

## Mineral espodumeno en pegmatitas litíferas de la Sierra de Ancasti, Catamarca

Silvana MARANGONE<sup>1,2</sup>, Fernando G. SARDI<sup>1</sup>

**Abstract:** *SPODUMENE MINERAL IN LITHIUM-BEARING PEGMATITES OF THE SIERRA DE ANCASTI, CATAMARCA PROVINCE.* The Sierra de Ancasti is predominantly made up of metamorphic rocks intruded by small plutons and stocks of varying composition and age. The pegmatites are distributed from north to south along the Sierra forming four groups: Unquillos, Coyagasta, and Corpus Yaco Group, Villismán Group, El Taco Group, and Santa Bárbara Group. They are tabular or lenticular bodies that are found intruding metamorphics and, to a lesser extent, plutonic rocks, with which they are associated with a late phase of the granitic intrusion. They are zoned and enriched mainly in lithium whose mineralization consist mainly in spodumene. Spodumene is a pyroxenoid with a diopside-like structure forming euhedral prismatic crystals. It is an easily altered mineral. When fresh or very slightly altered, it is hard, greyish-white, or light grey-green in color and silky luster, in the hand specimen. In this work, the mineralogical and geochemical characteristics of the mineral spodumene were studied in pegmatites within the Villismán, Reflejos del Mar, and La Culpable pegmatites, and in the El Taco, Ipizca II, and Santa Gertrudis pegmatites. The spodumene of these pegmatites corresponds to a primary mineral, very pure and fresh in some cases. It presents a green color in its fresh state and white with a friable texture in its high-altered state. In some cases, the lithium content in the ore-mineral is very high (>5% Li<sub>2</sub>O), and in others, the lithium content is lower. In the latter case, the spodumene is transformed into clay minerals such as kaolinite, chlorite, and smectite.

**Resumen:** La sierra de Ancasti está formada predominantemente por rocas metamórficas intruidas por pequeños plutones y stocks de composición variada y edades diferentes. Las pegmatitas se distribuyen de norte a sur a lo largo de la sierra conformando cuatro grupos: Grupo Unquillos, Coyagasta y Corpus Yaco, Grupo Villismán, Grupo El Taco y Grupo Santa Bárbara. En su mayoría, son cuerpos tabulares o lenticulares e intruyen a las metamorfitas del basamento de la sierra y, en menor medida, a las rocas plutónicas, a las que se asocian como fase póstuma. Las pegmatitas de litio son zonadas y el principal mineral de mena es el espodumeno. El espodumeno es un piroxenoide de estructura similar al diópsido que forma cristales prismáticos euhédricos. Es un mineral fácilmente alterable. Cuando está fresco o muy ligeramente alterado, es duro, de color blanco grisáceo, o verde gris claro y de brillo sedoso, en muestra de mano. El espodumeno de las pegmatitas litíferas de la sierra de Ancasti corresponde a un mineral primario, muy puro y fresco en algunos casos. Presenta un color verde en su estado fresco y blanco con textura friable en su estado alterado. El contenido de litio en mineral es muy alto (>5% Li<sub>2</sub>O) en algunos casos, y en otros el contenido de litio es menor. En este último caso el espodumeno se transforma en minerales de arcilla como la kaolinita, clorita y esmectita.

**Key words:** Spodumene. Sierra de Ancasti. LCT-Pegmatites. Sierras Pampeanas. Pampean Pegmatitic Province.

**Palabras clave:** Espodumeno. Sierra de Ancasti. Pegmatitas LCT. Sierras Pampeanas. Provincia Pegmatítica Pampeana.

<sup>1</sup> INSUGEO (Instituto Superior de Correlación Geológica). CONICET/UNT. Av. Presidente Perón s/n. (4107) Horco Molle-Yerba Buena, Tucumán, Argentina.

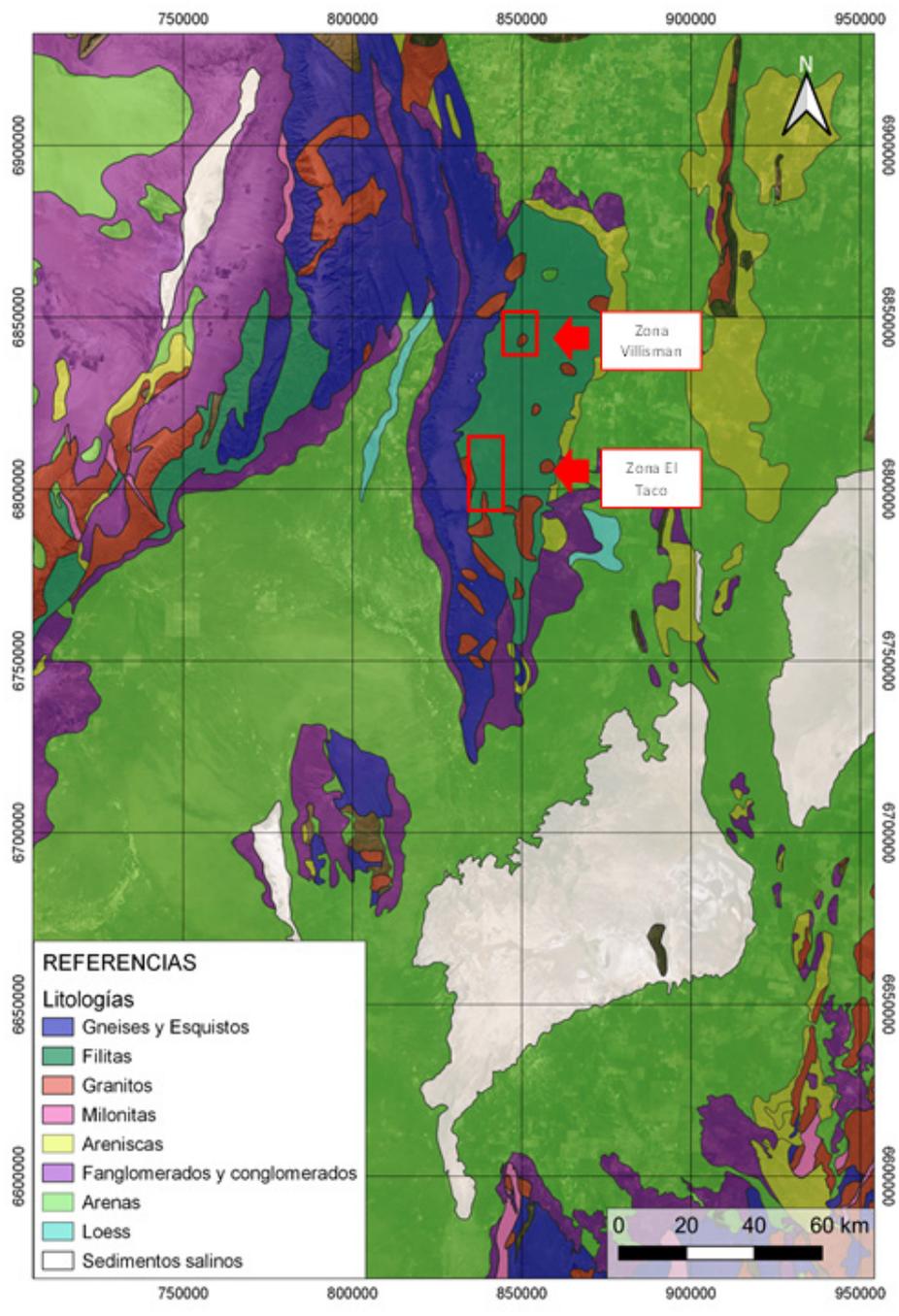
<sup>2</sup> SRK Exploration Limited 12 St. Andrew's Crescent, Cardiff, CF 10 3 DD, Wales, UK.  
E-mail: smarangone@srkexploration.com

