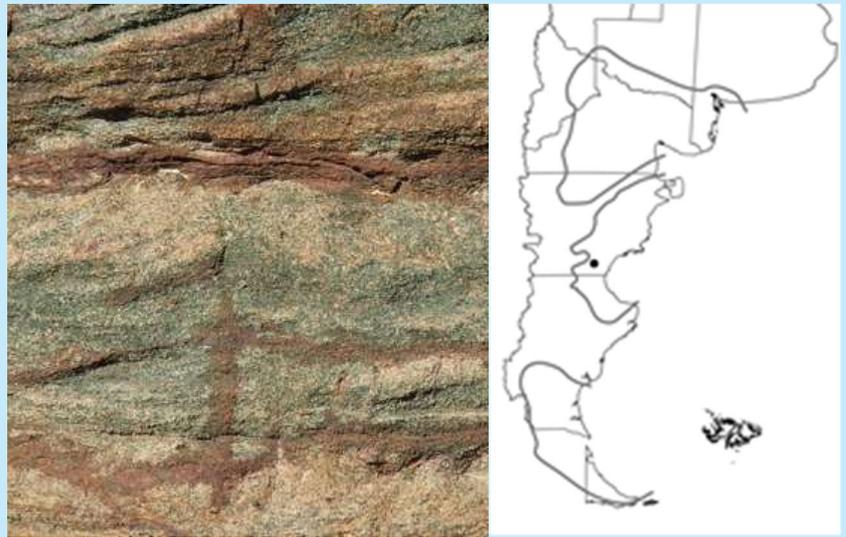


LOS NIVELES DE GLAUCONÍA DE LA FORMACIÓN SALAMANCA Y EQUIVALENTES ASOCIADAS A LA INGRESIÓN MAASTRICHTIANA-DANIANA



Servicio Geológico Minero Argentino (SEGEMAR)

Juan Manuel TURRA

Comodoro Rivadavia, febrero 2023



SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Presidente: Dr. Eduardo O. Zappettini

Secretaria Ejecutiva: Lic. Silvia Chavez

INSTITUTO DE GEOLOGÍA Y RECURSOS MINERALES

Director: Dr. Martín Gozálvez

DIRECCIÓN DE RECURSOS GEOLÓGICOS MINEROS

Director: Lic. Pablo E. Johanis

SERVICIO GEOLÓGICO MINERO ARGENTINO

Av. General Paz 5445 (Colectora Provincia) 1650 – San Martín – Buenos
Aires – República Argentina

Edificios 124 y 25 (+54-11) 5670 0100

www.segemar.gov.ar

CONTENIDO

RESUMEN

INTRODUCCIÓN

ANTECEDENTES

UBICACIÓN

DESCRIPCIÓN DE LA MANIFESTACIÓN

MODELO GENÉTICO

CONCLUSIONES

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

LOS NIVELES DE GLAUCONÍA DE LA FORMACIÓN SALAMANCA Y EQUIVALENTES ASOCIADAS A LA INGRESIÓN MAASTRICHTIANA-DANIANA

RESUMEN

Este texto se enfoca en la glauconita, un mineral filosilicato hidratado rico en hierro y potasio que se encuentra principalmente en sedimentos marinos de todo el mundo, especialmente en aquellos depositados en aguas poco profundas y ricas en nutrientes. Se caracteriza por su color verde oliva y su alto contenido en hierro y potasio.

Las partículas de glauconita se forman a partir de la alteración de los minerales del fondo marino bajo condiciones de baja circulación de oxígeno y alta disponibilidad de nutrientes. Se la ha empleado como fertilizante para mejorar la productividad agrícola debido a su contenido de potasio y su liberación lenta y gradual en el suelo, lo que lo hace especialmente útil en suelos de textura pobre y ácidos.

La Formación Salamanca, asociada a la ingresión marina del Maastrichtiano-Daniano, aflora a lo largo de la costa del golfo San Jorge en la provincia de Chubut y es portadora de “arenas verdes” y es reconocida como una fuente potencial de potasio que podría ampliar la oferta de minerales, rocas industriales y rocas de aplicación para la región Patagónica.

INTRODUCCIÓN

El término glauconita presenta una doble connotación, y se refiere tanto a minerales *sensu stricto* pertenecientes a los filosilicatos hidratados ricos en hierro y potasio como a partículas de tamaño arena a guijarro, esencialmente de coloración verde (McRae 1972). Ambos significados se han empleado indistintamente en muchos manuscritos y su diferenciación es significativa para las interpretaciones estratigráficas (Stille y Clauer 1994, Amorosi 1995).

Odin y Matter (1981) aconsejan el desuso del término glauconita y proponen el término «glauconía» para referirse estrictamente a las partículas verdes que conforman facies sedimentarias. Esta diferenciación es relevante cuando se carece de una connotación mineralógica precisa (Amorosi *et al.* 2007). La glauconía abarca partículas verdes con morfología granular o pelicular, formados por diversos agregados de minerales arcillosos correspondientes a pellets fecales, placas de foraminíferos y restos biogénicos/detritos (Odin y Fullagar 1988).

El término «glauconita mineral» hace alusión a determinaciones precisas de minerales y se restringe al grupo de la glauconita, una serie que presenta miembros extremos de esmectita glauconítica (Velde y Odin 1975) a mica glauconítica (Bailey 1980, Odom 1984, Odin y Fullagar 1988). Ambos miembros consisten de minerales dioctaédricos ricos en hierro, con potasio como principal catión interlamina (Feininger 2013), lo que permite clasificarlas según

el contenido de K_2O . Aquellas ricas en Fe, pero pobres en K ($< 6\% K_2O$), de color verde claro a amarillo verdoso, con estructura similar a la mica (Stille y Clauer 1994) pueden considerarse esmectitas glauconíticas. Aquellas con más del 6 % en peso de K_2O y coloración verde oscura, se consideran micas glauconíticas (Odin y Matter 1981, Amorosi *et al.* 2007). Otra denominación aún más informal es el término «*greensands*» (McRae 1972, Boyer *et al.* 1977) atribuible a facies de glauconía.

