

PROYECTO LITIO DE UYUNI: Análisis de los Avances Recientes.

Saul J. Escalera, Ph.D.

sjescalera@yahoo.com

Diciembre 6, 2010

Durante los últimos cinco años el tema del aprovechamiento de los recursos evaporíticos del Salar de Uyuni ha sido analizado extensamente por propios y extraños. En efecto, muchos han sido los artículos publicados en la prensa nacional, así como también en conferencias nacionales y regionales conducidas al respecto.

Una gran mayoría proviene de políticos, sociólogos y economistas, que han hecho comparaciones exageradas, inclusive llamando a Bolivia “La Arabia Saudita del Litio” haciendo referencia al país de oriente medio que se encuentra en un enorme mar de petróleo. Otros, han comentado sobre los enormes ingresos económicos que Bolivia obtendrá de la venta del metal que actualmente está de moda entre los fabricantes de automóviles eléctricos, pero los más no son sino producto de la fantasía, sin base científica y/o tecnológica que las sustente. Y no ha faltado que alguien plantee la distribución de la renta del litio en forma equitativa a todos los bolivianos sin que hayamos aún producido ni un gramo del metal.

En toda la información publicada sobre el Salar de Uyuni, casi todo ha sido dedicado al tema del litio solamente, dejando de lado otros elementos químicos componentes de las salmueras. En este escenario el litio ha resultado ser la “primaballerina” de la fiesta, mientras que el potasio, sodio y cloro son las chicas feas, sin tomar en cuenta que por su contenido mayoritario, relativa facilidad de recuperación, e importancia industrial, tal vez, se tornan más importantes que el mismo litio, tal es el caso del potasio por ejemplo.

También se ha exagerado sobre las reservas de litio que tiene el salar. En efecto, recientemente la noticia de que Bolivia cuenta con 100 millones de TM de litio metálico en las salmueras de Uyuni y que durará 5.000 años, fue difundida casi en todos los periódicos del país. Este anuncio posiblemente causó optimismo en los más pesimistas de los habitantes de este país, pero en opinión de los expertos existe una astronómica exageración en las cifras anunciadas donde se ha cometido el error de añadir ceros demás.

Antes que dar anuncios grandilocuentes, los bolivianos tenemos que analizar fríamente las posibilidades técnicas de desarrollar el famoso salar, en base a estudios científicos serios publicados en los últimos 40 años y otros de corte tecnológico producidos recientemente por ingenieros bolivianos expertos en el rubro de evaporitas, terminando con el planteamiento de soluciones técnicas reales para el manejo apropiado de ese emporio de metales alcalinos que es el Salar de Uyuni.

El presente artículo es diferente, porque analiza fríamente las posibilidades técnicas de desarrollar el famoso Salar de Uyuni en todo su potencial. Porque pensar sólo en el litio y su aplicación en baterías de ión Li^+ – que es la atracción de todo el mundo – sería miope porque los otros componentes, potasio por ejemplo, por su importancia para garantizar la seguridad alimentaria mundial darán a Bolivia mejores y mayores ingresos económicos.

1. UN POCO DE HISTORIA SOBRE EL SALAR DE UYUNI

Según Brockmann [2007], el Salar de Uyuni está localizado en la cuenca endorreica del altiplano boliviano, tiene una superficie de 9.439 km² y una altura promedio de 3.653 msnm. Es el mayor depósito evaporítico de Sudamérica, con un eje de 140 km en dirección este-oeste y 110 km en sentido norte-sur. El clima es árido con precipitación anual de 350 mm especialmente de enero a marzo y una temperatura máxima de 14 °C.

Por su parte, los investigadores Risacher (francés) y Ballivián (boliviano) en 1981 sostenían que la formación del salar de Uyuni se hizo como consecuencia de la sequía total del antiguo Lago Tauca y subsecuente precipitación química; esta evaporación lenta trajo como consecuencia la deposición de sales, formando los salares de Uyuni y Coipasa.

❖ Descubrimiento de Litio y Potasio en el Salar de Uyuni.

