

La discordancia Chánica en la Depresión intermedia de la Región de Antofagasta, norte de Chile

Hans Niemeyer¹ and Felipe Urzúa²

¹Avda. J.M. Carrera 1663, Depto. 1102, Antofagasta, Chile;
hansniemeyer.r@gmail.com

²Río Tinto Exploration. Avda. P. Riesco 5435, of. 1302, Las Condes, Santiago, Chile;
felipe.urzua@riotinto.com

RESUMEN

Se analiza la discordancia Chánica en dos localidades de la Depresión intermedia, al sureste de la ciudad de Antofagasta, donde ha sido referida: los Cerros de Cuevitas y el Cerro cota 1.584 m. En los Cerros de Cuevitas esta separa la Formación Sierra del Tigre (Devónico), muy plegada, de la Formación Cerros de Cuevitas (Pérmico inferior), sin plegamiento. Sobre la base de argumentos estratigráficos y estructurales se constata que en el Cerro cota 1.584 m no existe discordancia, asignando las unidades expuestas allí a la Formación Cerro El Árbol, que yace sobre la Formación La Tabla mediante para-discordancia (Carbonífero superior). La discordancia Chánica se relaciona con la Orogénesis El Toco y se habría producido con posterioridad al Viseano y con anterioridad al Pennsylvaniano temprano (Mississippiano superior). Se concluye que los Cerros de Cuevitas es el único lugar seguro donde tal discordancia es observable.

Palabras claves: discordancia Chánica, Mississippiano superior, Orogénesis El Toco.

ABSTRACT

The Chanic unconformity is analyzed in the Intermedius depression, to the southeastern Antofagasta City, where it has been referred: the Cerros de Cuevitas hills and the 1.584 m hill. In the Cerros de Cuevitas hills the Chanic unconformity separates the folded Sierra del Tigre Formation (Devonian) from the unfolded Cerros de Cuevitas Formation (Lower Permian). On the basis of stratigraphic and structural data, it has been established the non-existence of unconformity in the Cerro cota 1.584 m hill. The stratigraphic units exposed in this hill are assigned to the Cerro El Árbol Formation which covers in para-unconformity the La Tabla Formation (Upper Carboniferous). The Chanic unconformity took place after the Visean and before the Early Pennsylvanian (Upper Mississippian). It can be concluded that the Cerros de Cuevitas hills are the unique place where the unconformity can be observed.

Keywords: Chanic unconformity, Upper Mississippian, El Toco Orogeny.

1 Introducción

Las sucesiones turbidíticas de la Cuenca devónico-carbonífera de la Cordillera de la Costa y de la

Depresión intermedia de la Región de Antofagasta fueron afectadas por un intenso plegamiento durante el Carbonífero, el cual contrasta con la ausencia de deformación en las suprayacentes suce-

siones carbonatadas del Pérmico.

Consecuentemente, tal deformación tiene que manifestarse en una conspicua discordancia angular. Por este motivo, en la presente publicación se analizan dos lugares de la Depresión intermedia de Antofagasta, donde la discordancia ha sido mencionada, aportando antecedentes inéditos sobre esta y las rocas relacionadas a ella. El primero de los lugares es Cerros de Cuevitas [16] y, el segundo, es el Cerro cota 1.584 m [6], Figura 1.



Figure 1: Mapa de ubicación de distintas localidades de la Depresión intermedia, que se mencionan en el texto.

