

La piedrecita de la esperanza



Dr. Carlos J. Giordano
Jefe de gabinete de la UNLP

La piedrecita de la esperanza

El litio (Li) es el metal más liviano de la tabla periódica. De color blanco plateado y con una densidad aproximadamente la mitad de la correspondiente al agua, resulta ser un metal muy reactivo en contacto directo con el aire y el agua, razón por la que no se encuentra libre en la naturaleza. Usualmente forma parte de la composición química de minerales pegmatíticos y se presenta también como especie iónica en salinas de origen geotermal.

El litio fue descubierto por el químico sueco Johan August Arfvedson (1792-1841) en 1817 mientras estudiaba muestras minerales provenientes de un depósito localizado en la isla Utö (Suecia). Se lo halló en rocas silicáticas como minerales espodumeno y lepidolita de fórmulas $\text{LiAlSi}_2\text{O}_6$ y $\text{K}(\text{Li},\text{Al})_3[(\text{F},\text{OH})_2(\text{Si},\text{Al})_4\text{O}_{10}]$ respectivamente. Es por ello que etimológicamente la palabra litio deriva del griego (λίθος lithos = piedra (o "piedrecita").

En las salinas naturales el elemento se encuentra soluble como ion $\text{Li}(\text{I})$, conjuntamente con otras especies iónicas (Na, K, Mg y B), conformando un reducido número de depósitos a nivel mundial. En Sud-América, los salares del Altiplano-Puna se asocian al levantamiento de la cadena montañosa de los Andes.

Ya sea como roca pegmatítica o formando parte de las salmueras naturales, se observan asociaciones minerales propias que dan lugar a diferentes tipos de explotación.

Más allá de su origen y ocurrencia hoy representa la "piedrecita" que da esperanza a vastos sectores de la Argentina. Científicos, tecnólogos, empresarios, industriales, funcionarios, emprendedores, comunicadores, hablamos del Li con una familiaridad que, contradictoriamente, aleja y extraña.

Algunos paseantes hablan de haber estado en el "triángulo" que componen los salares de Uyuni (Bolivia), Atacama (Chile) y del Hombre Muerto (Argentina), mirando la inmensidad espejismática de alguna de las salinas donde el litio se almacena naturalmente-, otros empezamos a relacionar el nombre que hemos visto en alguna etiqueta de algún componente de nuestros teléfonos celulares con alguna noticia incipientemente publicada cada vez con más frecuencia.

Desde el punto de vista netamente químico el Li es un elemento alcalino que pertenece al Grupo I - Período 2 de la tabla periódica, siendo caracterizado por el número atómico 3, masa atómica relativa 6,941 y una configuración electrónica $[\text{He}] 2s^1$ que le confiere una gran reactividad.

En las últimas décadas las propiedades químicas del litio advierten, alertan, alientan, postulan, una potencialidad aplicativa extraordinaria (destacándolo entre tantos materiales que fluctúan entre sus “rindes” financieros, sus disponibilidades propietarias, sus desarrollos tecnológicos y los intereses de todo junto y algo, mucho, más). Por eso titulamos este aporte con aquello que fue origen, agregándole lo que siempre queda para el Futuro cuando destapamos las cajas de Pandora y dejamos escapar todos los males y desgracias, aún los producidos y más los heredados.

El vínculo

La Universidad Nacional de La Plata ha emprendido el camino de congeniar a quienes trabajan en relación con este metal, dando lugar a una publicación que dé cuenta de lo hecho, de lo planificado y de lo potencial de la agregación multi e interdisciplinaria.

Ya llegarán a los aportes/capítulos donde el mundo se ordena sincrónicamente, donde los autores describen los procesos que han desarrollado o desarrollan, los resultados obtenidos y hasta las posibles proyecciones en algunos sentidos: científicos, tecnológicos y hasta, quizás, soberanos.

Aquí nos vamos a dedicar a la Memoria y al Homenaje, esos dos componentes inequívocos con que la Historia trata a las historias cuando lo merecen.

Irma Lia Botto e Isidoro Bernardo Schalamuk son dos investigadores argentinos, contemporáneos, muy destacados en toda su trayectoria y que -además- se ocuparon de estudiar cuestiones sobre esta nueva “esperanza blanca (plateada)” desde hace 50 años, con mayor o menor intensidad pero con la inteligencia prospectiva de este futuro.

El mejor aporte que podemos hacer desde la UNLP para el conocimiento público masivo y también el especializado, sobre el litio, sólo está completo en su complejidad, en su riqueza y en la elegancia de su contundencia global, si ponemos en común las historias pertinentes de la Doctora Botto y del Doctor Schalamuk.

Estas dos historias tienen muchos puntos en común, algunos encuentros efectivos y un mutuo reconocimiento en la capacidad “pionera”. Por eso es que vamos a presentarlos separados tanto en sus hojas de vida como en el testimonio recogido para esta publicación, pero ustedes podrán apreciar la coherencia significativa con que representan unos de los principales modelos de intelectuales orgánicos de la Ciencia Argentina, de profesionales universitarios que le dan sentido a la “fama” productora de conocimientos originales que sigue enorgulleciéndonos a los que amamos la UNLP.

Tesis y partidas

(Irma) Lía Botto, una vez obtenido su título de Licenciada en Química, orientación tecnológica de la Universidad Nacional de La Plata, decidió realizar la tesis doctoral en el Departamento de Tecnología Química de la Facultad Ciencias Exactas. Para ello obtuvo una beca de la Comisión de Investigaciones Científicas de la provincia de Buenos Aires (CICPBA). Corría el año 1970. Como sucede actualmente, conversó con los profesores que eventualmente podrían dirigirla, particularmente con los Dres. Teodoro Krenkel y Jorge Ronco, "dos excelentes profesores y con amplia visión de futuro" para que la orienten en el abordaje de su tesis doctoral en temas de interés tecnológico. Le pareció interesante la propuesta de trabajo del Dr. Krenkel, dirigida al estudio del aprovechamiento de minerales argentinos de litio, dado que

desde su descubrimiento en 1817 el litio se venía perfilando de importancia en diferentes campos de la Ciencia y según palabras del propio Krenkel "de imprevisible potencialidad a futuro", frase con la que inició la redacción de su tesis doctoral hace 50 años...