La composición química del salar de Uyuni fue estudiada primero por Alfeld y Schneider-Serbina en 1964, concentrándose mayormente en la costra superficial de cloruro de sodio. Durante el período 1972-1975, utilizando los satélites LANDSAT 1 y 2 de la NASA, el programa de Satélite Tecnológico de Recursos Terrestres (ERTS) obtiene imágenes satelitales que mostraron fluctuaciones de la costra de sal.

En Septiembre 1976, por medio de los programas ERTS y Earth Resources Observation System (EROS) de la USGS, y participación de especialistas nacionales de GEOBOL y la UMSA-ORSTOM, se realizaron investigaciones sistemáticas que confirmaron altas concentraciones de litio y potasio en una superficie de 2.500 km² de la región sudeste del salar en las inmediaciones de la desembocadura del Rio Grande. Como resultado de dichas investigaciones, la prensa nacional publicó los titulares “Un gran depósito de litio fue descubierto en el Salar de Uyuni” (El Diario, Septiembre, 1976).

Según Brockmann (2007), a fines de 1976 se decidió realizar la verificación de campo en Colchani y se estudió el detalle de la superficie del salar con 22 muestras. Los análisis químicos respectivos revelaron concentraciones significativas de litio y potasio en la región de Colchani. La muestra # 11 mostró 540 ppm de litio, es decir 8 veces más de lo normal de muestras de otras partes del salar. Estos estudios demostraron que la zona sudeste del Salar de Uyuni es la de mayor riqueza de sales de potasio y litio.

❖ Naturaleza Química de la Salmuera del Salar.

El salar durante la mayor parte del año es seco, con una superficie formada por una costra dura de halita (cloruro de sodio) con espesores variables en diferentes zonas, existiendo en sus partes marginales capas suaves e impuras de yeso (sulfato de calcio) y ulexita (compuesto de boro). Debajo de la costra superficial de halita con un promedio de 10 m de espesor, se encuentra la salmuera remanente encajonando cloruros de litio y potasio.

Tomando como base el trabajo realizado por Ericksen y Vine [1976], se han calculado los porcentajes para los distintos minerales presentes en la salmuera del Salar de Uyuni, y son: 65,8% como cloruro de sodio; 7,3% como cloruro de potasio; 24,7% como carnalita una mezcla de cloruros de potasio y magnesio y 2,2% como cloruro de litiol. Los minerales mencionados aquí han sido confirmados por otros investigadores del Salar de Uyuni en la década de los 90.

❖ **Reservas Actuales de los Componentes del Salar de Uyuni.**

Según un informe de Septiembre 2010 del grupo CCII-REB de la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos (DNRE) de Comibol – que oficialmente está a cargo del proyecto litio de Uyuni – las reservas calculadas de los componentes del salar de Uyuni en orden decreciente serían las siguientes: **cloro** 3.140 millones de TM; **sodio** 1.600 millones de TM; **magnesio** 211 millones de TM; **potasio** 194 millones de TM; **litio** 8,9 millones de TM; **boro** 7,7 millones de TM. Estas cantidades varían poco de aquellas informadas por otros autores como Risacher y Ballivian [1981] y Escalera [1995], considerando la aleatoriedad y el error experimental en la toma de muestras. Lo extraño es que un mes después, en el informe “Industrialización de los Recursos Evaporíticos – Informe Fase 1 y Perspectivas Fases 2 y 3” presentado en Octubre 2010, la DNRE de Comibol, indica que según los trabajos exploratorios realizados en el salar existen 100 millones de TM de reservas de litio.

Es interesante observar cómo en un mes la cantidad de reservas de litio en Uyuni se elevan en 10 veces, sin explicar el fundamento científico que dio lugar a esta cifra. Esta incoherencia en la misma entidad responsable del desarrollo del Salar de Uyuni, con dos informes contradictorios sobre el mismo asunto en sólo un mes, hace dudar de la seriedad y capacidad con que Comibol está manejando el proyecto más importante para Potosí y Bolivia.

En resumen, sugerimos que para seguir adelante con el proyecto litio se utilice la concentración de 0,542 g/L, como promedio y las reservas de 8,9 millones de TM informadas en Septiembre por el grupo CCII-REB. No debemos caer en la misma quimera del gas natural boliviano, de hacer proyectos y planes con reservas infladas.