2 Cerros de Cuevitas: estratigrafía

En los Cerros de Cuevitas, la unidad más antigua conocida corresponde a la Formación Sierra del Tigre, que está formada por turbiditas (Figura 2a) y se observa fuertemente plegada (Figura 2b). Se asigna al Devónico por el hallazgo del braquiópode *Mucrospirifer* sp. [8]. Esta edad se confirma por la correlación con la Formación El Toco [3] y [1] hacia el norte, de edad devónica superior, basada en la determinación de restos de plantas pertenecientes al género *Haplostigma* [13]. Por su parte, [17] obtuvieron una edad máxima posible de 465 Ma para el depósito de esta secuencia sobre la base de determinaciones en circones detríticos, lo cual no se contrapone a las edades paleontológicas. La Formación Sierra del Tigre se correlaciona al sur con la Formación Las Tórtolas [19], la cual alcanza al Carbonífero inferior [1]. Por este motivo, las sucesiones turbidíticas de la Cordillera de la Costa y de la Depresión intermedia del norte de Chile se refieren, en general, como depositadas en la Cuenca

devónico- carbonífera de la Cordillera de la Costa [1], [2] y [14].

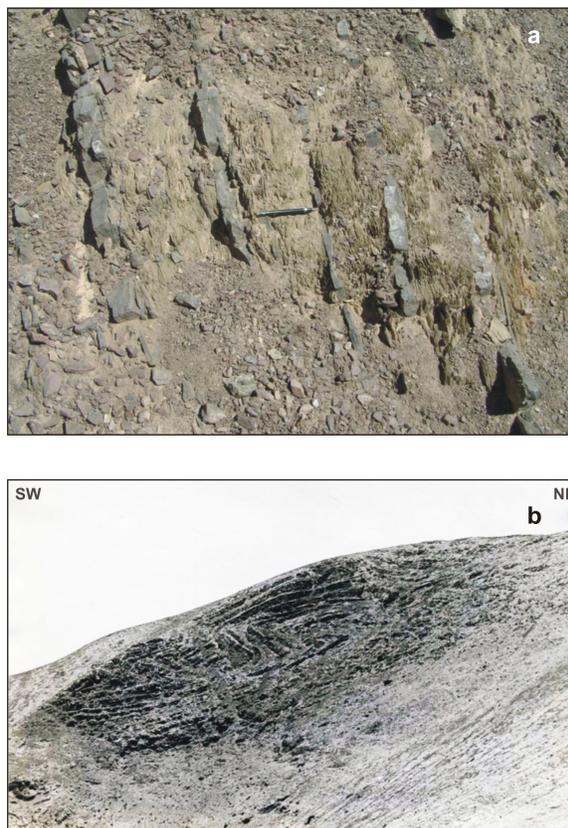


Figure 2: Rocas de la Formación Sierra del Tigre (Devónico). a. Capas turbidíticas pertenecientes a la Formación Sierra del Tigre (Devónico), la punta del lápiz indica el techo de la secuencia. b. Pliques decamétricos de tipo chevron con vergencia al suroeste en la Formación Sierra del Tigre.

Sobre la Formación Sierra del Tigre yace la Formación Cerros de Cuevitas, mediante discordancia angular [16] y [15]. Esta última comienza con un conglomerado basal formado por clastos de hasta 5-7 cm de diámetro, angulosos, que corresponden a trozos de estratos turbidíticos, procedentes de la Formación Sierra del Tigre. Más arriba, la secuencia está formada por lutitas verdes y capas delgadas de areniscas calcáreas de color gris (Figura 3a) con lentes de calizas coquinoideas de característico color rojo (Figura 3b). Estos últimos presentan un contenido fosilífero dominado por el braquiópodo *Kochiproductus* (Figura 3c) y por el gastrópodo *Euconospira* (Figura 3d), ambos fósiles guías del Pérmico inferior [5].