## Introducción

La zona de estudio está ubicada en el sector centro-norte y centro de la sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. Las intrusiones de pegmatitas a lo largo de la sierra son muy frecuentes, destacándose los grupos pegmatíticos de Villismán y El Taco (Figura 1) por

contener abundantes cristales de espodumeno, el cual en algunos casos presenta indicios de alteración meteórica.

Las pegmatitas se encuentran principalmente en la larga franja de rumbo norte-sur en el sector oriental de la sierra de Ancasti que se extiende desde los Altos de la Cruz hasta El Chorro, pasando por El Talco, Anquinci-

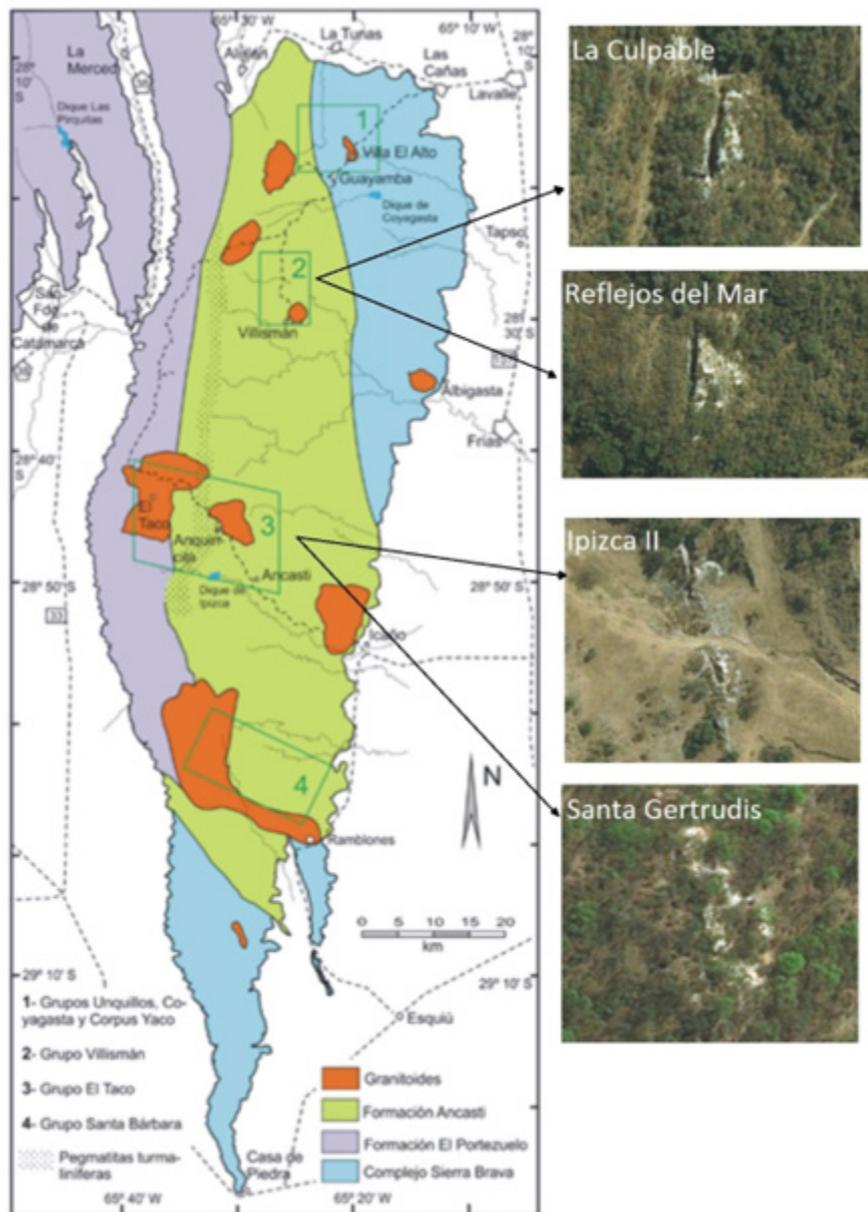


**Figura 1.** Mapa geológico de la sierra de Ancasti, Catamarca. Modificado de Marangone (2022). / **Figure 1.** Geological Map of the Sierra de Ancasti, Catamarca province. Modified from Marangone (2022).

la e Ipizca. El tamaño varía desde decímetros de espesor hasta 150 m, si bien las potencias más frecuentes oscilan entre 2 y 10 m, con engrosamientos locales. Las longitudes máximas son entre 100 a 200 m y hasta los 500 m. La posición más común de los cuerpos es subvertical o con inclinaciones altas. Estas presentan características dentro del grupo de elementos raros, son cuerpos tabulares o lenticulares que se encuentran intruyendo a las metamorfitas y,

en menor medida, a las rocas plutónicas, a las que se asocian como fase póstuma de la intrusión granítica.

En este trabajo se presentarán las características mineralógicas y geoquímicas del mineral espodumeno, como el principal mineral accesorio de litio de las pegmatitas Reflejos del Mar, La culpable, Ipizca II y Santa Gertrudis y el cual constituye la mena de Li de estos cuerpos (Figura 2).