❖ **Magnesio – Un Problema**

La alta presencia de magnesio en la salmuera de Uyuni hace difícil aplicar todo proceso de separación conocido actualmente, obteniendo bajas recuperaciones de carbonato de litio, y habrá que desarrollar procesos de extracción más complejos e innovadores. Según los estudios de ORSTOM-UMSA, la relación Mg/Li en el salar de Uyuni es la más alta del mundo (23,6) comparada por ejemplo a la segunda del salar del Rincón en Argentina (cerca de 10) o a la de Atacama en Chile (cerca de 6).

Mientras el grupo CCII-REB de Comibol sigue estudiando este problema, el Dr. Voigt del grupo Technikum-UATF de Potosí ha informado que en pruebas de laboratorio ha logrado vencer toda resistencia de separación del magnesio y sulfatos complejos, y ha obtenido carbonato de litio en un porcentaje cerca del 90 % y una recuperación del 50 %; este proceso está siendo patentado, hecho que debe alegrar a los bolivianos.

2. INTENTOS DE DESARROLLO DE TECNOLOGIA PARA EL LITIO EN BOLIVIA.

Actualmente existen dos grupos de investigadores que están trabajando sobre el desarrollo de la tecnología apropiada para la extracción de litio y Potasio en Bolivia. Uno, el grupo CCII-REB de Comibol financiado sustancialmente por el gobierno nacional, y el otro Technikum-UATF de Potosí financiado con recursos propios muy escasos. Un resumen de actividades de cada grupo se presenta a continuación.

❖ **Tecnología Desarrollada por el Grupo CCII-REB de COMIBOL.**

El año 2008 el Gobierno Nacional conformó una Comisión Científica llamada CCII-REB de técnicos bolivianos con un financiamiento de \$US 5,6 millones, bajo la supervisión del Ministerio de Minas y Metalurgia, la Dirección Nacional de Recursos Evaporíticos y la Comibol para desarrollar el proceso tecnológico de recuperación del litio y potasio del salar.

Por mucho tiempo existió un total hermetismo sobre el trabajo de la CCII-REB, y los expertos no tuvimos acceso a los resultados de sus experimentos. Después de dos años, en Octubre 2010, durante el II Seminario Interno realizado el 3 y 4 de Septiembre en La Paz, el equipo técnico de la CCII-REB ha presentado su primer informe titulado: “Avances en el procesado, tratamiento y análisis de las salmueras del Salar de Uyuni”, donde muestran los avances que se han hecho en la construcción de infraestructura para oficinas, dependencias y una Planta Piloto de producción de carbonato de litio (ver: www.evaporiticobolivia).

En base a esta información, el Complejo Químico que se levantará en Uyuni consistiría de 4 plantas: (1) tres piscinas de evaporación de la salmuera (60.000 m² de área) impermeabilizadas con geomembranas para cristalizar las sales de Na y K, dejando el Li y otros minerales en la salmuera; (2) planta de producción de 40 TM/mes de carbonato de litio, previa eliminación del Ca y Mg; (3) planta de separación por flotación de la silvita (KCl) para producir 1.000 TM/mes de concentrados de potasio en grado de fertilizante; y (4) planta de producción de Li metálico y derivados, incluyendo fármacos y baterías de ión-Li; en 5 fases progresivas. El informe de la CCII-REB, indica que las 2 primeras plantas estarán listas para entrar en funcionamiento en Diciembre 2010, las otras 2 plantas entrarán en servicio a fines del año 2011. Posteriormente al año 2014 se planea producir 30.000 TM/año de carbonato de litio, y 700.000 TM/año de cloruro de potasio grado de fertilizante.