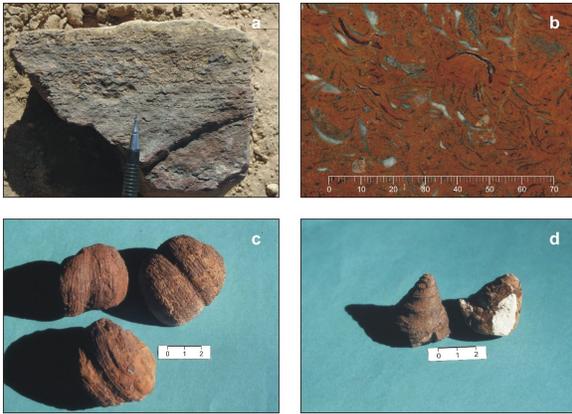


Figure 3: Rocas y fósiles de la Formación Cerros de Cuevitas (Pérmico inferior). a. Areniscas calcáreas con estratificación en artesa, la punta del lápiz indica el techo de la secuencia. b. Caliza roja coquinoídea con restos de productidos. c. Kochiproductus, fósil índice del Pérmico inferior. d. Euconospira, fósil que acompaña la asociación faunística del Pérmico inferior.

3 Cerros de Cuevitas: la discordancia

En la Figura 4 se muestra una vista general de la discordancia entre la Formación Sierra del Tigre (Devónico) y la Formación Cerros de Cuevitas (Pérmico inferior) en los Cerros de Cuevitas. El ángulo entre capas turbidíticas en posición invertida de la Formación Sierra del Tigre y capas en posición normal de la Formación Cerros de Cuevitas es de 63° (Figura 5).

4 La discordancia en el Cerro cota 1.584 m

En el Cerro cota 1.584 m, [6] ilustraron una conspicua discordancia angular, del orden de 90° , entre una unidad inferior de areniscas, asignadas tentativamente al Devónico, y una unidad superior de rocas carbonatadas, atribuida por esos autores al Carbonífero superior- Pérmico y cuya edad ha sido recientemente restringida al Pérmico inferior [5].

Dicha discordancia requiere una revisión y puede analizarse ya sea desde su flanco suroccidental o bien desde su flanco nororiental. La ilustración de la discordancia por [6] (su figura 2) corresponde al flanco suroccidental de ese cerro, donde la base de

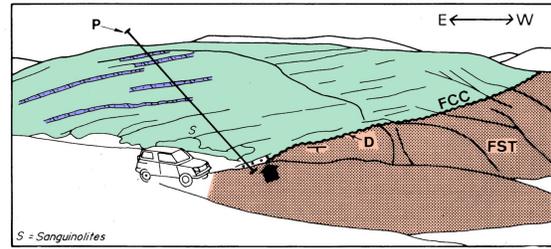


Figure 4: Vista general de la discordancia Chánica, entre la Formación Sierra del Tigre (FST), Devónico, y la Formación Cerros de Cuevitas (FCC), Pérmico inferior. D: discordancia, indicada por la flecha. S: Estratos basales con Sanguinolites, un bivalvo del Pérmico inferior [10]. P: perfil estratigráfico de la base de la Formación Cerros de Cuevitas, reportado por [5]. En azul se indican los estratos de areniscas calcáreas.

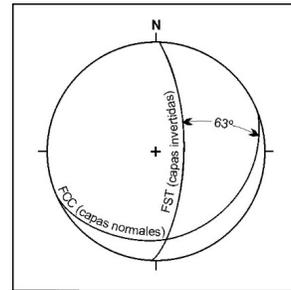


Figure 5: Proyección en red de Schmidt de planos de estratificación de la discordancia angular entre capas invertidas de la Formación Sierra del Tigre (FST) y capas normales de la Formación Cerros de Cuevitas (FCC).

su unidad superior estaría formada por un conglomerado. Allí se ha practicado un perfil estratigráfico que muestra una total transición entre la unidad inferior y la unidad superior, pasando por el conglomerado, sin que se observe discordancia angular, Figura 6.

La actitud de las capas es variable a lo largo de dicho perfil. Efectivamente, se midió sistemáticamente la actitud de la estratificación tanto en la unidad inferior como en la unidad superior de [6] y se graficaron sus polos en red de Schmidt (Fig.7a), donde se constató que existe superposición parcial en las actitudes de la estratificación de ambas unidades. Por este motivo, tal discordancia ha sido puesta en duda [15].

