc during the cenozoic. *tectonophysics*, v. 730, p. 48-62.

Wipf, M., 2006. Evolution of the Western Cordillera and Coastal Margin of Peru: Evidence from low-temperature thermochronology and geomorphology. Swiss Federal Institute of Technology Zürich. Diss Eth. No. 16383.