El proceso de glauconitización (Odin y Matter 1981) implica la transformación esmectita-mica de materiales granulares (en el rango de entre 0,05 y 2 mm) en o cerca de la interfaz sedimento-agua. Es un proceso de baja temperatura y baja presión, que se produce en un amplio rango de profundidades, desde aproximadamente 50 a 2.000 m y puede necesitar 100.000 años para completarse.

Los antecedentes del uso de arenas verdes para mejorar la productividad de los cultivos se remontan a 1760, cuando las tierras agrícolas del noreste de Norteamérica mostraron mejoras a largo plazo tras la adición de margas glauconíticas (Cook 1868). La glauconita mineral presenta varios estudios que revisan su potencial como fertilizante (Castro *et al.* 2010, NAAS 2017, Hamed y Abdelhafez 2020, Valdez *et al.* 2020) y su viabilidad económica (Castro y Tourn 2003, NASC 2017, Prakash y Verma 2016). Su valor comercial está relacionado directamente a su contenido de potasio, que particularmente presenta una liberación lenta muy útil en suelos de textura pobre (Hamed y Abdelhafez 2020). La liberación gradual también protege el K de la lixiviación y de la posible contaminación de las aguas subterráneas. Esta característica es especialmente importante en los suelos ácidos, que debido a su carga positiva dominante son especialmente vulnerables a repeler un catión como el K^+ (NAAS 2017).

Otras evaluaciones han utilizado facies de glauconía como materia prima para la separación de pigmentos de óxidos de hierro (Shekhar *et al.* 2020) y como remediador de aguas (Hao *et al.* 1987). Para este último caso debe tenerse en cuenta la relación entre la actividad microbiana en glauconías y la liberación de arsénico en sedimentos, aguas subterráneas y arroyos (Mumford *et al.* 2012).

ANTECEDENTES

La Formación Salamanca fue definida formalmente por Lesta y Ferello (1972) y sus afloramientos se conocen desde fines del siglo XIX, identificados por Carlos Ameghino (1890) como una formación marina a lo largo de la costa del golfo San Jorge, entre el Pico Salamanca y bahía Bustamante en la provincia de Chubut. Von Ihering (1903) a partir de fósiles de moluscos propone el nombre “Salamancanéen” y extrapola sus afloramientos hasta Malaspina, el valle del río Chico y Valle Alsina. Simpson (1933) realiza una revisión estratigráfica integral y propone por primera vez la denominación de Formación Salamanca, derivado del nombre “Salamanquense” (Feruglio 1929, Frenguelli 1930), “Salamanqueano” (Windhausen 1924, Piatnitzky 1933). Estos depósitos representan la primera ingresión marina atlántica en la Cuenca del Golfo San Jorge (CGSJ), reconocible a largo de una superficie de

discordancia regional sobre el Grupo Chubut (Roll 1938) y es asignada al Maastrichtiano-Daniano (Clyde *et al.* 2014).

Los autores Foix *et al.* (2022a), en su completa revisión de antecedentes de dicha ingresión marina, definen la arquitectura estratigráfica y la agrupan en dos grandes subciclos: una etapa transgresiva con depósitos estuáricos-litorales arenosos, seguidos por depósitos pelíticos de plataforma interna durante la profundización; y una etapa regresiva que incluye depósitos de plataforma, litorales, de pantano y evaporitas, que transicionalmente grada con los depósitos fluviales del Grupo Río Chico. A Su vez, también mencionan las unidades equivalentes en cuenca Neuquina (formaciones Jagüel y Roca), cuenca del Colorado (Formación Pedro Luro), CGSJ (Formación Salamanca), cuenca de Cañadón Asfalto (CCA - Formación Cerro Bororó), de Valdéz (CV) y Austral (Formación Cerro Dorotea).

En el ámbito de la provincia de Chubut (Fig.1) pueden citarse como unidades equivalentes a la Formación Bustamante (Simpson 1941), la Formación Cerro Bororó (Andreis *et al.* 1973) y Formación Cañadón Iglesias (Lapido y Page 1979). La ingresión avanzó por el oeste hasta el pie de las sierras de San Bernardo (Bernárdides), mientras al norte queda limitada por elevaciones del Complejo Volcánico Marifil (Camacho 1992), y al sur sobre el borde norte del Macizo del Deseado, provincia de Santa Cruz (Panza 1998). Por otra parte, la Formación Lefipán y Formación Paso del Sapo del Campaniano-Daniano (Lesta y Ferello 1972), son sectores representativos de la primera transgresión atlántica en la cuenca de Cañadón Asfalto en su sector occidental, en conjunto con la Formación La Colonia, en su sector oriental.