Por otro lado, al abordar el Cerro cota 1.584 m desde su flanco nororiental, se observa que la base

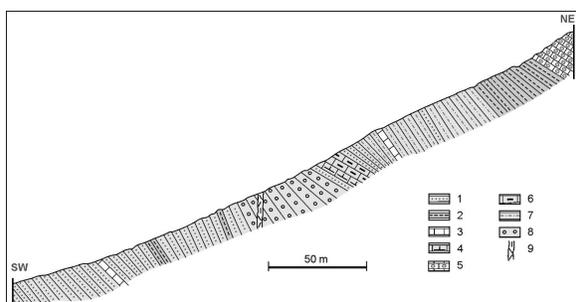


Figure 6: Perfil estratigráfico de la Formación Cerro El Árbol en el flanco suroccidental del Cerro cota 1.584 m que muestra una transición total entre ambas unidades descritas por Davidson et al., 1981. (1) Arenisca. (2) Lutita. (3) Caliza. (4) Caliza silíceo-coquinoídea. (5) Chert. (6) Limolita. (7) Conglomerado. (8) Filón andesítico.

de la unidad superior de rocas carbonatadas se apoya concordantemente sobre niveles pelíticos de la unidad inferior, faltando el conglomerado basal de la unidad superior. Los polos de las capas de ambas unidades se superponen totalmente en este caso (Figura 7b), lo cual indica que no existe discordancia.

Si bien se ha puesto en duda puntualmente la existencia de la discordancia en el Cerro cota 1.584 m, se aporta aquí un mapeo más amplio, que permite analizar el conjunto de los terrenos paleozoicos en los alrededores del Cerro cota 1.584 m, tanto al norte como al sur de la línea férrea Antofagasta-Salta (Figura 8). De este modo, existen varios argumentos adicionales que invalidan la existencia de tal discordancia.

Desde el punto de vista tanto de las facies como de su contenido bioestratigráfico, las calizas coquinoídeas del Cerro cota 1.584 m (Figura 9a) son del todo correlacionables con aquellas que afloran al sur, entre la línea férrea y el Cerro del Árbol [5], Figura 9b. Estas últimas, incluidas dentro de la Formación Cerro El Árbol [12], se disponen mediante un contacto para-concordante sobre un grueso espesor de riolitas con textura eutaxítica de la Formación La Tabla, del Carbonífero superior [11] y [7], Figura 9c. Difícilmente podrían, entonces, las calizas de Cerro cota 1.584 m yacer sobre areniscas de presunta edad devónica. Por lo anterior, tanto las calizas como las areniscas del Cerro cota 1.584 m se consideran como formando parte integral de la Formación Cerro El

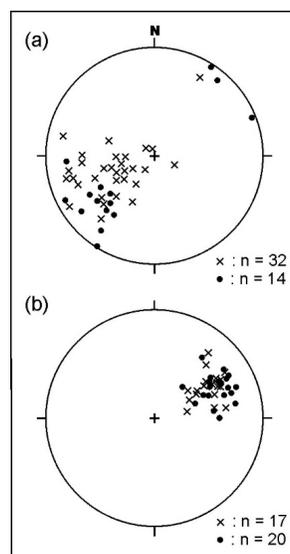


Figure 7: Polos de capas en el Cerro 1.584 m en red de Schmidt. (a) Medidas en el flanco suroccidental. (b) Medidas en el flanco nororiental. Círculos corresponden a la unidad inferior de [6], cruces corresponden a la unidad superior de esos autores.

Árbol, cuyo lugar tipo se fija al oriente del Cerro cota 1.805 m donde [5] levantaron un perfil estratigráfico.