**Figura 2.** Mapa geológico de la Sierra de Ancasti presentando la ubicación de las pegmatitas, Reflejos del Mar y La Culpable en el sector norte e Ipizca II y Santa Gertrudis en el sector central de la sierra (Marangone, 2022).  
 / **Figure 2.** Geological map of the Sierra de Ancasti showing the location of the pegmatites, Reflejos del Mar and La Culpable in the northern sector and Ipizca II and Santa Gertrudis in the central sector of the range (Marangone, 2022).

## Marco Geológico Regional

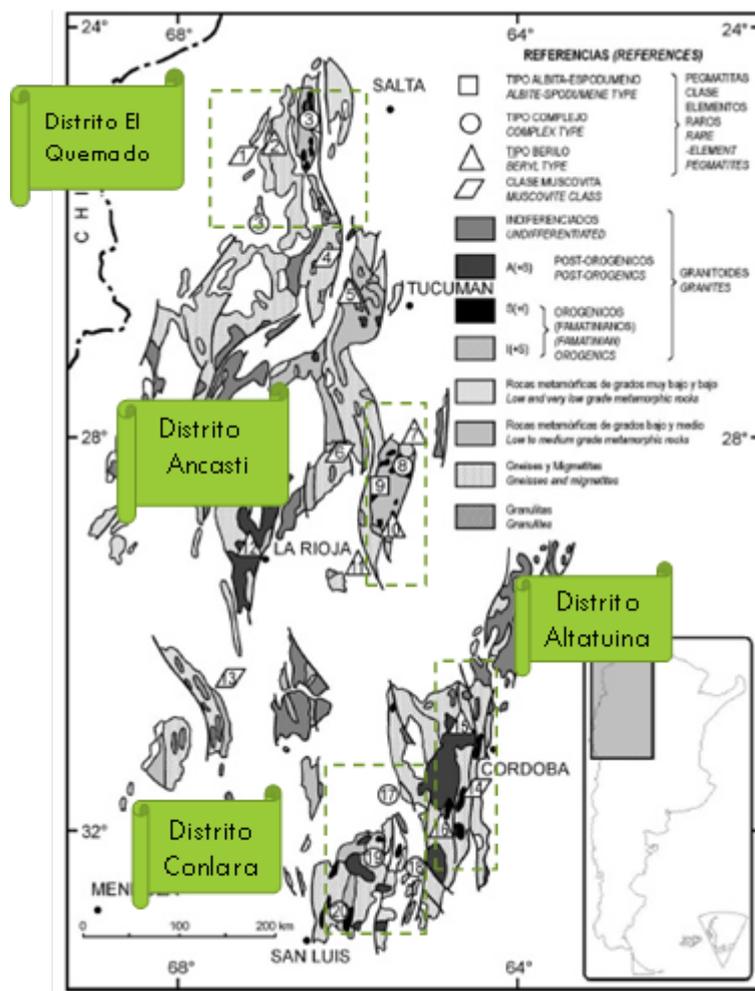
Las Sierras Pampeanas Noroccidentales (Camino, 1979) están constituidas por extensos afloramientos de rocas cristalinas, tanto metamórficas como ígneas, de edad predominantemente paleozoica y de variadas condiciones petrogenéticas (eg., Rapela *et al.*, 2001; Miller y Söllner, 2005).

Galliski (1994 a, b) define la Provincia Pegmatítica Pampeana (Figura 3) en la unidad morfoestructural homónima definiendo diferentes distritos, dentro de las pegmatitas de elementos raros LCT (Li-Cs-Ta, de acuerdo clasificación de Černý, 1991 a y b) están los distritos El Quemado (Salta), Ancasti (Catamarca), Altatuina (Córdoba) y Conlara (San Luis).

## Marco Geológico Local

La sierra de Ancasti está formada predominantemente por rocas metamórficas intruidas por pequeños plutones y stocks de composición variada y edades diferentes. La evolución metamórfica es compleja, la cual incluye más de un episodio de deformación y metamorfismo (y anatexis), aunque éste habría sido controlado más bien por la temperatura que por la presión (Aceñolaza y Toselli, 1997, 1981; Willner, 1983).

Los cuerpos ígneos poseen composiciones predominantemente graníticas (Toselli *et al.*, 1983), mientras que las rocas de composiciones básicas se encuentran en contados afloramientos de reducidas dimensiones. El magmatismo tuvo lugar entre el Cámbrico superior hasta el Carbonífero infe-



**Figura 3.** Esquema geológico de la Provincia Pegmatítica Pampeana. Modificado de Galliski (1994). / **Figure 3.** Geological schem of the Pampean Pegmatitic Province. Modified from Galliski (1994).

rior de acuerdo con dataciones radimétricas Rb-Sr realizadas por Toselli *et al.* (1983) y tuvo un climax durante el Ordovícico (Knüver, 1983). En este trabajo se estudiaron las pegmatitas correspondientes a los grupos Villismán y El Taco.

Lottner (1986) reconoce pegmatitas que intruyen a los granitos mencionados. Las pegmatitas, generalmente zonadas, son portadoras de espodumeno, las cuales han sido explotadas en el pasado. La mineralogía compilada por Galliski (1994 a, b) para el distrito Ancasti incluye feldespato potásico, cuarzo y plagioclasa como minerales esenciales y muscovita, biotita, berilo, granate, espodumeno, turmalina, triplita, trifilina-litiofilita, ambligonita-montebrasita, apatito y circón como minerales accesorios.

### Pegmatitas Litíferas en Sierra de Ancasti

Las pegmatitas de la sierra se distribuyen en cuatro grupos que se extienden de norte a sur, estos son: Grupo Unquillos, Coyagasta y Corpus

Yaco, Grupo Villismán, Grupo El Taco y Grupo Santa Bárbara. La mineralización de litio se encuentra principalmente en las pegmatitas del grupo Villismán y El Taco. Estas poseen un tamaño promedio de longitud entre 150 m y 200 m, pero en algunos casos puede llegar a 1 km, como es el caso de Loma Pelada que se encuentra dentro del grupo Villismán. Son generalmente diques que cortan la esquistosidad de la roca de caja con una inclinación casi vertical. Sus contactos con la roca de caja son por lo general neto, bien definidos, si bien en pocos casos son algo difusos y transicionales. En muchos casos suelen emitir apófisis y venas delgadas que inyectan a la roca de caja y producen turmalinización en el borde de la pegmatita y la roca de caja (Figura 4).