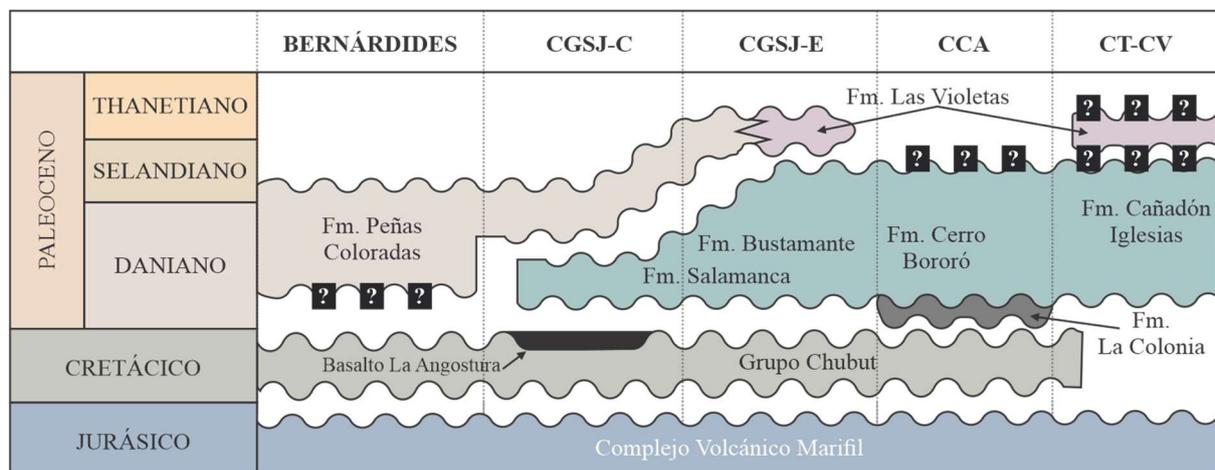


Figura 1: Cuadro cronoestratigráfico en el ámbito de la provincia de Chubut con foco en la Formación Salamanca. CGSJ-C: sector central de la cuenca del Golfo San Jorge; CGSJ-E: sector oriental de la cuenca Golfo San Jorge; CCA: cuenca de Cañadón Asfalto; CT: cuenca Trelew; CV: cuenca Valdés. Simplificado de Foix *et al.* 2022a.

La facies de glauconía de la Formación Salamanca, mencionadas como “arenas glauconíticas” (Windhausen 1924) u horizonte “glauconítico” (Feruglio 1949) fueron abordadas por su interés como una fuente potencial de potasio (Castro y Tourn 2003, Castro *et al.* 2008, 2010, Garaventa *et al.* 2010, Franzosi *et al.* 2014, Castro *et al.* 2018). Estos autores remarcan que el aumento de la agricultura intensiva, el descenso de los niveles de nutrientes del suelo, el crecimiento de la población y la necesidad de una producción de alimentos más

eficiente impactan directamente en la demanda de fuentes de potasio en Argentina. Esto se vio acentuado durante el 2022 debido al conflicto bélico entre Rusia y Ucrania, que representan de manera conjunta los principales proveedores de fertilizantes (p. ej. UREA, Amoniaco Anhidro, Nitrogenados, Potásicos y Fosfatos); solamente Rusia provee el 15% del total de exportaciones de fertilizantes a nivel mundial (Rondinone *et al.* 2022, 21 de abril).

Sin embargo, las menciones de glauconías son innumerables y requieren de una completa revisión de patrones de apilamiento estratigráficos a escala regional, sumado a una cuantificación del contenido de potasio y espesores. Al mismo tiempo, existen menciones de glauconías no asociadas a la ingesión maastrichtiana-daniana en Formación Patagonia (Paredes 2002), Formación Magallanes (Vittore 2021), Formación Centinela (Cobos *et al.* 2009), Formación Man Aike (Panza 2005), entre otras.

UBICACIÓN

La Formación Salamanca (Fig. 2) cubre un área aproximada de 30.000 km² en el sector este de la provincia de Chubut y nordeste de Santa Cruz (Castro *et al.* 2010). Se compone mayormente por areniscas litorales, pelitas de plataforma, con un espesor máximo de hasta 300 m en el subsuelo de la CGSJ y calizas en los bordes de cuenca de menor espesor (Foix *et al.* 2015, Foix *et al.* 2022b).