"T. Krenkel y J. Ronco , junto con el doctor E. Pereyra, eran las figuras más notables del Departamento de Tecnología, donde se desempeñaban como Profesores Titulares. Pero, además de su rol de Maestros de la Química y la Tecnología, eran personas que conocían claramente cómo se perfilaban a futuro esas Áreas de la Ciencia. Para las personas que nos iniciábamos, esto significaba un atrayente panorama, dado que nos despertaba la posibilidad de trabajar en temas que se presentaban con un futuro prometedor y de insospechado éxito, bajo la dirección de Profesores de acreditada experiencia y trayectoria (...)

El Dr. Krenkel era una persona que venía de la industria. Esto le permitía tener una visión concreta de lo que hacía falta, de aquello que la industria argentina requería, de la necesidad de impulsar el desarrollo de nuevos materiales, de la importancia de prescindir de productos químicos importados si podían desarrollarse en el país, agilizando así el crecimiento de la industria nacional. Era gente que tenía una mente preclara, ideas maravillosas y objetivos precisos. Conversar con ellos era un placer, con la convicción de que las sugerencias que pudieran darnos eran realmente las justas, aunque no fueran de gran suceso en lo inmediato. En efecto, con el tiempo se corroboró que la propuesta del Dr. Krenkel significó un avance en el ámbito de la Ciencia de los Materiales estratégicos, dado que el crecimiento en la demanda de litio se plasmó muchos años después. Hoy me siento encantada con la carrera universitaria que elegí, además de orgullosa y agradecida por el aporte y empuje recibido de esos Maestros, marcándome el sentido que posteriormente le imprimí a toda mi actividad científica."

En aquel momento, además de su empleo en la industria farmacéutica, el litio se aplicaba en la producción de cerámicas y vidrios, en la fabricación de grasas y lubricantes, en procesos nucleares, en sistemas de aire acondicionado, si bien ya se hacía referencia, aunque en forma incipiente, a su potencialidad en el desarrollo de fuentes no convencionales de energía.

Cabe mencionar que si bien el contenido de litio en la corteza terrestre es bajo, del orden de las partes por millón (ppm), silicatos minerales portadores de litio, como el espodumeno, presentan un contenido teórico del 8,1 % en Li_2O . El mineral es hallado en depósitos argentinos, pudiendo competir con los registrados en otros países como Australia, Canadá, Estados Unidos y Brasil. Para su comercialización el contenido en Li_2O es del orden del 5 % debido a la presencia de otras especies minerales asociadas. En aquel momento, el mineral se exportaba en cantidades relativamente pequeñas, importándose los productos químicos de litio que requería la industria nacional.

En ese contexto, la Dra. Botto consideró interesante el trabajo a desarrollar, porque

además le permitía interaccionar con investigadores en geología de la FCNyM, pudiendo así interiorizarse en aspectos que propiciaban un trabajo efectivo y complementario de la química. En esas circunstancias conoció al Ing. Victorio Angelelli y al Dr. Isidoro Schalamuk, reconocidos científicos de la UNLP, quienes le facilitaron el material y demás información geológica para su trabajo de tesis.

"En el ámbito de la geología - y el Doctor Schalamuk puede dar cuenta de esto- el Ingeniero Angelelli fue también una persona visionaria. En el momento en el que yo los conocí, el doctor Schalamuk se iniciaba en la investigación, trabajando en CNEA y en la FCNyM-UNLP con el Ing. Angelelli. Desde entonces y en su larga y fructífera trayectoria viene realizando importantes aportes en relación al hallazgo de depósitos minerales. Siguiendo los pasos de quien fuera su Maestro, hoy el Dr Schalamuk es un prestigioso investigador de esta Universidad, de excepcional capacidad conceptual y experimental y de destacada trayectoria dentro y fuera del país. Afortunadamente y desde hace muchos años he tenido la oportunidad de abordar, en forma conjunta, el desarrollo de algunas temáticas en las que confluyen la química, la geología y la tecnología, posibilitando la atención de problemáticas vigentes en el país a través del desarrollo de estrategias innovativas ".

Con el valioso aporte de la geología, fue entonces que la Dra. Botto pudo acceder al conocimiento de las características de depósitos de minerales de litio así como de otros aspectos de interés. De esta forma, conjuntamente con el Dr. Krenkel planificó las actividades químicas y de interés tecnológico que facilitaron el abordaje del tratamiento del mineral espodumeno para la extracción del litio, siendo ésta la etapa inicial para la elaboración de compuestos químicos de interés en el ámbito de la industria nacional.

En su testimonio, la Dra. Botto, clarifica que estructuralmente el espodumeno presenta dos formas cristalinas: el mineral original (α), perteneciente al sistema monoclínico, caracterizado por una disposición oxidica condensada de sus elementos constituyentes pero de mínima reactividad química; y una segunda fase cristalina tetragonal (β), generada por efecto térmico, en la que el litio ocupa una posición accesible para agentes externos, aspecto que facilita la tecnología extractiva. El conocimiento exhaustivo de la transformación térmica que conduce a la fase reactiva es indispensable para el diseño tanto de un tratamiento químico extractivo como del proceso térmico a utilizar en la industrialización. De éste modo, los cambios estructurales y la energía requerida para movilizar al litio, fueron los primeros aspectos que abordó Lia Botto en su tesis doctoral. Para ello realizó ensayos de laboratorio y estudios de caracterización fisico-química así como diversos análisis de tipo termodinámico y cinético que permitieron fijar los parámetros operativos del proceso extractivo. En sus palabras, es bien conocido el efecto de variables como tamaño de partícula y presencia de impurezas para poder optimizar temperaturas de trabajo, tiempos de residencia y la selección del tipo mas adecuado de tratamiento. Las actividades desarrolladas permitieron establecer el mecanismo de la transformación mineral conducente a la obtención de la fase tecnológicamente útil. Se trabajó con mineral de 99% de pureza, obtenido por separación de los minerales asociados (particularmente cuarzo y feldespato). Los estudios con mineral puro y comercial permitieron analizar el efecto de la presencia de las especies accesorias. La temperatura de la transformación irreversible de fase resultó del orden de los 900-1000°C, implicando un