Desde el punto de vista petrográfico son pegmatitas zonadas en las cuales se diferencia una zona de borde, una zona intermedia y un núcleo, variando crecientemente el tamaño de sus cristales desde la zona más externa hasta la zona más interna.



**Figura 4.** Fotografía del borde de pegmatita Reflejos del Mar, Catamarca. / **Figure 4.** Photograph of the Reflejos del Mar pegmatite rim, Catamarca.

### i. Pegmatitas del Grupo Villismán

El grupo pegmatítico Villismán se encuentra localizado en la localidad que lleva su mismo nombre, al centro-norte de la sierra (Figura 5). En el mismo se encuentran varias pegmatitas entre ellas, La Culpable, Reflejos del Mar, Campo del Abra, La Joyita, El Infierno, Loma Pelada y La Herrumburada. Cercano a las mismas aflora el granito Villismán, el cual es un sienogranito peraluminoso del Tipo S (Marangone *et al.*, 2020). En este trabajo se analizaron las pegmatitas Reflejos del Mar y La Culpable (Figura 6). El acceso a las pegmatitas se conecta por la misma traza minera, originalmente construida para la explotación de ambas pegmatitas. Se llega a ésta a partir de la ruta provincial N° 6, la cual conecta con la localidad de Villismán y la ruta provincial N° 42.

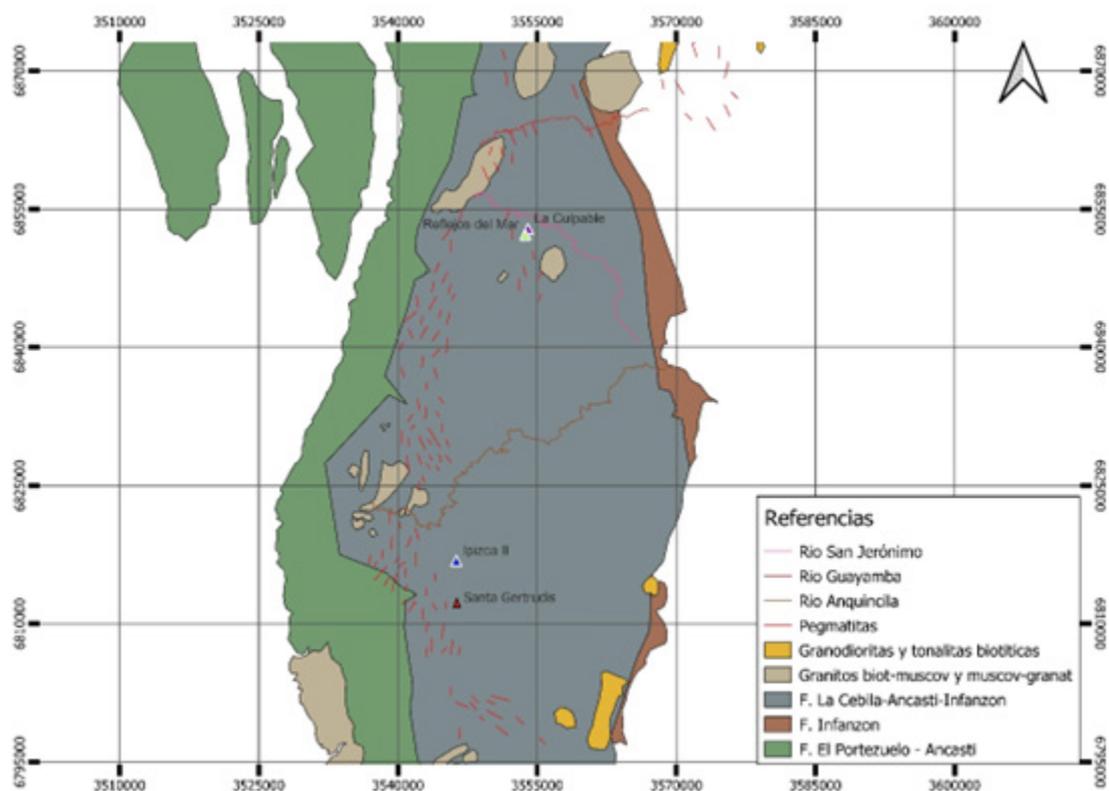
### ii. Pegmatitas del Grupo El Taco

El grupo pegmatítico El Taco se encuentra en el centro-oeste de la sierra de Ancasti,

abarcando parte de la localidad El Taco, Anquincila y Ancasti (Figura 5). Las pegmatitas estudiadas de esta zona son, Ipizca II y Santa Gertrudis. Estas son un poco diferentes a las pegmatitas de Villismán, si bien también poseen espodumeno como principal mineral de litio, la muscovita se presenta de forma abundante y en paquetes grandes que varían de pocos centímetros hasta de 50 cm de espesor, el feldespato K (microclino) también es abundante y se encuentra de forma dominante a la plagioclasa. Ésta última no se encuentra en su variedad clevelandita como las pegmatitas de Villismán y siempre está asociada al cuarzo y feldespato K.

## Mineral Espodumeno

El Espodumeno es un piroxenoide de estructura similar al diópsido que forma cristales prismáticos euhédricos alargados según (001) y achatados según (100). Comúnmente es de color blanco con brillo nacarado, pero también



**Figura 5.** Mapa geológico de Ancasti con la ubicación de las pegmatitas del grupo Villismán y El Taco. / **Figure 5.** Geological map of Ancasti showing the location of the Villismán Group and El Taco pegmatites.



**Figura 6.** Fotografía tomada en pegmatita La Culpable en la provincia de Catamarca, donde se observa minerales de espodumeno en diferentes direcciones y con diferentes tamaños, pero no superan los 50 cm de largo. / **Figure 6.** Photograph of the La Culpable pegmatite in Catamarca province, showing spodumene minerals in different directions and with different sizes, but not exceeding 50 cm in length.

se presenta transparente, gris, verde, amarillo, rosado, etc. Se distinguen tres variedades que pueden ser gemas: Hiddenita o variedad verde esmeralda, Trifana o variedad amarilla y la Kunzita o variedad rosa. Frecuentemente presenta contenidos variables de Na, K y Fe (hasta un 2%), que pueden ser más altos en minerales de generación más temprana (Gallego Garrido, 1992). El tamaño varía de pocos centímetros de largo (Figura 6) y puede llegar hasta 2 a 3 metros en algunos casos excepcionales, como lo es por ejemplo en mina Géminis, provincia de San Luis (Figura 7).