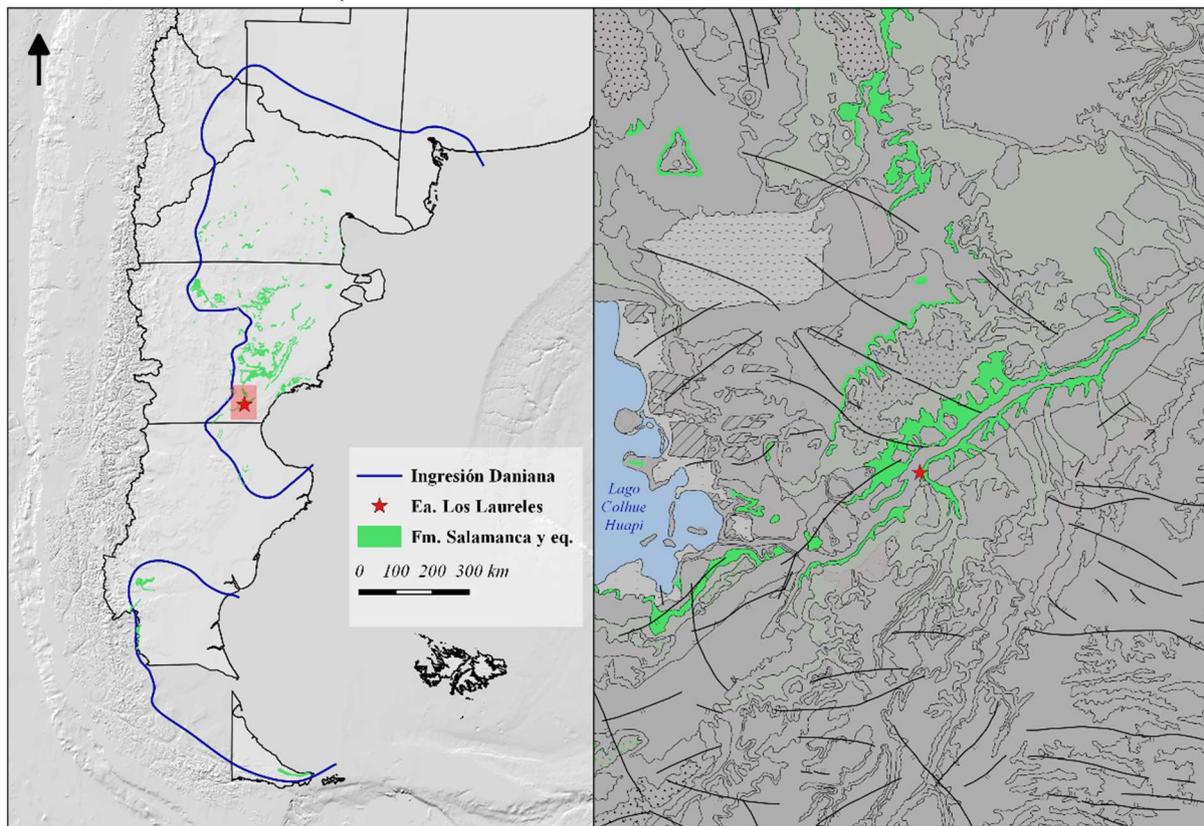


Figura 2: Izquierda, límites de la ingesión marina Maastrichtiana-Daniana (Malumián 1999) y afloramientos equivalentes a la Formación Salamanca. Derecha, Hoja Geológica Escalante 4569 IV con los afloramientos de la Formación Salamanca resaltados (Sciutto *et al.* 2008), la estrella roja indica la ubicación de la estancia Los Laureles, área que presenta bancos de glauconías con potencia promedio de 15 m y 2,5 % de K₂O (Castro y Soreda 2009).

DESCRIPCIÓN DE LA MANIFESTACIÓN

La sección superior de la Formación Salamanca, donde se expone el “banco verde” (Feruglio 1949) presenta niveles con glauconía (Figura 3), que afloran intermitentemente dentro de una faja de 5.300 km² en niveles superficiales y subsuperficiales. La potencia promedio es de unos 15 m, con un contenido de corte de 2,5 % de K₂O, que representa 2.800 Mt de recursos inferidos (Castro y Soreda 2009).

En inmediaciones de la estancia Los Laureles (45°33′40″S, 68°13′40″O) se han realizado muestreos, ensayos para la evaluación de niveles con glauconía, separación magnética y evaluación del potencial como fuente de fertilizante potásico alternativo al cloruro de potasio (Castro y Tourn 2003, Castro y Soreda 2009, Castro *et al.* 2008, 2010, Garaventa *et al.* 2010, Franzosi *et al.* 2014).

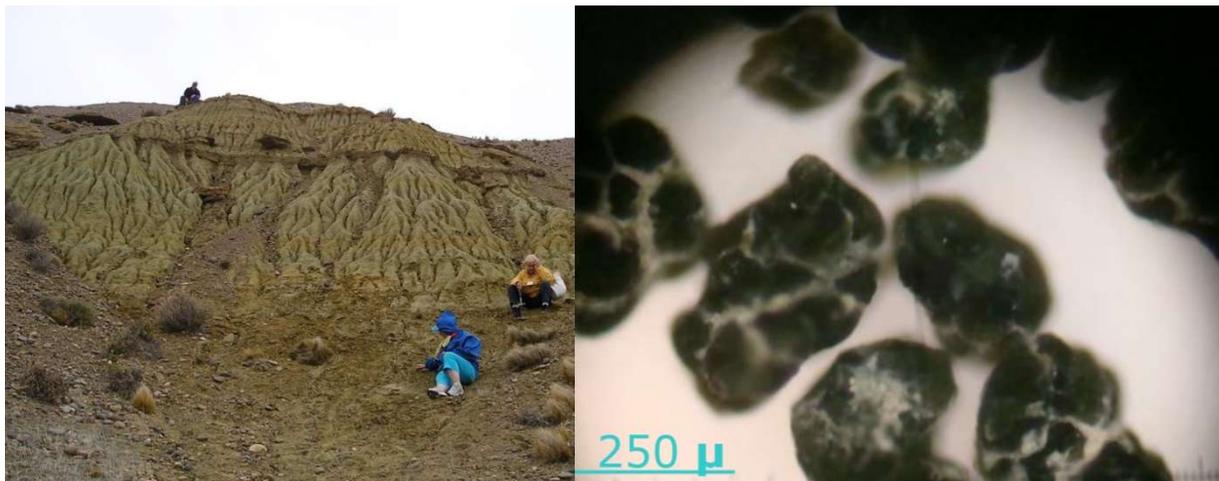


Figura 3: Izquierda, fotografía de afloramiento de la Formación Salamanca en la estancia Los Laureles. Derecha, micrografía de pellets de glauconía. Fotografías tomadas de Castro *et al.* (2019)

Las muestras pobremente consolidadas fueron procesadas por vía húmeda para partículas <62μm, y por vía seca para las fracciones areno gravosas. Se sometieron a análisis mineralógicos y texturales bajo lupa, ensayos químicos de rayos X para la determinación de K₂O y posteriormente ensayos agronómicos, donde se trató por cribado en seco y se obtuvo como resultado que, minerales como silvita y carnalita, solo dieron mejores resultados en los primeros ensayos, mientras que las glauconías muestran un comportamiento de fertilizante de liberación lenta con mayor rendimiento final (Castro *et al.* 2019).

MODELO GENÉTICO

Los minerales del grupo de las glauconitas se forman en sedimentos que han permanecido durante largos períodos en la interfaz entre las condiciones oxidantes y reductoras, en un medio subácuo que permite difusión de iones en los poros (Odin y Matter 1981, Glenn y Arthur 1990). Tanto la glauconita mineral como la facies de glauconía son vinculadas casi exclusivamente con la formación de rocas sedimentarias marinas, pero se las ha reportado en depósitos lacustres y zonas aluviales (McRae 1972, Dasgupta *et al.* 1990, Triat *et al.* 1976, Odin y Rex 1982, Huggett y Cuadros 2010).

La presencia en sustratos de areniscas (medio ácido) y carbonatos (medio básico) indica que el pH no tiene gran importancia en su formación (Velde 2014). Es por esto que presentan edades comprendidas entre el Precámbrico y la actualidad (Odin y Matter 1981). Sin embargo, la glauconita mineral es considerada un producto de la autigénesis (Heald 1950, Odin y Matter 1981, Huggett 2005). Así, la variedad autógena de la glauconita mineral (Fischer 1990) se ajusta a las condiciones ambientales o paleoambientales asociadas a secciones condensadas de sedimentos, que va desde la plataforma interior hasta el fondo marino abisal.