reordenamiento de los poliedros de Al y Si que pasan a formar una estructura típica de zeolita o intercambiador iónico. El proceso por el que las especies litio pasan a sitios accesibles resulta esencial para la solubilización del litio con ácido sulfúrico, dejando un residuo de aluminosilicato que fue denominado “espodumeno ácido” y cuya estructura, estudiada con posterioridad a la tesis, proporciona valor agregado al material residual o secundario del proceso de reemplazo del litio por hidrógeno (H_3O^+). Así, se analizó la potencialidad de ese nuevo material en la retención de otros iones por intercambio iónico, en forma similar al comportamiento de una zeolita. Se probó exitosamente en la retención del cesio (Cs), proceso de interés cuando ese elemento se halla como especie radiactiva contaminante. Por otra parte, la solución ácida del tratamiento fue analizada químicamente para determinar la presencia de otras especies iónicas y abordar la etapa de precipitación del litio en forma de carbonato, producto a partir del cual se produce la comercialización del litio para uso industrial. El proceso de precipitación se llevó a cabo utilizando soda Solvay y/o carbonato de sodio, con ajuste del pH. Cabe recordar que el Li es el único elemento alcalino capaz de precipitar como carbonato, comportándose en forma análoga al Mg con quien guarda un potencial iónico similar.

"Si bien el litio presentaba entonces variadas aplicaciones y ya se perfilaba su empleo como fuente de energía (...), estaba aun lejos del desarrollo de baterías o algo similar. Era sólo una posibilidad de uso..... El tema se abordó posteriormente desde la investigación electroquímica y así fueron desarrollándose otros aspectos relativos al diseño de baterías.

Mi aporte, mi modesto aporte de entonces, estuvo dirigido al estudio y optimización del proceso extractivo del estratégico elemento, para llegar a la obtención de carbonato de litio como materia prima, proceso sin el cual es imposible lograr el metal. Si bien el tratamiento de extracción del litio desde la pegmatita es más complejo que su separación de las salinas, estrategia más difundida en la actualidad por una serie de razones, particularmente su costo, el contenido del elemento en las salinas es marcadamente inferior al que presenta en las pegmatitas.

Es importante recalcar que en el 70 el recurso mineral no se estaba aprovechando como correspondía....., Entonces, la idea del doctor Krenkel fué ¿disponiendo el país de mineral, por qué razón no podemos nosotros encarar la extracción del litio, precipitarlo como carbonato y ofrecer una estrategia para el proceso que lo requiera?

¿Por qué no lo hacíamos nosotros? ¿Cuán lejos estaban, en ese momento, de poder potenciarlo y tomar ese camino? ¿Era impensable o, en realidad, se trataba de otras cosas? Es decir, ¿no era la incapacidad o la capacidad que uno tenía como investigador o el equipamiento que tenía, sino que implicaba una asociación con algunas empresas o con el Estado para hacerlo?.

"Por supuesto que la idea que predominaba en el ámbito universitario era pensar en el progreso del país y mejor si se hacía en forma interdisciplinaria. Mas que razonable.... Desde la geología reconociendo la existencia de nuestros recursos minerales, su localización y potencialidad y desde la química analizando la

composición, propiedades físicas y químicas, comportamiento del mineral en diferentes medios y condiciones térmicas así como evaluando sus posibilidades tecnológicas". La finalidad: colaborar desde la Universidad con el desarrollo de estrategias de aprovechamiento de recursos para favorecer la producción nacional. Sin embargo, todo esto estaba bastante restringido, por decirlo de alguna forma. No se olvide que era la década de los 70, tiempos en los que no se hacía mucho por favorecer el crecimiento de la industria nacional. Si bien la investigación era posible y se obtenían resultados interesantes, era difícil avanzar mas allá en el desarrollo. Por esa razón, finalizada la tesis y convencida que el aprovechamiento tecnológico de muchos de nuestros vastos recursos naturales se beneficiaba, sin duda, a través del conocimiento profundo de sus propiedades físicas y químicas, decidí dejar el Departamento de Tecnología para continuar trabajado en el Área de Química Inorgánica de la FCE (actualmente CEQUINOR). En ese marco realicé actividades de pos-grado en Centros especializados del exterior (principalmente Italia y España), perfeccionándome en el estudio de especies minerales y compuestos inorgánicos así como la aplicación de diferentes materiales en procesos de importancia industrial"

Cabe destacar que, desde entonces, casi 50 años atrás y particularmente en los últimos años en los que el litio ha adquirido gran interés por su empleo en baterías, todos los aspectos comentados han sido re-evaluados y exhaustivamente estudiados existiendo numerosos trabajos y patentes al respecto. En ese contexto, la literatura da cuenta de variaciones y/o modificaciones del proceso originalmente estudiado, así como de nuevas estrategias de remoción del litio. Sin embargo resulta interesante mencionar que aun hoy el procedimiento ácido se utiliza en muchas partes del mundo, por ejemplo en Australia, procediendo a la purificación final en China para llegar al carbonato de litio de grado de pureza necesaria para baterías (99,6 %). Vale también hacer referencia al hecho que la precipitación como carbonato es un paso taxativo en la recuperación de litio ya sea a partir de minerales o del tratamiento de las salinas, por lo que es extensamente analizado, enfatizando la importancia del conocimiento de la composición química de la solución portadora de litio (por ej. presencia de elementos como B o Mg entre otros) la que puede afectar la pureza del producto final.

Si bien se ha reportado mucha actualización, lo cierto es que la fase cristalina generada por efecto térmico todavía hoy es requerida para facilitar el procesamiento ... era el camino correcto.....

"Si, sí. El trabajo de tesis dio lugar a muchas publicaciones en revistas internacionales y presentaciones en Congresos nacionales y del exterior. Lo cierto es que el trabajo original constituyó una base del procedimiento empleado para obtener litio en países con recursos minerales en los que el elemento se encuentra como silicato. Es así que el procedimiento ácido actualmente en uso no es muy diferente al estudiado en la UNLP hace cincuenta años. Se han realizado muchos aportes, modificaciones, toda una serie de cuestiones que están relacionadas con la profundización del conocimiento en el tema.