Es un mineral fácilmente alterable. Cuando está fresco o muy ligeramente alterado, es duro, de color blanco grisáceo, o verde gris claro y de brillo sedoso, en muestra de mano. Se presentan dos tipos de alteraciones, una temprana, la cual es el resultado de reacciones de los fluidos pegmatíticos residuales con el subsolidus generándose un metasomatismo, y otra tardía producida principalmente por el agua meteórica que genera una

transformación gradual del mineral a minerales de arcilla (London, 2008).

En las pegmatitas estudiadas el espodumeno en muestra de mano se encuentra en sus dos formas: fresco con un color verdoso y transparente, y alterado con un color blanco y de aspecto terroso y friable que se desintegra con el tacto (Figura 8 y 9). La alteración es producto de procesos secundarios producidos por agentes meteorológicos, esto se debe a la exposición del mineral en superficie, disminuyendo en profundidad.

Microscópicamente, el mineral presenta las siguientes características de acuerdo con Gallego Garrido (1992).

- Forma: generalmente, cristales incluidos, de forma de piroxeno, con hábito prismático corto. Por lo común, hipidiomórfico con alargamiento paralelo a [001]. Cristales generalmente muy grandes, con figuras de corrosión en los extremos y en la superficie de las caras.

- Relieve: moderado/alto (+).



**Figura 7.** Fotografía de pegmatita Géminis de la provincia de San Luis, donde se observan cristales gigantes de espodumeno que en algunos casos alcanzan a los 3 m de largo y 1 m de ancho. / **Figure 7.** Photograph of Geminis pegmatite from San Luis province, showing giant spodumene crystals that in some cases were up to 3 m long and 1 m wide.

- Color: incoloro, aspecto grisáceo.
- Pleocroísmo: Generalmente nulo.
- Exfoliación:  $\{110\}$  perfecta típica de piroxeno, en sección basal se aprecian dos sistemas intersectándose según un rombo abierto casi cuadrado, en sección longitudinal solo se aprecia un sistema paralelo al alargamiento  $[001]$ .

- Alteración: eucryptita (ésta a su vez a cymatolita, mezcla de albita y muscovita); killinita, mezcla de lepidolita y moscovita lítica. También cuarzo, caolinita, bikitaíta y cookeíta.

- Colores de interferencia: hasta la mitad del segundo orden.

- Maclas: polisintética  $\{100\}$  común.
- Zonación: no
- Enlongación: positiva (+).
- Figura de interferencia: Biáxica.
- Signo óptico: (+)

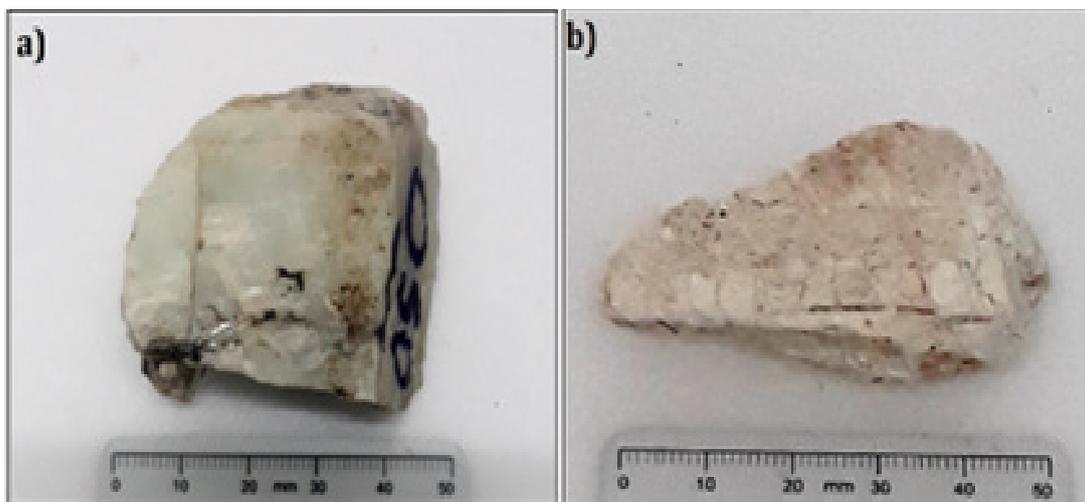
- Yacimiento: en pegmatitas graníticas evolucionadas, con lepidolita, elbaíta y fosfatos de Li. Agregados de cuarzo-espodumeno pue-

den reemplazar petalita.

- Diferencias: se diferencia fácilmente de otros minerales por sus características genéricas de piroxeno, siendo el piroxeno típico de pegmatitas.

### Antecedentes de explotación del mineral en la Sierra de Ancasti

Según Acosta *et al* (1988), el primer registro estadístico de producción de minerales de Litio en la provincia de Catamarca es de 1959, con 4 toneladas extraídas, pero la producción en forma continua solamente se inició en el año 1963, con algunos yacimientos en la sierra de Ancasti, próximos a la localidad de Villismán, Departamento El Alto, como la mina Reflejos de Mar. Éste depósito es el que mayor tonelaje de espodumeno se ha extraído, unas 1000 toneladas en los primeros años de explotación. La mina Juan Carlos, en la misma área, también ha experimentado una explotación superficial, así