La presencia de glauconitas autógenas indica que el ambiente marino de depositación es pobre en oxígeno y rico en nutrientes, mientras que la presencia de glauconitas retrabajadas indica que los sedimentos han sido transportados desde una región distante y que el ambiente de depositación actual podría ser diferente al original (Amorosi 1995). Además, la presencia de glauconitas autógenas puede indicar que el sedimento es más joven que los sedimentos circundantes, ya que la glauconitización es un proceso que ocurre relativamente rápido en términos geológico (Odin y Matter 1981).

Los sedimentos condensados conforman estratos de poco espesor y representan periodos de tiempo extensos (Föllmi 2016 y citas ahí referidas). Es por este motivo que las facies de glauconía son empleadas en dataciones radiométricas (Fischer y Gygi 1987, Amorosi 1997, Velde 2014), en identificación de superficies de máxima inundación en estratigrafía secuencial (Amorosi 1995, 1997, Cattaneo y Steel 2003), y conforman un importante entrapamiento de hierro en arcillas verdes, parte del ciclo de hierro marino (Baldermann *et al.* 2015).

DISCUSIÓN

En este trabajo de revisión de glauconías se destaca la potencialidad de la de la Formación Salamanca, compuesta principalmente por areniscas y fangolitas poco consolidadas, que conforman estratos ricos en potasio y que se sumarían a la oferta de minerales, rocas industriales y rocas de aplicación vinculadas a la ingresión marina Daniana, como caolín, yeso, arenas silíceas y bentonita.

En otra instancia, se debe destacar que la primera ingresión del Atlántico coincide temporalmente con el límite Cretácico/Paleógeno, y que los depósitos continentales asociados a tal intervalo temporal fueron asociados a la presencia de fosforitas para la Formación Río Chico (Hugo *et al.* 1981) y Formación Lefipán (Fazio *et al.* 2013).

Fazio et al. (2013) analizaron elementos mayores y elementos de tierras raras para un engolfamiento marino en muestras de concreciones de fosfatos autigénicos de la Formación Lefipán, donde se infirió localmente que la glauconía asociada afectó los valores de Mn y K. Estos autores también vinculan la cantidad de glauconita autigénica con una intensa meteorización en continente (evidenciadas por concreciones de Fe-Mn), la proporción de minerales detríticos y autigénicos y el lapso de exposición a la diagénesis temprana.

En la literatura existe un nexo entre las condiciones de formación de glauconita y fosforitas (McRae 1972; Castro y Martínez 1993). La glauconita se origina en ambientes marinos someros con alta carga de nutrientes y baja concentración de oxígeno. Estas condiciones son propicias para la proliferación de organismos marinos que generan materia orgánica, la cual se acumula en el lecho marino y, en presencia de bacterias, se descompone, liberando fosfatos. Los fosfatos, junto con otros elementos y el potasio, son incorporados por los cristales de glauconita en desarrollo, lo que conduce a la formación de nódulos de fosforita en el mismo ambiente (Odin 1981; Chafetz y Reid 2000; Hiat *et al.* 2001).

Por lo tanto, el estudio de la ingresión daniana con foco en la discriminación entre glauconías autógenas versus glauconías retrabajadas podría brindar información clave para el reconocimiento de sedimentos condensados *in situ*. La caracterización de la estratigrafía en el límite cretácico/paleógeno proporcionaría información sobre las condiciones hidrodinámicas e hidroquímicas, ecología, batimetría, nivel del mar, actividad tectónica, actividad volcánica y condiciones oceanográficas; lo que otorga un marco importante para la génesis de minerales autógenos y elementos asociados, como fosforitas, sideritas, oxi-hidróxidos de Fe y Mn, anomalías de tierras raras, calizas, entre los más importantes (Roelandts 1987, Ostwald y Bolton 1992, Jarrar et al. 2000, Pirajno 2009, Cattaneo y Steel 2003, Föllmi 2016).

CONCLUSIONES

La Formación Salamanca junto con las unidades análogas y coetáneas a la ingresión marina del Maastrichtiano-Daniano son reconocidas como una fuente potencial de potasio para la región Patagónica. El estudio de la ingresión daniana con foco en la discriminación entre glauconías autógenas versus glauconías retrabajadas podría brindar información clave para el reconocimiento de sedimentos condensados *in situ*. Además, la relevancia de esta información otorga un marco para la génesis de minerales autógenos y elementos asociados como fosforitas, sideritas, oxi-hidróxidos de Fe y Mn, anomalías de tierras raras, calizas, entre otros.

El valor comercial de la glauconita está relacionado directamente a su contenido de potasio, que particularmente presenta una liberación lenta muy útil en suelos de textura pobre, lo que protege el K de la lixiviación y de la posible contaminación de las aguas subterráneas y resulta una ventaja en términos de su aplicación en comparación con otros fertilizantes.

Asimismo, la creación de una nueva industria basada en la glauconita contribuiría a la incorporación de recursos de potasio para la República Argentina.

TRABAJOS CITADOS EN EL TEXTO

Ameghino, C. 1890. Exploraciones geológicas en la Patagonia. Boletín del Instituto Geográfico Argentino 11(1): 2-46, Buenos Aires.

Amorosi, A. 1995. Glaucony and sequence stratigraphy: A conceptual framework of distribution in siliciclastic sequences. *Journal of Sedimentary Research*, 65:419–425.

Amorosi, A. 1997. Detecting compositional spatial and temporal attributes of Glaucony: A tool for provenance research. *Sedimentary Geology Journal*, 109:35–153.

Amorosi, A., Sammartino, I., Tateo, F. 2007. Evolution patterns of glaucony maturity: A mineralogical and geochemical approach. *Deep Sea Research. Part II* 2007, 54:1364–1374.