Bueno, pasaron muchos años....."

Respecto a la extracción del litio del espodumeno, cabe mencionar que la Dra. Botto siguió estudiando otras estrategias de tratamiento, diferentes al método convencional con ácido sulfúrico. Así se estudiaron aspectos del proceso denominado alcalino, basado en la reacción del mineral espodumeno con CaO o directamente con CaCO₃. El relato de Lia Botto aclara que el efecto mineralizador de las especies de calcio permite trabajar a temperaturas del orden de 200 grados inferiores a la de transformación de fase. La lixiviación del producto de reacción conduce a la formación de aluminato de calcio e hidróxido de litio, que finalmente es separado por cristalización. La ventaja del método alcalino respecto al ácido reside en la economía y facilidad del tratamiento (efecto térmico sinérgico de disminución de la temperatura de transformación del espodumeno y de descomposición del carbonato de calcio), efecto que, a su vez, puede ser potenciado por la operación de molienda.

La actividad posterior desarrollada por la Dra Botto en el Centro de Química Inorgánica (CEQUINOR) está referida al estudio de propiedades fisicoquímicas de minerales y especies inorgánicas sintéticas con el objeto de analizar su comportamiento y aplicación en diversos procesos tecnológicos, por ejemplo en el área de la catálisis, en el diseño de nuevos materiales, en la recuperación de elementos estratégicos y más recientemente dirigiendo la atención al empleo de materias primas minerales en tecnologías para el control ambiental, actividades realizadas en colaboración de químicos, geólogos, geoquímicos e ingenieros, muchos de ellos en calidad de investigadores, tesisistas o becarios.

Uno de los últimos temas, desarrollado conjuntamente con el Dr. Schalamuk y otros investigadores de la UNLP, ha estado dirigido a la obtención de adsorbentes a partir de minerales, para el tratamiento de aguas subterráneas contaminadas con arsénico, actividad que se pudo plasmar exitosamente, con la instalación de plantas experimentales de tratamiento en zonas afectadas por el problema y sin acceso al agua de red.

Actualmente, la Dra. Botto está contratada como Investigadora en el Conicet y es Profesora Emérita en la Facultad de Ciencias Exactas, en la que se desempeñó como Profesora Titular de Química General para Ciencias Naturales hasta el momento de su retiro de la docencia (2015).

Llegamos hasta aquí. La continuidad y la coherencia son impactantes. Su historia hace la Historia, de manera contundente. Ha estado y aún está en el lugar/momento de Krenkel, de Ronco, de Pereyra, de Angelelli. Esa situación en el que una joven o un joven doctorando llega con su sueño de doctorarse...

"...a la gente que ha elegido trabajar conmigo, siempre le he formulado un plan de trabajo que tenga como finalidad un potencial empleo o directamente su aplicación. Realmente creo que el éxito de la investigación aplicada debe ser sustentado por la investigación básica, pero ambas deben complementarse y dirigirse a la búsqueda de soluciones de problemas vigentes. Entiendo que ese planteo es necesario, sobre todo en países como el nuestro, que tanto requiere de progreso, y por que no?, de aprovechar adecuadamente sus vastos recursos. Siguiendo así el espíritu de mis Maestros, la idea ha sido y es contribuir, en lo posible, al desarrollo de estrategias tecnológicas que

permitan impulsar el crecimiento de un país en desarrollo y en lo posible mejorar la calidad de vida de sus habitantes"

Beca y trayectoria

Con Isidoro Schalamuk, el Doctor Schalamuk, dialogamos en el mismo tono que con la Dra. Botto. En un marco de extrema amabilidad y claridad expositiva. Poniendo en común el desarrollo de sus pasos como investigador, al mismo tiempo que su constitución como el principal referente en la UNLP en los procesos generales, amplios, científicos del conocimiento sobre nuestra "piedrecita de la esperanza".

Hombre nacido en el territorio profundo de la Patria, relata con mucha paciencia su sapiencia. La específica y también la humana. Les comparto:

Yo ingresé como becario en la Comisión Nacional de Energía Atómica (CNEA) siendo alumno, hacía 20 horas semanales en Buenos Aires y volvía a La Plata a cursar en la Facultad de Ciencias Naturales y Museo (FCNyM). Estuve durante dos años como becario en la División Mineralogía Especial de minerales nucleares. Al recibirme y permanecer durante tres años como profesional de la CNEA, surgió la posibilidad de que viaje al exterior a especializarme en temas vinculados con la geología y minerales nucleares. La propuesta era permanecer un tiempo en instituciones de España, otro tiempo en Francia y otro en Alemania. Es ahí donde solicito la beca al CONICET, al doctor Houssay¹² y de ahí surge la anécdota donde estuve conversando con él, tuve el gusto, la única vez, ya cuando regresé había fallecido lamentablemente. El CONICET me otorga la beca, pero se demoraba la licencia de la CNEA. Dado que tenía fecha de partida, pero aún sin licencia para viajar, solicito, muy preocupado, una entrevista con el Dr. Houssay. El entonces presidente del CONICET me recibe, me interroga sobre mi programa de trabajo y luego me dice 'en la oficina de pasajes le van a entregar la orden y váyase, si tiene algún problema con su beca, escribame'. Cuando llego a España, que era la primera escala, me encuentro con que a mi director, Antonio Arribas Moreno, lo habían designado Decano de la Facultad de Ciencias de la Universidad de Salamanca y había dejado su función en la Junta de Energía Nuclear Española. Se había complicado mi programa de trabajo, entonces le escribí al doctor Houssay y solicité un cambio de tema y un subsidio para realizar mi tesis doctoral en los yacimientos polimetálicos del suroeste de la Península Ibérica. No tenía mucha esperanza que se me otorgase el cambio de programa, sin embargo a los pocos días recibí la notificación del CONICET, con la firma del Presidente, otorgándome la autorización y el subsidio solicitado. Cuando regresé y cumplí con mi programa de trabajo, ingresé como investigador del CONICET, con lugar de trabajo en el Museo de La Plata y como docente en la cátedra de Geología de Yacimientos, en la que me desempeñé desde Ayudante Alumno hasta Profesor Titular y luego como Profesor Emérito de la UNLP. Colaboré durante muchos años con el Ingeniero Victorio Angelelli. Quien fue mi profesor de esa materia y fue mi director de beca interna en la CNEA. Cuando desempeñé el cargo de Decano de la Facultad entre los años '86 y '92, tuve la satisfacción de proponerlo por sus propios méritos, como Doctor Honoris Causa de la universidad