La edad devónica de las areniscas de la base del Cerro cota 1.584 m no se ha demostrado. Más aún, sus rocas no son correlacionables con rocas de la Formación Sierra del Tigre ya que no corresponden a turbiditas, que son características de esta formación y de todas las formaciones que componen la Cuenca devónico-carbonífera de la Cordillera de la Costa y de la Depresión intermedia de Antofagasta. En cambio, su correlación con las areniscas de la sección de Cerro del Árbol es más directa y se inserta dentro del contexto geológico al norte de este cerro.

Si se toma en cuenta el mapeo de la sucesión del Cerro cota 1.584 m al norte de la línea férrea, se observa que las rocas de la Formación La Tabla afloran al noreste de esta, y sugieren que dichas rocas constituirían la base de la secuencia de este cerro, tal como sucede con la corrida de afloramientos que se extiende al sureste y se prolonga al sur de la línea férrea [5] y [12].

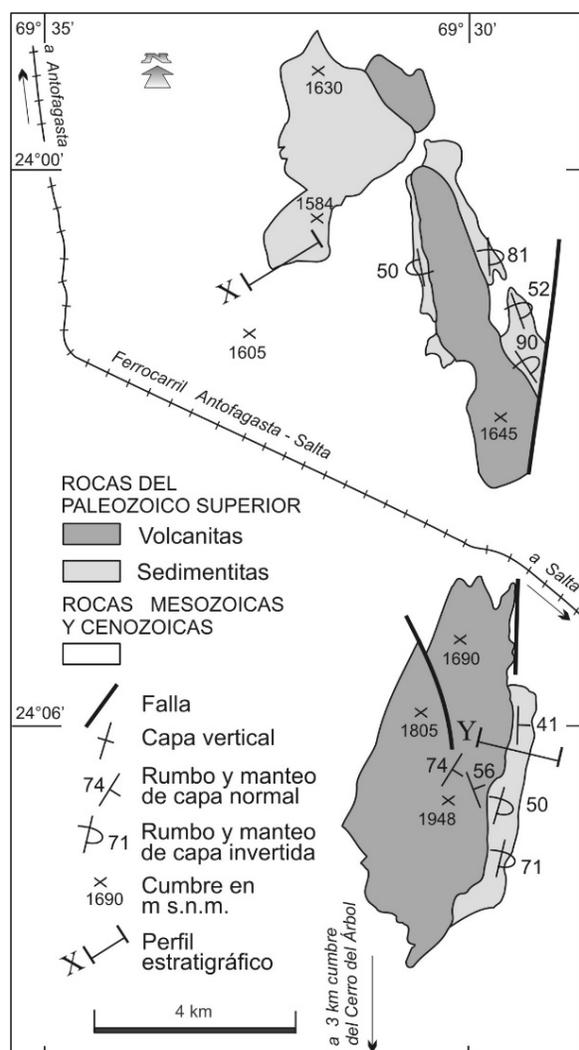
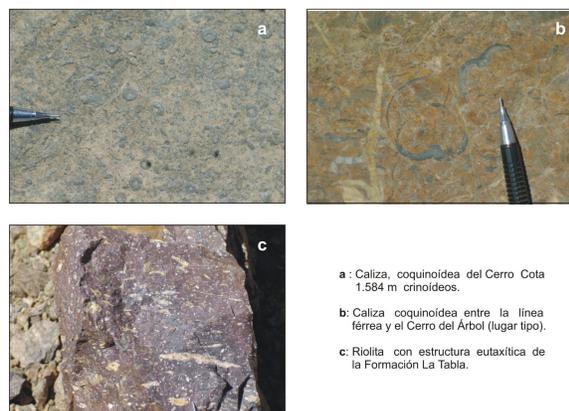


Figure 8: Mapa geológico de los autores, entre el Cerro cota 1.584 m y la localidad tipo de la Formación Cerro del Árbol. Se observa la continuidad de afloramientos entre el área del Cerro cota 1584 m y el área al sur de la línea férrea Antofagasta-Salta, tanto de los afloramientos de volcanitas de la Formación La Tabla (Carbonífero superior) y las sedimentitas de la Formación Cerro El Árbol (Pérmico inferior). Se indica ubicación del perfil estratigráfico X al suroeste del Cerro cota 1.584 m y perfil estratigráfico Y en el lugar tipo de la Formación Cerro El Árbol.



a : Caliza, coquinoidea del Cerro Cota 1.584 m crinoideos.
 b: Caliza coquinoidea entre la línea férrea y el Cerro del Árbol (lugar tipo).
 c: Riolita con estructura eutaxítica de la Formación La Tabla.