Andreis, R.R., Mazzoni, M.M., Spalletti, L.A. 1973. Geología y sedimentología del cerro Bororó, prov. del Chubut. 5° Congreso Geológico Argentino, Actas 3: 21-55.

Bailey, S.W. 1980. Summary of recommendations of AIPEA nomenclature committee on clay minerals. *American Mineralogist* 1980, 65:1–7.

Baldermann, A., Warr, L. N., Letofsky-Papst, I., Mavromatis, V. 2015. Substantial iron sequestration during green-clay authigenesis in modern deep-sea sediments. *Nature Geoscience*, 8(11):885-889. <https://doi.org/10.1038/ngeo2542>

Boyer, P. S., Guinness, E. A., Lynch-Blosse, M. A., Stolzman, R. A. 1977. Greensand fecal pellets from New Jersey. *Journal of sedimentary Petrology* 47:267-280.

Camacho, H.H. 1992. Algunas consideraciones acerca de la transgresión marina paleocena en la Argentina. *Miscelánea de la Academia Nacional de Ciencias* 85: 1-41, Córdoba.

Castro, L. y Martínez G. 1993. Authigenic minerals of Salamanca Formation, cerro Tortuga, Patagonia, Argentina. *Concepts and controversies in phosphogenesis (IGCP 325). Correlation with Phosphorites and associated authigenic minerals*: 12 p.

Castro, L. N., Fazio, A. M., Scasso, R. A., Tourn, S., Soreda, M. E. 2008. Potential potassium deposits in Patagonia. Southeast of Argentina. *Bulletin of the Tethys Geological Society (Bull. T.G.S.)*. Proceeding of Third International Conference on the Geology of the Tethys, 3:275–280.

Castro, L. N., Scasso, R. A., Branzini, A., Zubillaga, M. S., Fazio, A. M., Tourn, S. M., *et al.* 2010. Los niveles glauconíticos de la Formación Salamanca. Chubut: su efectividad agronómica como fuente alternativa de fertilizante potásico de liberación controlada. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 66(3), 391–398.

Castro, L. N., Soreda, M. E. 2009. Niveles glauconíticos de la Formación Salamanca, Paleoceno inferior de la cuenca del Golfo de San Jorge, provincias de Chubut y Santa Cruz. IX Congreso Argentino de Geología Económica (San Fernando del Valle de Catamarca), Actas: 115-120.

Castro, L., Tourn, S. 2003. Direct application of phosphate rocks and glauconite as alternative sources of fertilizer in Argentina. SUM 21 special issue of Exploration and Mining Geology on sustainable development in the minerals industry. Geological Society of Canadian Institute of Mining. Metallurgy and Petroleum, 12:72–79.

Castro, L., Fazio, A., Scasso, R., Soreda, M. 2018. Potential potassium deposits in Patagonia, southeast of Argentina.

https://www.researchgate.net/publication/322797683_POTENTIAL_POTASSIUM_DEPOSITS_IN_PATAGONIA_SOUTHEAST_OF_ARGENTINA/citations

Cattaneo, A., Steel, R. J. 2003. Transgressive deposits: A review of their variability. Earth-Science Reviews, 62(3):187-228. [https://doi.org/10.1016/S0012-8252\(02\)00134-4](https://doi.org/10.1016/S0012-8252(02)00134-4)

Chafetz H.S. y Reid, A. 2000. Syndepositional shallow-water precipitation of glauconitic minerals. Sedimentary Geology 136, 29–42

Clyde, W.C., Wilf, P., Iglesias, A., Slingerland, R.L., Barnum, T., Bijl, P.K., Bralower, T.J., Brinkhuis, H., Comer, E.E., Huber, B.T., Ibañez-Mejía, M., Jicha, B.R., Krause, M., Schueth, J.D., Singer, B.S., Raigemborn, M.S., Schmitz, M.D., Sluijs, A., Zamaloa, M.C. 2014. New age constraints for the Salamanca Formation and lower Río Chico Group in the western San Jorge Basin, Patagonia, Argentina: implications for K/Pg extinction recovery and land mammal age correlations. Geological Society of America Bulletin 126: 289-306. <https://doi.org/1:10.1130/B30915.1>.

Cobos, J.C., Anselmi G., Panza J.L., 2009. Hoja Geológica 4972-IV, Tres Lagos (escala 1:250.000), provincia de Santa Cruz. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín N° 340: 1-94. Buenos Aires.

Cook, G.H., 1868. Geology of New Jersey. Board of Managers, State Geological Survey, Newark, N.J., 900 pp.

Dasgupta, S., Chaudhuri, A.K., Fukuoka, M., 1990. Compositional characteristics of glauconitic alterations of K-feldspar from India and their implications. Journal of Sedimentary. Petrology., 60: 277-281.

Fazio, A. M., Castro, L. N., Scasso, R. A. 2013. Geoquímica de tierras raras y fosfogénesis en un engolfamiento marino del Cretácico Tardío-Paleoceno de Patagonia, Provincia de Chubut, Argentina. Revista Mexicana de Ciencias Geológicas 30(3):582-600. Redalyc, <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=57228967009>

Feininger, T. 2013. An Introduction to the Rock-Forming Minerals (third edition). The Canadian Mineralogist, 51(4): 663-664. <https://doi.org/10.3749/canmin.51.4.663>

Feruglio, E. 1929. Apuntes sobre la constitución geológica de la región del Golfo de San Jorge, Boletín de Informaciones Petroleras 63: 925- 1025, Buenos Aires.

Feruglio, E. 1949. Descripción Geológica de la Patagonia. Yacimientos Petrolíferos Fiscales, Vol. 1: 334 pp. Buenos Aires

Fischer, H., Gygi, R.A. 1987. Glauconite K-Ar dating of Ammonite subzones in an Oxfordian succession. Northern Switzerland. Abstract. Terra Cognita, 7(2–3):329

Fischer, H., 1990. Glauconite formation: discussion of the terms authigenic, perigenic, allogenic, and meta-allogenic. *Eclogae Geologicae Helvetiae*, 83: 1-6.