La vuelta también fue una época difícil

En la vuelta si efectivamente fue difícil, ingresé a la Carrera (de Investigador del CONICET) en un contexto político muy complicado. Muchos amigos se tuvieron que ir. Yo tuve algunos problemas, pero no tan graves. Necesité hacer trabajos, vincularme con trabajos y para ello vincularme con empresas. En aquel momento no existía la reglamentación de trabajos a terceros por parte de la

UNLP, pero el CONICET lo autorizaba en temas aplicados, con el fin de solventar gastos en los temas de interés científico. Eso fue favorable en definitiva porque pude convocar a alumnos, ex alumnos y formar un equipo de trabajo.

Schalamuk discurre con precisión, ustedes leen... pero mi ansiedad puede más: usted me va a disculpar, yo soy un lego absoluto en este tema, pero recorriendo toda su historia, su propio relato autobiográfico -ver el excelente artículo que publica en "Ciencia e Investigación" Tomo 4 Nro.2. 2016, p.67-86)- y también la bibliografía que usted destaca, no encuentro la palabra litio. Es decir, ha desarrollado toda una amplísima trayectoria, pero ¿dónde aparece el litio por primera vez para usted? Es decir, ¿cuándo lo reconoce como tal? ¿qué vínculos ha desarrollado como para que muchos digan "el" Doctor Schalamuk, cuando se habla -también- sobre el litio?

...claro, sí, es porque algunos trabajos del litio están dentro de otros trabajos. Le comento: siendo alumno y miembro de la CNEA como becario, Angelelli hacía campañas en busca de Litio como mineral de tipo nuclear y publica dos trabajos donde yo lo acompañé en el campo (uno en el '63 y otro en el '66) sobre minerales de litio en las sierras pampeanas. Es decir, en Córdoba, en San Luis y en San Juan. Sobre todo, lo que habrá hablado la doctora Botto, que son las muestras que la Doctora habrá estudiado, es un espodumeno, es decir no es un salar, ella habla de las rocas magmáticas o las pegmatitas que llamamos nosotros. Así que ese fue mi primer inicio con el tema del litio.

Después vinieron los trabajos para empresas (trabajos inéditos), en el año '80, un grupo de ingenieros químicos de muy buena formación (ex profesionales de la CNEA) que por razones políticas se tuvieron que ir, se exiliaron en Italia. Ahí formaron parte del ENI (Ente Nazionale Idrocarburi) y conociendo la importancia del Litio, me convocan y me dicen "por qué no estudiás los yacimientos de Litio de Argentina porque al ENI le interesa como material nuclear". Yo acepté hacer ese trabajo, pedí autorización al CONICET, formé un grupo con un colega, el Lic. Oscar Aluzka, que trabajaba en la CNEA (que vive a dos cuadras de mi casa, somos muy amigos), donde él hizo la parte química. Es por ese estudio que recorrí, por primera vez, casi todos los salares de la Puna. Lo hice personalmente, viajé solo, empleé lugareños de las diferentes zonas y me alojé en varias oportunidades en la casa de la familia Gavenda, que explotaba boratos, en el salar de Caucharí.

En ese viaje seleccioné tres salares, Caucharí y Olaroz (provincia de Jujuy, que en este momento están en plena producción) y también el salar del Hombre Muerto (Catamarca, actualmente también en producción). Hice un muestreo geoquímico, se realizaron análisis químicos y pudimos determinar realmente que eran salares con alto contenido en litio y potasio. Tuvimos que realizar un informe muy completo, tanto de la geología del Altiplano y la caracterización físico-química de las salmueras de litio y potasio (además de los contenidos de boro, magnesio, sodio y calcio). El informe se tradujo al italiano (informe privado). Al ENI le interesó mucho, y entonces enviaron una delegación. Viajé nuevamente a la Puna con el grupo italiano. Lamentablemente los profesionales que viajaron no estaban preparados para la altura. Yo les advertí que debíamos permanecer a una altura considerable sobre el nivel del mar (4000 a 4500 msnm), ellos me decían "nosotros vamos a los Alpes, no tenemos problema". Llegaron allá y a los pocos días tuve que hospitalizar a tres de ellos. Ahí las cosas se paralizaron, pero el informe fue muy bien aceptado. Años más tarde, varias empresas italianas se asociaron y desarrollan actividades en los salares de la Puna.

En el año '83 realizamos un trabajo nuevamente sobre el NOA (Noroeste Argentino) financiado por la Secretaría de Minería de la Nación y un convenio con la Universidad Nacional de La Plata. Ese trabajo fue realizado y publicado conjuntamente con el Doctor Raúl Fernández (actualmente director del INREMI) y por el Doctor Etcheverry (Decano de la FCNyM/UNLP). Estos dos calificados docentes-investigadores fueron ex alumnos y tuve la satisfacción de dirigirlos en sus tesis

doctorales, becas y en la carrera del Investigador. Ese trabajo se llama "Minerales no metalíferos y rocas de aplicación" y fue publicado por la Secretaría de Minería de la Nación. Ahí se incluyen gran parte de los salares de la Puna con información propia y recopilación de trabajos de otros autores. Si bien es un trabajo antiguo aún se utiliza como bibliografía de referencia en temas de minerales no metalíferos y rocas de aplicación.

Después de eso me dediqué a otras cosas, tuve la oportunidad de trabajar con las Naciones Unidas y Cancillería argentina, con tareas técnicas en prospección y exploración minera en Guatemala, Paraguay, Perú, Uruguay y en otros países con la autorización del CONICET. Mi actividad en general en la mayor parte de mi carrera, fue con dedicación simple en la Facultad y con dedicación exclusiva en el CONICET, incluso cuando fui Decano que fui ad honorem y cobraba mi sueldo en el CONICET. Pensaba que si dejaba de investigar durante seis años era difícil luego retomar. Era muy joven, entonces lo pude hacer.