Figure 9: a. Calizas coquinoideas de la Formación Cerro El Árbol en la cumbre del Cerro cota 1.584 m. b. Calizas coquinoideas de la Formación Cerro El Árbol en su localidad tipo. c. Riolitas con textura eutaxítica de la Formación la Tabla (Carbonífero superior) entre la línea férrea y el Cerro del Árbol.

5 Edad de la discordancia

La edad mínima de la Formación Las Tórtolas es del Osageano (piso del Mississippiano de Norteamérica, equivalente al Viseano inferior; [4]), [1]. Además, se tiene que la Formación El Toco, ya plegada, fue intruida por granitoides de grano grueso, datados según dos determinaciones concordantes por el método K-Ar en biotita de 320 ± 5 y 318 ± 6 Ma [18].

Consecuentemente, la Orogénesis El Toco se habría producido con posterioridad al Viseano y con anterioridad al Pennsylvaniano temprano. Por su parte, [6] asimilaron la discordancia a la Fase tectónica Chánica, de amplio uso en la Cordillera Frontal de Argentina [9], nombre que se adopta aquí para la discordancia en discusión.

6 Conclusión

Se presentan nuevos antecedentes estratigráficos y estructurales acerca de la discordancia Chánica en las localidades de Cerros de Cuevitas y del Cerro cota 1.584 m. Los Cerros de Cuevitas constituyen el único lugar donde esta discordancia ha sido observada con seguridad. Por lo tanto, es la única que representa la Fase tectónica Chánica en el norte de Chile y se habría producido durante el Mississippiano superior. Dicha discor-

dancia es significativa porque pone un sello superior a la deformación asociada a la denominada Orogénesis El Toco, que afectó a las turbiditas de la Cuenca devónico- carbonífera de la Cordillera de la Costa y de la Depresión intermedia de la Región de Antofagasta.

Dedicatoria

Esta publicación se dedica a la memoria del colega Raúl Venegas.

Agradecimientos

Los autores agradecen la colaboración de Leonel Jofré por la confección de las figuras de esta publicación. El primer autor agradece asimismo la ayuda de Susana Niemeyer con el manejo del software en la redacción de la misma.