Foix, N., Paredes, J.M., Giacosa, R.E., Allard, J.O. 2015. Arquitectura estratigráfica del Paleoceno en el flanco norte de la cuenca del Golfo San Jorge, Patagonia central. *Revista de la Asociación Geológica Argentina* 72 (1): 96-106.

Foix, N., Krause, M., Bellosi, E., Raigemborn, M. S. 2022a. Sedimentitas paleógenas y neógenas del margen atlántico. En Giacosa, R. (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut*. XXI Congreso Geológico Argentino (Puerto Madryn), Relatorio B16: 489-521.

Foix, N., Paredes, J.M., Allard, J.O., Giacosa, R.E., González P. D. 2022b. Calizas sustrato-controladas de la Formación Salamanca, cuenca del Golfo San Jorge (Chubut, Argentina): un modelo predictivo regional para la Patagonia extrandina. 21° Congreso Geológico Argentino, Actas XV: 1529-1530.

Föllmi, K. B. 2016. Sedimentary condensation. *Earth-Science Reviews*, 152:143-180. <https://doi.org/10.1016/j.earscirev.2015.11.016>

Franzosi, C., Castro, L. N., Celeda, A. M. 2014. Technical Evaluation of Glauconies as Alternative Potassium Fertilizer from the Salamanca Formation, Patagonia, Southwest Argentina. *Natural Resources Research*, 23(3): 311-320. <https://doi.org/10.1007/s11053-014-9232-1>

Frenquelli, J. 1930. Nomenclatura estratigráfica patagónica. *Anales de la Sociedad Científica de Santa Fe* 3: 1-117.

Garaventa, L., del Dago, E., Castro, L. Celeda, A. M. 2010. Posibilidades del aprovechamiento de glauconitas como agromineral de liberación controlada de potasio. 10ª Jornadas Argentinas de Tratamiento de Minerales (Salta), Actas (formato CD).

Glenn, C. R., Arthur, M. A. 1990. Anatomy and origin of a Cretaceous phosphorite-greensand giant, Egypt. *Sedimentology*, 37(1): 123-154. <https://doi.org/10.1111/j.1365-3091.1990.tb01986.x>

Giacosa R. E., Hernando I. N., Gozálvez, M. 2022. Minerales y rocas industriales y rocas de aplicación. En Giacosa, R. (Ed.). *Geología y Recursos Naturales de la Provincia del Chubut*. XXI Congreso Geológico Argentino (Puerto Madryn), Relatorio G2: 1530-1549.

Hamed, M., Abdelhafez, A. A. 2020. Application of Glauconite Mineral as Alternative Source of Potassium in Sandy Soils. *Alexandria Science Exchange Journal*, 41(2):181-189. <https://doi.org/10.21608/asejaiqjsae.2020.91326>

Hao, O. J., Tsai, C. M., Huang, C. P. 1987. The removal of metals and ammonium by natural glauconite. *Environment International*, 13(2): 203-212. [https://doi.org/10.1016/0160-4120\(87\)90091-2](https://doi.org/10.1016/0160-4120(87)90091-2)

Heald, M. T. 1950. Authigenesis in West Virginia Sandstones. *The Journal of Geology*, 58(6): 624-633. JSTOR. <https://www.jstor.org>

Hiatt, E., Budd, D.A., 2001. Sedimentary phosphate formation in warm shallow waters: new insights into the palaeoceanography of the Permian Phosphoria Sea from analysis of phosphate oxygen isotopes. *Sediment. Geol.* 145, 119–133.

Huggett J.M. 2005. MINERALS | Glauconites, Editor(s): Richard C. Selley, L. Robin M. Cocks, Ian R. Plimer, Encyclopedia of Geology, Elsevier, Pages 542-548, ISBN 9780123693969, <https://doi.org/10.1016/B0-12-369396-9/00310-5>

Huggett, J. M., Cuadros, J. 2010. Glauconite formation in lacustrine/palaeosoil sediments, Isle of Wight (Hampshire Basin), UK. Clay Minerals 45(1):35-49. Cambridge Core. <https://doi.org/10.1180/claymin.2010.045.1.35>

Hugo C. A., Leanza, H. A., Mastandrea O., Oblitas C. J., 1981. Depósitos fosfáticos continentales en la formación río Chico (Terciario inferior), Provincia de Chubut. VIII Congreso Geológico Argentino (San Luis), Actas IV: 485 – 495.

von Ihering, H. 1903. On the molluscan fauna of the Patagonian Tertiary. Proceedings of the American Philosophical Society 41:132-137.

Jarrar, G., Amireh, B., Zachmann, D., 2000. The major, trace and rare earth element geochemistry of glauconites from the early Cretaceous Kurnub Group of Jordan. Geochemical Journal 34:207–222.

Lapido, O., Page, R. 1979. Relaciones estratigráficas y estructura del bajo de la Tierra Colorada. Provincia del Chubut. VII Congreso Geológico Argentino (Neuquén), Actas I: 299-313.

Lesta, P., Ferello, R. 1972. Región Extraandina del Chubut y norte de Santa Cruz. En Leanza, A.F. (Ed.). Geología Regional Argentina. Academia Nacional de Ciencias, Córdoba: 601- 654.

Malumián, N. 1999. La Sedimentación en la Patagonia Extraandina. En Caminos, R. (Ed.). Geología Argentina. Instituto de Geología y Recursos Minerales, Servicio Geológico Minero Argentino, Anales 29 (18): 557-612.

McRae, S. G. 1972. Glauconite. Earth Science Review, 8 (4): 397-440.