En el año 2006, una empresa, mediante un convenio con la Facultad, me pide evaluar boratos en la Puna. En los salares también se encuentran los grandes yacimientos de boratos. Me solicitaron que investigara el salar de Antofalla (tiene 130 kilómetros de largo en la provincia de Catamarca, pasa la frontera y llega a Salta y 10 kilómetros de ancho). Realicé una campaña geológica acompañado por un técnico minero de la provincia de Catamarca. Luego de un par de semanas regresé, hice un informe chiquitito, y le dije a la empresa "miren déjense de jorobar con boratos, pero dedíquense al litio y potasio porque vienen juntos". Entonces me dicen "sí, pero a nosotros no nos interesan", le digo "bueno, comuníquense con empresas grandes porque es un yacimiento grande" y ahí es cuando se comunican con la empresa Vale Río Doce de Brasil. A ellos les interesaba fundamentalmente el potasio y entonces se hace un convenio por Trabajos a Terceros entre la Universidad y la Vale Río Doce. Durante tres años, con un grupo de trabajo, hicimos todo el rastreo geoquímico en toda la cuenca del Salar. Fue durísimo porque queda bastante alejado, sin caminos, pero la gente lugareña era muy hospitalaria. Se emplearon a varios de los lugareños como ayudantes de campo. En los trabajos de investigación de campo y laboratorio participaron profesionales y técnicos del INREMI y excelentes colaboradores de la Universidad Nacional de Salta. Los resultados de las investigaciones geológicas y geoquímicas fueron muy buenos. Al terminar nuestro convenio, la empresa Vale Río Doce se instaló en el lugar (poblado de Antofalla) y realizó un amplio trabajo de exploración, mediante investigaciones geofísicas y perforaciones que generaron informes de prefactibilidad técnico-económicos y definir recursos de litio y potasio. Esos trabajos se llevaron a cabo entre 2011 y 2014.

En 2014, la "Vale", la empresa que tenía un emprendimiento en Mendoza por potasio, tuvo un problema político-económicos y abandonan el país, a pesar de haber invertido muchos recursos. Abandonan los trabajos en el yacimiento de potasio Río Colorado, al sur de la provincia de Mendoza, que es un proyecto con grandes reservas de potasio. La empresa Vale se retira del país y las propiedades del salar de Antofalla, luego de negociaciones, regresa a la empresa original (Bolland Minera S.A.) y ésta luego acuerda con la empresa Albemarle que retoma la exploración y finalmente adquiere la propiedad, certificando los amplios recursos en Litio y Potasio que se habían definido. La empresa es una de las más importantes en productos químicos y la mayor productora mundial de litio.

Entre los años 2016-2018, la Secretaría de Minería de la Nación me convoca para que forme parte de la Mesa de Litio. Esa Mesa estaba conformada por funcionarios de la Secretaría y de las provincias de Catamarca, Salta y Jujuy, además de expertos y empresarios. El objetivo fue lograr un acuerdo común en la exploración y explotación de los salares del NOA, especialmente en lo relacionado a los aspectos ambientales de las diferentes cuencas, los métodos más apropiados para la explotación de las salmueras. No fue fácil ponerse de acuerdo, dado que en algunos casos existen problemas de límites aún no resueltos, y también dificultades de orden político. Finalmente, luego de

varias reuniones, que se llevaron a cabo en las diferentes provincias, se llegó a un acuerdo.

En los últimos dos años he estado trabajando en la provincia de Catamarca en diferentes salares, cuencas pequeñas, pero algunas con recursos interesantes en litio y potasio. Los trabajos de campo y laboratorio fueron realizados conjuntamente con profesionales de la Universidad de Salta y también de nuestra Universidad. Si bien hemos realizado publicaciones generales sobre los recursos de litio, en su mayor parte son trabajos inéditos, dado que los resultados que se exponen en los informes para empresas deben guardar estricta confidencialidad, salvo acuerdos especiales.

Debo señalar, como caso especial, un acuerdo-convenio firmado entre la UNLP y la empresa FOMICRUZ S.E. (provincia de Santa Cruz) que me permitió dirigir un proyecto de investigación geológica para la prospección y exploración de yacimientos de oro y plata en el Macizo del Deseado. El proyecto se inició a partir de 1994 y perduró durante muchos años. Fue muy exitoso y facilitó la realización de publicaciones conjuntas, formación de recursos humanos en el INREMI y la ejecución de numerosas tesis doctorales. Actualmente se localizan en la provincia siete yacimientos en explotación y aporta la mayor producción de oro y plata del país.

Reconocimiento y antecedentes

Me gustaría hacerle un comentario de quienes son las personas que inicialmente más han trabajado en litio en el país. A uno no lo conocí. Se llamaba Luciano Catalano (era químico de la Universidad de Buenos Aires y se doctoró en 1917). Entre el año 1923 y 1927 prácticamente se instaló en la Puna. Fue uno de los primeros investigadores que estudió los yacimientos de boratos. Él descubrió un gran yacimiento que se llama Tincalayu (Tinca en persa significa blanco y Ayu en quechua, lugar), como los boratos son blancos él los llamó Tincalayu. Ese yacimiento, localizado en la provincia de Salta, en el límite con Catamarca, fue uno de los más grandes del mundo en producción. Argentina figuraba entre los tres primeros productores de borato del mundo. Todavía se sigue explotando (tiene 2000 metros de largo la explotación, 800 metros de ancho y 150 metros de profundidad). Pero el Doctor Luciano Catalano además comenzó a estudiar también las salmueras en aquel entonces y fue uno de los primeros que habló del litio en las salmueras de la Puna y no solamente en la Puna sino en las de Chile y las de Bolivia. Habló del triángulo, no lo llamó así, pero sí de las zonas de litio de la Puna argentina, chilena y boliviana.