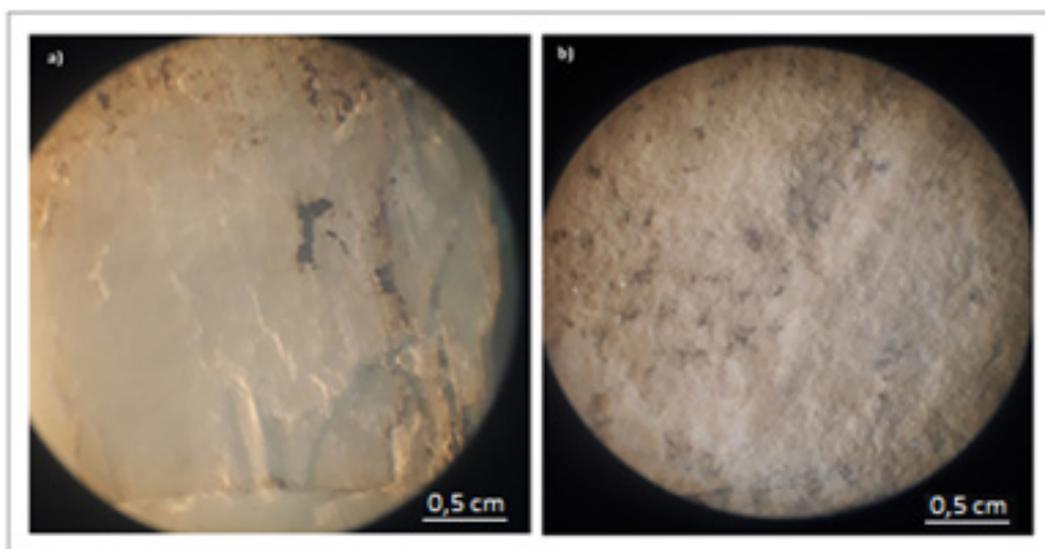


**Figura 8.** Fotografías de mineral espodumeno en muestra de mano. **a-** Corresponde a un mineral fresco de color blanquecino a verdoso correspondiente a pegmatita La Culpable y **b-** Corresponde a un mineral alterado de color blanco y aspecto terroso también de pegmatita Santa Gertrudis. / **Figure 8.** Photographs of spodumene mineral in hand sample. **a-** It corresponds to a fresh mineral of whitish to greenish color corresponding to La Culpable pegmatite and **b-** It corresponds to an altered mineral of white color and earthy aspect also of Santa Gertrudis pegmatite.

como La Culpable, Loma Pelada, La Herrumbra y Campo el Abra.

La producción catamarqueña de minerales de Litio continuó hasta 1970, recomenzando muy lentamente en 1973 y quedando paralizada en 1979. En 1976 y 1977 se alcanzaron

niveles algo más significativos de extracción, concordantes con la mayor producción que hubo en todo el país, en este período estuvieron activas las minas Santa Gertrudis e Ipizca II, próximas a la localidad de Ancasti. Comparando la producción provincial con la pro-



**Figura 9.** Macrofotografías en lupa de cristal de espodumeno de pegmatitas de Sierra de Ancasti. **a-** Superficie fresca del espodumeno cristalina color verde claro y brillo sedoso. **b-** Superficie alterada del espodumeno con aspecto terroso color blanco, con cristales incrustados de muscovita y pátina oscura producida por meteorización e intemperie. / **Figure 9.** Macrophotographs of spodumene crystal from pegmatites of Sierra de Ancasti. **a-** Fresh surface of light green crystalline spodumene with a silky luster. **b-** Altered surface of spodumene with white earthy appearance, with embedded muscovite crystals and dark patina produced by weathering and weathering.

ducción del país, se aprecia que Catamarca ha suministrado algo más del 20% y hasta el 30% del Litio si se considera los años que la provincia mantuvo activos sus yacimientos. Es interesante observar que éstos magros resultados productivos se han alcanzado a pesar de que la provincia cuenta con el 63% de los recursos inferidos totales del país (sólo en pegmatitas). Las tareas de explotación se han llevado de forma manual, con una recuperación en mina estimada en un 15%. Es evidente que en una futura reactivación de la minería del Litio se deberán adecuar las técnicas de explotación, mecanizando las tareas, y utilizar procesos de concentración que tendrán que ser estudiados en laboratorio y planta piloto.

Catamarca cuenta con las mayores reservas identificadas del país, las que asegurarían, mediante una explotación racional, una producción de 200 t mensuales de concentrados de espodumeno con ley de 5.5 %  $\text{Li}_2\text{O}$ , por 25 años (Hoja Geológica 2966-11).

En las tablas 1 y 2 a continuación se resumen los valores de cada pegmatita.

## Resultados

### Geoquímica del Mineral

El Espodumeno ( $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ ) presenta un contenido teórico de 3,73% de Li (8,03% de  $\text{Li}_2\text{O}$ ), pero usualmente contiene entre 2,8-3,5% de Li (6-7,5%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) debido al remplazo parcial de  $\text{Li}^+$  por  $\text{Na}^+$  y  $\text{K}^+$ . Según la alteración (primaria y/o secundaria) presente en el mineral, se puede caracterizar depósitos de alto grado, en el cual el contenido oscila entre 1,35 y 3,56% de Li (2,9-7,7%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) con 0,007-0,03%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  y en depósitos de grado inferior 0,5-1,0% Li (1,0-2,2%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) con 0,61,5%  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (Resentera Beiza, 2018). Los análisis geoquímicos se efectuaron en: el laboratorio Alex Stewart (Mendoza) a partir del método de análisis ICP-MA 39 elementos, este método se basa en el análisis de 39 elementos a partir de la disolución de 0.2g en 4 ácidos: fluorhídrico, perclórico, nítrico y

clorhídrico (digestión total con pérdida parcial por volatilización de As, Cr, Sb y Hg) y se realiza una determinación en ICP-OES Radial; y en el laboratorio ALS minerals (Mendoza) a partir del método ICP-MS.

El mineral de Espodumeno en las pegmatitas de Sierra de Ancasti corresponde a un mineral primario, muy puro y con bajo contenido de hierro. El contenido de litio en el mineral varía según el grado de alteración que presenta, estos valores se pueden ver en la siguiente tabla (Tabla 3).

### Difracción de rayos X

Los análisis correspondientes a difracción de rayos X se efectuaron en el laboratorio DRX GIG (La Plata, Buenos Aires) mediante el método de polvo desorientado para análisis de la mineralogía de muestra total y el método de agregados orientados para análisis de arcillas (fracción natural de 2-37 grados, la glicolada hasta 27 y calcinada hasta 15 grados). La difracción de rayos X es una técnica alternativa para la identificación de minerales, presentando ventajas sobre las técnicas de análisis químico, tanto a nivel de simplicidad para la preparación de las muestras como en la mayor información suministrada. Los análisis químicos requieren de utilización de disolventes, mientras que el método de polvos DRX requiere sólo de la pulverización de la muestra (o en casos también sin este procedimiento). Este método permite encontrar un conjunto de todos los máximos de difracción que constituye una huella de identificación de cada material, logrando una identificación completa de las fases minerales (Bermúdez Polonio, 1981).

A partir de esto, se determinó la presencia de minerales primarios (espodumeno, cuarzo y micas) y secundarios, principalmente arcillas, los cuales serían generados a partir de la meteorización del mineral primario, estos son la caolinita principalmente y en algunas muestras se encontró esmectita y clorita (Figura 10).