Mumford, A. C., Barringer, J. L., Benzel, W. M., Reilly, P. A., Young, L. Y. 2012. Microbial transformations of arsenic: Mobilization from glauconitic sediments to water. Water Research, 46(9):2859-2868. <https://doi.org/10.1016/j.watres.2012.02.044>

National Academy of Agricultural Sciences (NAAS) 2017. Strategy on Utilization of Glauconite Mineral as Source of Potassium. National Academy of Agricultural Sciences, New Delhi, Strategy Paper No. 6, 12pp.

Odin, G. S., Matter, A. 1981. De glauconiarum origine. Sedimentology, 28 (5):611–641.

Odin, G.S., Fullagar, P.D. 1988. Geological significance of the Glaucony facies. En Odin, G.S. (Ed.), Green Marine Clays. Developments in Sedimentology 45: 295–332. Elsevier

Odin, G.S., Rex, D.C., 1982. K-Ar dating of washed, leached, weathered and reworked glauconies. En Odin, G.S. (Ed.). Numerical Dating in Stratigraphy, pp. 363-385.

Odom, I. E. 1984. Glauconite and celadonite minerals. En: Bailey, S.W. (Ed.), Micas. Reviews in Mineralogy and Geochemistry, Mineralogical Society of America, Washington, DC, pp. , 13:554–572.

Ostwald J. y Bolton B.R. 1992. Glauconite formation as a factor in sedimentary manganese deposit genesis. *Economic Geology* 87:1336–1344.

Panza, J. L., 1998. Hoja Geológica 4769-IV Monumento Natural Bosques Petrificados, provincia de Santa Cruz, escala 1:250.000. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 258, 118pp.

Paredes, J.M. 2002. Asociaciones de facies y correlación de los sedimentos de la Formación Chenque (Oligoceno-Mioceno) de los alrededores de Comodoro Rivadavia, Cuenca del Golfo San Jorge, Argentina. *Revista de la Asociación Argentina de Sedimentología* 9 (1):53-64.

Piatnitzky, A. 1933. Informe preliminar sobre reconocimiento geológico en la región del Río Chubut. YPF (inédito) 21 pp., Buenos Aires.

Pirajno, F. 2009. *Hydrothermal Processes and Mineral Systems*. Springer Netherlands. <https://doi.org/10.1007/978-1-4020-8613-7>

Prakash, S., y Verma, J. P. 2016. Global Perspective of Potash for Fertilizer Production. En V. S. Meena, B. R. Maurya, J. P. Verma, & R. S. Meena (Eds.), *Potassium Solubilizing Microorganisms for Sustainable Agriculture* (pp. 327-331). Springer India. https://doi.org/10.1007/978-81-322-2776-2_23

Roll, A. 1938. Estudio geológico de la zona al sur del curso medio del río Deseado. Boletín de Informaciones Petroleras, 15 (163): 17-83, Buenos Aires.

Roelandts, I. 1987. Determination of nine rare earth elements in eight USGS reference samples and in the ANRT glauconite, GL-O, by sequential inductively coupled argon plasma spectrometry. *Geostandards Newsletter*, 11(1), 49-74. <https://doi.org/10.1111/j.1751-908X.1987.tb00007.x>

Sciutto, J.C., O. Césari Y N. Iantanos 2008. Hoja Geológica 4569-IV, Escalante, provincia del Chubut. Instituto de Geología y Recursos Minerales. Servicio Geológico Minero Argentino, Boletín 351, 76 p. Buenos Aires.

Simpson, G.G. 1933. Stratigraphic nomenclature of the Early Tertiary of central Patagonia: *American Museum Novitates* 644: 1-13.

Simpson, G.G. 1941. The eogene of Patagonia. *American Museum of Natural History, Novitates* 1120: 1-15.

Shekhar, S., Sinha, S., Mishra, D., Agrawal, A., Sahu, K. K. 2020. A sustainable process for recovery of potash fertilizer from glauconite through simultaneous production of pigment grade red oxide. *Sustainable Materials and Technologies*, 23, e00129. <https://doi.org/10.1016/j.susmat.2019.e00129>

Stille, P. y Clauer, N. 1994. The process of glauconitization: chemical and isotopic evidence, *Contrib. Mineral. Petrol.* 117 253–262.

Triat, J. M., Odin, G. S. and Hunziker, J. C., 1976. Glauconies cretacees remaniees dans le Paleogene continental du bassin d'Apt et Valreas. *Bull. Soc. Geol. Fr.*, 6: 1671-1676.

Valdez S. K., Abregu B. A., Orce A., Kwok L. H. 2020. Alternatives for the Production of Potassium Fertilizers in Argentina. *Journal of Agriculture Science and Food Research*. 11: 270. <https://doi.org/10.35248/2593-9173.19.10.270>

Velde, B. y Odin, G.S. 1975. Further information related to the origin of glauconite. *Clays and Clay Minerals* 23, 376–381.

Velde, B. 2014. 9.12—Green Clay Minerals. En H. D. Holland & K. K. Turekian (Eds.), *Treatise on Geochemistry* (Second Edition) (pp. 351-364). Elsevier. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-095975-7.00712-9>

Vittore, S. 2021. Análisis petrográfico y procedencia de las areniscas líticas glauconíticas de la Formación Magallanes inferior en el sector central de la cuenca austral, sur de Santa Cruz. Trabajo final de Licenciatura en Geología. Río Negro: Universidad Nacional de Río Negro.

Windhausen, A. 1924. Líneas generales de la constitución geológica de la región situada al oeste del Golfo San Jorge. *Boletín de la Academia Nacional de Ciencias de Córdoba* 27: 167- 320, Córdoba.

Rondinone G., De Salvo C. P., Salazar L., Muñoz G. 2022, 21 de abril. ¿Cómo la guerra entre Rusia y Ucrania puede llegar hasta tu mesa? Blog Hablemos de Sostenibilidad y Cambio Climático. <https://blogs.iadb.org/sostenibilidad/es/como-el-conflicto-entre-ucrania-y-rusia-puede-llegar-hasta-tu-mesa/>