En el año '64 escribió un libro, que ya no es muy usado, cuyo título es "Boro, berilio y litio, elementos del futuro en la energía argentina". Se desempeñó como Secretario de Minería de la Nación en el período 1963-1966 (gobierno del Dr. Illia). Ya era un hombre mayor. Era muy nacionalista. Él hablaba de la necesidad de estudiar esos elementos energéticos. Era químico, pero se especializó en geología, y era muy fuertemente un científico práctico. No escribía tanto, sino que desarrollaba las tareas de campo y laboratorio. Trabajó también en los yacimientos de Zapla (yacimiento de hierro, en Jujuy) y también en los primeros hallazgos de uranio en el país.

Otro investigador que quisiera mencionar (porque por ahí se lo olvida) -lamentablemente falleció hace muy pocos días y fue un amigo personal- es Hugo Nicolli. Hugo había recorrido más o menos lo mismo que había hecho yo, pero unos años antes. Se recibió de geólogo en la Universidad Nacional de Córdoba y luego se doctoró en Ciencias Químicas en la Universidad de Salamanca. Fue un gran geoquímico y trabajó en la CNEA, trabajamos juntos un par de años y realizamos conjuntamente un par de trabajos sobre minerales. Era un excelente químico. Además de estudiar minerales de uranio, puso a punto las técnicas de análisis de salmueras, realizó aportes y creo que fue uno de los mejores, de alta precisión en calidad profesional, además de una excelente persona.

Recuerdo mucho a Nicolli, porque él se ocupó del litio y después se ocupó del arsénico estudiando las aguas freáticas de la región Chaco-Pampeana (aguas que se bombean y que toma la

mayoría de la gente). En ese campo, Nicolli también realizó importantes contribuciones. La problemática del arsénico no era mi tema de trabajo y no es mi especialidad. Es un tema hidrogeológico e hidroquímico. Pero ocurrió que una colega del Instituto (INREMI), que es el interior de la provincia de Buenos Aires, me transmitió la preocupación de una amiga suya, médica, que le decía "tenemos problemas de cáncer por el agua ¿qué podemos hacer?". Yo varias veces me negué a evaluar el tema, pero llegó un momento que dijimos vamos a hacer algo. Es ahí que empecé a obtener muestras de agua y con la Doctora Lía Botto -que trabajaba también en el tema hace muchos años- y la Doctora María José González, dijimos vamos a ver cómo se puede eliminar el arsénico del agua para que sea potable y desarrollamos (junto a otros investigadores de la Provincia, los Doctores Thomas y Soto) un sistema de una planta con mineral de hierro, de tal manera que al pasar el agua y con una cierta agitación y con un agregado de un compuesto reducía el arsénico se eliminaba, lo cual era muy económico. Instalamos esas plantas en tres escuelas, pero luego vinieron los temas políticos con algunos intendentes, además de intereses de las propias empresas que abastecen agua a las poblaciones. No se pudo continuar con el proyecto, pero esperamos reiniciarlo en algún momento. Publicamos varios trabajos en libros y en revistas internacionales, con un grupo multidisciplinario del CONICET, donde alertamos sobre el tema. Se considera que existen aproximadamente cinco millones de habitantes afectados por los altos contenidos de arsénico en el agua (Tucumán, Santiago del Estero, Córdoba, la provincia de Buenos Aires, La Pampa, entre otras provincias de la llanura Chaco pampeana).

El arsénico que está en el agua no es un problema de contaminación antrópica, es un problema ambiental provocado por cenizas volcánicas. Las cenizas volcánicas que tiene el arsénico que se han depositado hace algún par de millones de años y que luego al circular el agua absorbe y contaminan el agua. La Organización Mundial de la Salud recomienda que el agua no debería contener más de 10 ppb (diez partes por millón), sin embargo en la región chaco-pampeana se consume agua con altos contenidos de arsénico que suelen superar los 200 y llegan, en casos hasta más de 1000 ppb de As.

Hoy y mañana

¿Qué está sucediendo ahora? ¿cuál es su visión del momento?

Lo que yo quiero subrayar es que el litio y otros componentes de los salares son recursos naturales que no se renuevan o lo hacen a lo largo de mucho tiempo. Lo que es aconsejable es que, además del litio, se recuperen todos los elementos que tienen las salmueras, porque hasta ahora dicen "vamos a sacar el litio" pero no solamente hay litio, hay potasio (fertilizante que lo vamos a necesitar si vamos a seguir sembrando soja u otros cereales. Los suelos ahora en Argentina son suelos que tienen aún potasio, pero se están agotando). Por eso Brasil, que es uno de los consumidores de potasio más importantes del mundo, lo está comprando en estos momentos a Rusia. El potasio es uno de los tres elementos que requieren los suelos como fertilizantes (potasio, nitrógeno y fósforo). Lamentablemente hasta ahora no se han encontrado en el país recursos explorables de fósforo, no tenemos producción, potasio tenemos mucho en los salares y también en cuerpos salinos cordilleranos (sur de Mendoza), pero todavía no lo explotamos, los fertilizantes nitrogenados se elaboran en el país (Bahía Blanca). Yo creo que las universidades y los centros de investigación, tienen que poner de alguna manera el foco en que se pueda recuperar no solamente litio sino también el potasio, el boro, el magnesio ya que son elementos que se utilizan en distintas industrias. En definitiva, las provincias o el Estado nacional tendrían que ocuparse para no perder recursos. Si bien, por ejemplo, el precio internacional del potasio es bajo, igualmente habría que recuperarlo y en todo caso

almacenarlo, dado que nuestro país va a necesitar potasio dentro de pocos años para mejorar los suelos.

Por último, si lo consulta un becario o un joven entrerriano de Colonia Leven¹⁴ ¿qué le diría usted con respecto a la geología? ¿lo entusiasmaría, lo desalentaría y le diría andá por otro lado? ¿Qué le recomendaría?

Yo estoy encantado con la profesión, me ha dado muchas satisfacciones, conocí los rincones del país que no los conocen muchos, conozco todo, también la Antártida. Me faltan las Malvinas, eso sí no conozco como usted, siempre está en mi interés ir a Las Malvinas.