Pegmatita	Longitud (m)	Ancho (m)	Profundidad (m)	Estimación del contenido de Spd (%)	Densidad del Spd	Estimación del contenido de Spd (t)
Reflejos de Mar	115	4	15	25	3	5175
La Herrumbrada	117	1,3	15	12	3	821,3
	119	2,15	15	23	3	2648
	41	1,35	15	13	3	323,7
Loma Pelada	227	5,7	15	18	3	10480,5
	137	4,6	15	14	3	3970,2
	108	2,4	15	10	3	1166,4
	185	4,5	15	14	3	5244,7
	78	2,2	15	19	3	1467,1
	322	1,7	15	11	3	2709,6
	179	1,04	15	9	3	753,9
	159	2	15	11	3	1574,1
	124	1,05	15	8	3	468,7
	152	2	15	9	3	1237,2
	53	0,7	15	10	3	166,9
	370	1,35	15	8	3	1798,2
225	2,4	15	9	3	1922,7	
Campo El Abra	240	4	15	24	3	10368
La Culpable	103	4,25	15	25	3,1	5088
Joyita	180	0,80	15	15	3	972
Pampa El Coco	90	0,85	15	20	3	688,5
<b>Total=</b>						<b>59044 t</b>

**Tabla 1.** Estimación del contenido de Spd en pegmatitas del Grupo Villismán según Acosta *et al* (1988). / **Table 1.** *Estimation of Spd content in pegmatites of the Villismán Group according to Acosta et al (1988).*

Pegmatita	Mineral	Longitud (m)	Potencia Max. (m)	Potencia Min. (m)	Potencia Mineralizada	%Mineralización	Tonelaje
Ipizca II	Espodumeno	160	10		5	25	30237,9
Santa Gertrudis	Espodumeno	220	10	4	3	22	14500
Flor Morada	Espodumeno-Berilo	255	15	1	7,5	15	23500
<b>Total= 68237,9 Tn</b>							

**Tabla 2.** Estimación del contenido de Spd en pegmatitas del Grupo El Taco según Acosta *et al* (1988). / **Table 2.** Estimation of Spd content in the El Taco Group pegmatites according to Acosta *et al* (1988).

## Discusión

La Provincia Pegmatítica Pampeana se caracteriza por alojar pegmatitas con mineralización de litio como ser espodumeno, lepidolita, ambligonita y montebrasita. En la sierra de Ancasti el principal mineral de litio es el espodumeno. Este se encuentra en la zona intermedia de las pegmatitas y esta asociado a otros minerales como el cuarzo, feldespato y muscovita. Su presencia indica el alto grado de fraccionamiento

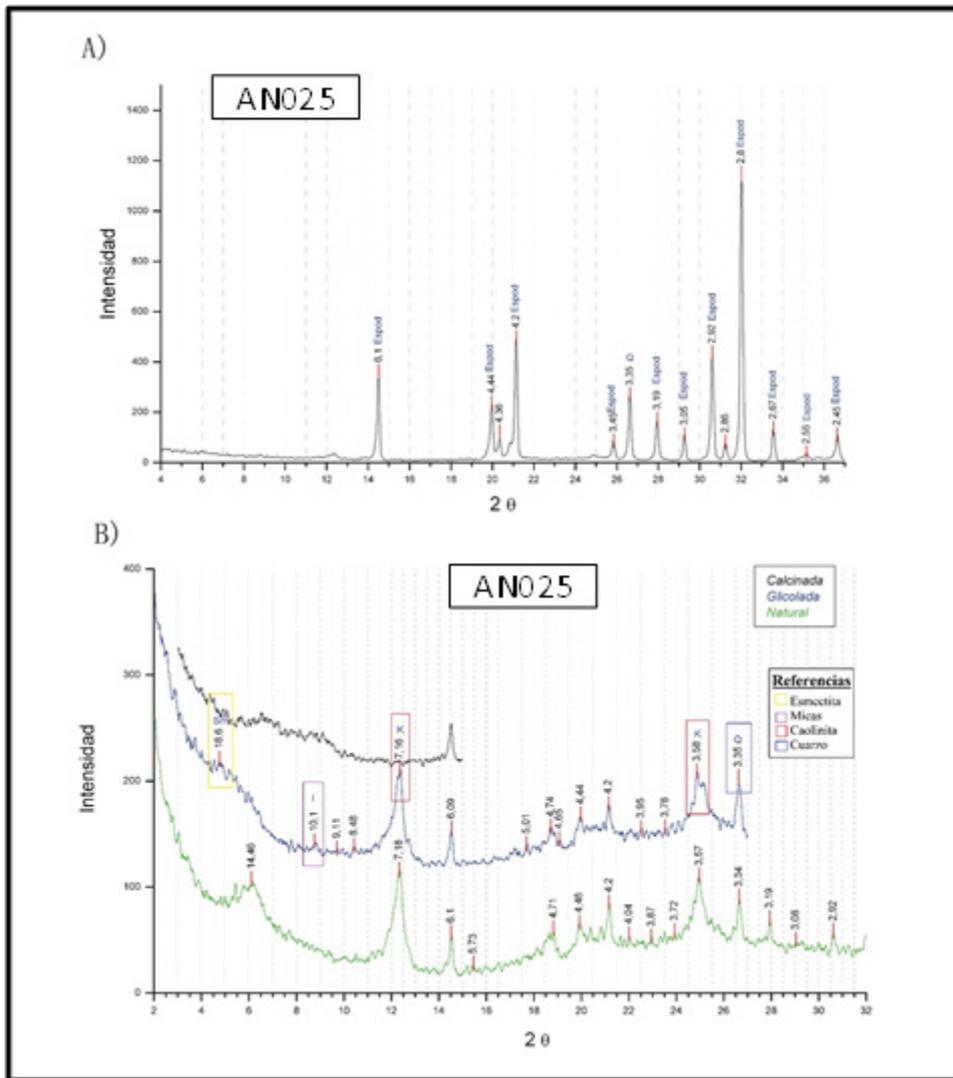
de la roca y la presencia de otros elementos raros que podrían estar presentes como el tantalio, niobio y estroncio.