References

- [1] BAHLBURG, H. Sedimentology, petrology and geotectonic significance of the paleozoic flysch in the coastal cordillera of northern chile. *Neues Jahrbuch für Geologie und Paläontologie. Monatshefte*, 9 (1987), 527–559.
- [2] BAHLBURG, H., AND BREITKREUZ, C. Paleozoic evolution of active margin basins in the southern central andes (northwestern argentina and northern chile). *Journal of South American Earth Sciences* 4, 3 (1991), 171–188.
- [3] BORIC, R., ET AL. Cuadrángulos estación colupito y toco: Región de antofagasta. escala 1: 50.000. *Carta Geológica de Chile N°s 49 y 50* (1981).
- [4] CHILDS, O., KNEPP, R., REYNOLDS, S., HAXEL, G., THOMPSON III, S., AND WRIGHT, J. Correlation of stratigraphic units of north america (cosuna) documentation records for southern arizona and vicinity. *Documentation Records for Southern Arizona and Vicinity. Arizona Geological Survey, Open- File Report 80*, 3 (1988), 76.
- [5] CISTERNA, G. A., STERREN, A. F., AND NIEMEYER, H. R. Las sucesiones carbonáticas marinas del pérmico temprano en antofagasta, norte de chile. *Andean geology* 41, 3 (2014), 626–638.
- [6] DAVIDSON, J., MPODOZIS, C., AND RIVANO, S. Evidencias de tectogenesis del devonico superior-carbonifero inferior al oeste de augusta victoria antofagasta, chile. *Andean Geology*, 12 (2010).
- [7] FERRANDO, R., ESPINOZA, F., MATTHEWS, S. J., CORNEJO, P., AND ARÉVALO, C. Carta aguas blancas, región de antofagasta. *Servicio Nacional de Geología y Minería, Carta Geológica de Chile, Serie Geología Básica N° 160, 1 mapa escala 1: 100.000* (2013).
- [8] FERRARIS, F., AND FRANCISCO DI BIASE, F. *Hoja Antofagasta: region de Antofagasta*. Instituto de Investigaciones Geológicas, 1978.
- [9] GARCÍA-SANSEGUNDO, J., GAL- LASTEGUI SUÁREZ, G., FARIAS, P., RUBIO ORDÓÑEZ, A., CUESTA, A., HEREDIA, N., GIAMBIAGI, L., AND CLARIANA, P. Evolución tectono-metamórfica chánica del complejo guarguaraz, cordillera frontal de los andes (mendoza, argentina). *Geotemas* 16, 2 (2016), 427–430.
- [10] GONZÁLEZ, C. Algunos mylianiidae (bivalvia) del paleozoico superior de chile. In *Congreso Argentino de Paleontología y Bioestratigrafía* (1986), no. 2, pp. 23–29.
- [11] MAKSAEV, V.; MARINOVIC, N. S. I. M. C. Mapa geológico de la hoja augusta victoria, escala 1:100.000, región de antofagasta. In *Documento de trabajo N° 1. Servicio Nacional de Geología y Minería, Santiago, Chile*. (1991).
- [12] MARINOVIC, N., SMOJE, I., MAKSAEV, V., HERVÉ, M., AND MPODOZIS, C. Hoja aguas blancas servicio nacional de geología y minería. In *Carta Geológica de Chile* (1995), vol. 70, p. 1.
- [13] MOISAN, P., NIEMEYER, H., AND KERP, H. Lycopsids from the upper devonian of northern chile with remarks on the geographical distribution of the morphogenus haplostigma seaward. *Paläontologische Zeitschrift* 85 (2011), 231–240.

- [14] NIEMEYER, H. *Geología de la Era paleozoica en el Norte de Chile*. Ediciones Universitarias de la Universidad Católica del Norte, 2017.
- [15] NIEMEYER, H., AND ACEÑOLAZA, F. G. Progresos recientes en el conocimiento del paleozoico de la región de antofagasta. In *Congreso Geológico Chileno N° 4, Actas 1: 410-438* (1985).
- [16] NIEMEYER, H., VENEGAS, R., GONZALEZ, C. R., AND ACENOLAZA, F. G. Los terrenos paleozoicos del salar de navidad, región de antofagasta, chile. *Andean Geology* 24, 2 (1997), 123–143.
- [17] PANKHURST, R. J., HERVÉ, F., FANNING, C. M., CALDERÓN, M., NIEMEYER, H., GRIEM-KLEE, S., AND SOTO, F. The pre-mesozoic rocks of northern chile: U–pb ages, and hf and o isotopes. *Earth-science reviews* 152 (2016), 88–105.
- [18] SKARMETA, J., AND MARINOVIC, N. Hoja quillagua, región de antofagasta. In *Carta Geológica de Chile 51. 1 mapa escala 1: 250.000. Instituto de Investigaciones Geológicas*. (1981).
- [19] ULRIKSEN, C. E. *Regional geology, geochronology and metallogeny of the Coastal Cordillera of Chile between 25° 30' and 26° south*. PhD thesis, National Library of Canada, Ottawa, 1979.