La geología es una disciplina intermedia entre las que se denominan ciencias “duras” y “blandas”, debemos estudiar conceptos de física, química, matemáticas y estadística, pero al mismo tiempo aprender a observar la naturaleza y a convivir con gente de diversas clases sociales, tratar de entenderse de alguna manera en distintos idiomas, adaptarnos a las largas campañas.

La geología me ha permitido no sólo conocer distintos parajes físicos, sino también ver distintos escenarios, convivir con la gente de lugares apartados, en ranchos de adobe, tomar mate, jugar al truco (yo no sé jugar al truco, pero cebaba mate), tomar un vino, ocuparme de muchas falencias que tenían las poblaciones aisladas y tratar de colaborar. Me ha tocado, por ejemplo, ir a la Puna y de pronto observar en algunos poblados que contaban con un enfermero y un pequeño botiquín, pero no tenía cómo moverse porque los pobladores vivían en un radio de diez kilómetros, otros a 20 kilómetros. En una oportunidad compré una moto en San Salvador de Jujuy y se la llevé al enfermero, claro que fue a costo de una empresa, pero se entendió y justificó. Por supuesto cuando voy a esos lugares, me reciben muy bien. Mi relación con las poblaciones campesinas, pobres y aisladas, siempre fue buena, no me costaba, porque viví hasta los 13 años en el campo. Como dije recién, el geólogo suele participar de distintos escenarios, desde vivir semanas en un rancho de adobe y pasar inmediatamente a un hotel cinco estrellas o participar de congresos internacionales, dictar conferencias o cursos o conocer países o regiones que normalmente no están en la línea turística. Hace unos tres años me pidieron que viaje a Armenia a estudiar unos yacimientos de plomo y plata y otros de manganesio. Viajé con una colaboradora, la Dra. Marchionni, excelente geóloga, que fue mi alumna de tesis, actualmente Profesora Titular en la FCNyM. Pudimos recorrer gran parte de su pequeño territorio, conocer a su gente, muy cordial, pero muy sufrida. Recuerdo que tuvimos que ingresar en el límite con Azerbaiyán y nos dio un poco de miedo al observar a las tropas del ejército apuntando con armas de grueso calibre. Por otra parte, la ciudad de Ereván (capital de Armenia) nos encantó, por los coros en sus plazas, sus flores y también por su gastronomía.

En definitiva, recomendaría que los jóvenes se animen a cursar carreras científicas o tecnológicas que ayuden a lograr el desarrollo de nuestro país. Ello no significa menoscabar a las ciencias sociales o ciencias blandas. El país necesita gente capacitada en todos los campos.

Como corolario de esta charla le comento que hace un par de años se organizó en la Facultad de Ciencias Económicas de la UBA una reunión y me solicitaron que hablara sobre mi experiencia como investigador del CONICET, especialmente sobre las publicaciones, categorizaciones (yo me desempeñé a lo largo de mi carrera de investigador científico en diversas comisiones especiales e incluso en la junta de calificaciones del CONICET). En la charla no me referí a las Ciencias de la Tierra. Hablé sobre mis viajes de campo. Conté especialmente sobre algunas experiencias en zonas de las provincias de Jujuy y de Santiago del Estero, donde personas del lugar me contaban sus problemas de salud. Familias que viven en ranchos de adobe me contaban sobre pérdidas familiares. Por ejemplo, le preguntaba a una señora si en su casa había vinchucas, me dice “sí, yo tenía a mi hijo de diez años y estaba muy bien, pero de pronto se murió”. En esas zonas he visto gente con manchas en las manos

y verrugas, originadas por el arsénico en el agua. En esa reunión de la UBA hablé del mal de Chagas-Mazza y del HACRE (hidroarsenicismo crónico endémico) pero especialmente sobre los investigadores que desarrollan esos temas y que no siempre son reconocidos. Señalé que muchos de los artículos científicos elaborados en esos temas no eran bien calificados por sus pares porque eran trabajos “de bajo impacto”, es decir no tenían difusión en revistas internacionales. Eran trabajos de nivel, pero publicados en congresos o revistas nacionales o regionales. Claro está que esas enfermedades no se registran en países de Europa y en Estados Unidos (o raramente), por lo que las publicaciones no siempre son aceptadas. Se trata de enfermedades de poblaciones pobres, por lo tanto tampoco interesan a la industria farmacéutica. Esa charla fue una crítica al mismo tiempo que formó parte, aunque creo que en los últimos tiempos se toman más en cuenta los problemas regionales y ambientales. Ahí mismo me atreví a mencionar que la Junta de Calificaciones no sólo debería considerar el número de trabajos publicados y el nivel de la revista, sino también la importancia del tema y la calidad del trabajo. Mencioné, también, como al pasar, que Gregor Mendel, fraile agustino y naturalista, estudió durante años el comportamiento de variedades de arvejas, y publicó sólo dos pequeños trabajos, en los años 1865 y 1866, en reuniones locales de naturalistas. Sin embargo, por sus contribuciones es considerado actualmente como el “padre de la genética”.

Final

Ambos diálogos siguieron, tanto Lia Botto como Isidoro Schalamuk son protagonistas del efectivo y trascendente desarrollo de la producción científica en la Argentina con impacto mundial, y, por lo tanto, como hemos leído hasta aquí, no sólo cuentan fórmulas o describen superficies. Filosofan, es decir aman el conocimiento. Filosofan, aman, es decir piensan el mundo a partir de sus “aldeas”. Filosofan, aman, piensan, es decir comprenden -en sus definiciones- lo infinitesimal mirando a todo lo “otro”. Eso que dicen que es la Patria.

Sus historias siguen, están plenos de vitalidad, de proyectos, de sugerencias potentes. Nosotros los dejamos aquí. Tenemos tanto por repasar, recordar (eso, volver a pasar por el corazón) y reposicionar. Hace más de 50 años que nos lo están diciendo, con humildad y sabiduría. Así como dicen que se hace el conocimiento. En estos casos, son a los “hombros” de ellos desde los que debemos mirar el Futuro (aunque sea sólo a expensas de una piedrecita que nos insume casi toda la Esperanza).

Dr. Carlos J. Giordano, octubre de 2020