## Conclusiones

El mineral de espodumeno en las pegmatitas de Sierra de Ancasti, principalmente en las pegmatitas Reflejos del Mar, La Culpable, Ipizca II y Santa Gertrudis corresponde a un mineral primario, en algunos casos, se presenta

Mtra	Provincia	Localidad	Tipo de Roca	Nombre	Li ppm	Li2O ppm	Li2O%
AN001	Catamarca	Villismán	Pegmatita	Reflejos del Mar	+25000	>53825	> 5%
AN002	Catamarca	Villismán	Pegmatita	Reflejos del Mar	+25000	>53825	> 5%
AN003	Catamarca	Villismán	Pegmatita	La Culpable	+25000	>53825	> 5%
AN004	Catamarca	Villismán	Pegmatita	La Culpable	+25000	>53825	> 5%
AN005	Catamarca	Villismán	Pegmatita	La Culpable	+25000	>53825	> 5%
AN006	Catamarca	Villismán	Pegmatita	La Culpable	+25000	>53825	> 5%
AN009	Catamarca	Ancasti	Pegmatita	Santa Gertrudis	+25000	>53825	> 5%
AN025	Catamarca	Ancasti	Pegmatita	Ipizca II	+25000	>53825	> 5%
AN026	Catamarca	Ancasti	Pegmatita	Ipizca II	+25000	>53825	> 5%
AN027	Catamarca	Villismán	Pegmatita	Reflejos del Mar	11950	25728.35	3%
AN028	Catamarca	Villismán	Pegmatita	Reflejos del Mar	8850	19054.05	2%
AN029	Catamarca	Ancasti	Pegmatita	Ipizca II	3730	8030.69	1%
AN030	Catamarca	Ancasti	Pegmatita	Ipizca II	2800	6028.4	1%

**Tabla 3.** Composición geoquímica de litio en minerales de espodumeno en pegmatitas de Sierra de Ancasti. / **Table 3.** Geochemical composition of lithium in spodumene minerals in pegmatites from Sierra de Ancasti.



**Figura 10.** Diagramas DRX en muestras correspondientes a pegmatita Ipizca II a partir de A) muestra total en la cual se determina la presencia de mineral espodumeno y, en B) arcillas en la cual se observa aparición de minerales primarios como cuarzo y micas y minerales secundarios como caolinita y esmectita. / **Figure 10.** XRD diagrams in samples corresponding to Ipizca II pegmatite from A) total sample in which the presence of spodumene mineral is determined and, in B) clays in which the appearance of primary minerals such as quartz and micas and secondary minerals such as kaolinite and smectite is observed.

muy puro de color verde y en otros casos se presenta alterado de color blanco con textura friable en su estado alterado.

La alteración que presenta es secundaria producida por los agentes meteorológicos, principalmente el agua. Esta se reduce con la profundidad, porque el mineral no se encuentra expuesto a estos agentes a diferencia de los que están en superficie.

El contenido de litio en mineral es muy alto (>5%  $\text{Li}_2\text{O}$ ) en algunos casos, en los cuales el mineral no presenta alteración y en otros casos donde el mineral esta más expuesto a los agentes meteoroló-

gicos, el contenido de litio es menor. En este último caso el espodumeno se transforma en minerales de arcilla como la kaolinita, clorita y esmectita.

## Bibliografía

- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. (1977): Esquema Geológico de la Sierra de Ancasti, provincia de Catamarca. *Acta Geológica Lilloana*, 14: 233-256; Tucumán.
- Aceñolaza, F.G. y Toselli, A.J. (1981): Geología del Noroeste Argentino. *Publicación Especial Facultad de Ciencias Naturales UNT 1287*: 212 p; Tucumán.

- Acosta, G., Jurado Marron, H., Fuentes, S., Watkins, S. y Ovejero de Filippin, A. (1988). Estudio geoeconómico de pegmatitas. Dirección Provincial de Minería de la provincia de Catamarca (inédito), 160 pp, Catamarca
- Bermudez Polonio, J. (1981). Métodos de Difracción de Rayos X. Principios y aplicaciones. Ed. Piramide. Madrid.
- Caminos, R., (1979). Sierras Pampeanas Noroccidentales - Salta, Tucumán, Catamarca, La Rioja y San Juan. 2° *Simposio de Geología Regional Argentina*, 1: 225-291. Córdoba.
- Černý P., (1991a) Rare-element granitic pegmatites. I Anatomy and internal evolution of pegmatite deposits. *Geosci Canada* 18(2):49–67.
- Černý P (1991b) Rare-element granitic pegmatites. II Regional to global environments and petrogenesis. *Geosci Canada* 18(2):68–81.
- Galliski, M. A. (1994a). La Provincia Pegmatítica Pampeana: I Tipología y Distribución de sus Distritos Económicos. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 49: 99-112.
- Galliski, M. A. (1994b). La Provincia Pegmatítica Pampeana: II Metalogénesis de sus Distritos Económicos. *Revista Asociación Geológica Argentina*, 49: 113-122.
- Galliski MA (2009) The Pampean Pegmatite Province, Argentina: a review. *Estudios Geológicos* 19:30–34.
- Knüver, M., 1983. Dataciones radimétricas de rocas plutónicas y metamórficas. En Aceñolaza; Miller y Toselli (Eds). Geología de la sierra de Ancasti. *Münster Forschungen Zur Geologie und Palaeontologie*. Heft 59, 201- 218. Münster.
- Lottner, U., (1986). Strukturgebundene Magmenentwicklung im altpaläozoischen Grundgebirge NW-Argentiniens am Beispiel der Sierra de Ancasti (Provinz Catamarca). *Münstersche Forschungen zur Geologie und Paläontologie*, 65: 180 p.
- Marangone, S. (2020). Geochemical features of the Villisman granite and surrounding Li- Pegmatites, sierra de Ancasti, Argentina. Genetic Implications. *Journal of South American Earth Sciences*.
- Marangone, S. (2022). Geoquímica exógena del litio en la sierra de Ancasti, Catamarca, y su piedemonte oriental y suroriental. *Tesis Doctoral*. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales e I. M. L.
- Resentera Beiza, A.C.J. (2018). Seminario de Investigación y Desarrollo para la obtención del título de grado. SÍNTESIS Y EXTRACCIÓN DE LiF POR FLUORACIÓN DIRECTA DE  $\alpha$ -ESPODUMENO.
- Willner, A. P., (1983): Mehrphasige Deformation und Metamorphose im altpaläozoischen Grundgebirge des Nordteils der Sierra de Ancasti (Provinz Catamarca, NW-Argentina). Tesis doc. Univ. Münster: 203 p.; Münster (inédito).

**Recibido :** 14 de Agosto del 2023

**Aceptado :** 20 de Agosto del 2024