Según el Ing. Echazú de la DNRE, en su presentación de Octubre 2010, indicó que la tecnología desarrollada incluye que en la primera piscina se separará el cloruro de sodio, que es la sal común. El líquido restante pasará a una segunda piscina, de la que se obtendrá tras un proceso de evaporación una mezcla de cloruro de sodio y cloruro de potasio. Este último producto separado tras un tratamiento químico podrá ser comercializado como fertilizante. Tras el paso por otras dos piscinas, las salmueras ya enriquecidas en litio entrarán a una planta y luego de aplicar la fórmula boliviana a ser patentada, se obtiene un licor enriquecido con 60 gramos por litro de litio, magnesio y boro. Finalmente, tras eliminar esos dos últimos elementos quedará el producto final: el carbonato de litio.

Como experto, hago notar que este esquema de producción descrito por Echazú es el proceso tradicional utilizado para salmueras de otras partes del mundo, v.g. Saskatchewan en Canadá, Searles Lake, Utah y Carlsbad en USA, Atacama en Chile y Tibet en China. Entonces, el grupo CCII-REB está trabajando sobre lo que ya se conoce en el mundo industrial de evaporitas y no vemos ningún proceso innovador que amerite ser patentado, tal como ha anunciado Echazú. También debe preocuparnos las bajas recuperaciones obtenidas en el proceso desarrollado por el grupo, y que serían: 35% para el carbonato de litio y 75% para el cloruro de potasio. En nuestra opinión, estas recuperaciones son muy pobres para ambos productos, porque en el caso del carbonato de litio Chile obtiene recuperaciones mayores al 50% y el grupo Technkium–UATF ha obtenido el mismo resultado en Bolivia. En el caso del cloruro de potasio el autor de este artículo ha obtenido 90% de recuperación del potasio por el proceso de flotación con colector de amina primaria y promotor oxido de amina [US Patent No. 4.325.821, Abril 20, 1982, de Saul J. Escalera].

Es necesario y urgente que DNRE contrate a un grupo de expertos bolivianos en el rubro del procesamiento de evaporitas para evaluar el trabajo hasta ahora realizado por la CCII-REB, y sugerir acciones que garanticen la viabilidad técnica, económica y financiera de todo el proyecto.

❖ **Tecnología Desarrollada por el Grupo Technikum–UATF de Potosí.**

La Universidad Autónoma Tomás Frías de Potosí, con apoyo académico-científico de la Universidad Técnica “Academia de Minas de Freiberg” de Alemania, ha conformado el grupo Technikum–UATF que desde hace dos años está desarrollando una “Estrategia de aprovechamiento integral de los recursos naturales del salar de Uyuni”, este emprendimiento tiene un presupuesto económico reducido enteramente universitario, debido a que hasta ahora el gobierno nacional no han respondido positivamente para financiar este esfuerzo de desarrollo científico y tecnológico de la UATF que quiere contribuir al desarrollo integral del salar de Uyuni.

El Dr. Claros de la UATF y el Dr. Wolfgang Voight de la Universidad Técnica de Freiberg de Alemania han informado que los principales resultados obtenidos hasta la fecha por el grupo Technikum–UATF son los siguientes (ver: <http://www.plataformaenergetica.org/content/381>): (a) se ha diseñado y construido de conos de evaporación intensiva, que han permitido lograr una velocidad de evaporación de 80 a 120 litros de agua/día-cono, en condiciones normales del Salar de Uyuni y laboratorios de la UATF en Potosí; (b) empleando una misma superficie de exposición al aire y un mismo volumen de salmuera bruta, el cono de evaporación intensiva necesita solo una décima parte del periodo que emplea una piscina de evaporación tradicional, para lograr una cosecha de salmuera concentrada; (c) estos conos de evaporación intensiva logran elevar de 0,5 a 12 gramos de litio por litro de salmuera concentrada, obteniéndose además cristales con alto grado de pureza de cloruro de sodio y cloruro de potasio.

En pruebas de laboratorio, venciendo toda resistencia de separación del magnesio y sulfatos complejos, se ha obtenido carbonato de litio de más y menos 90 % de pureza y una recuperación que ya redondea el 50 % y los productos adicionales que se obtienen son: ácido bórico, cloruro de potasio, cloruro de sodio y otros productos comerciables. Finalmente, el proyecto garantiza la preservación ambiental y la integridad física del Salar de Uyuni y cuenta con planes de incentivación del flujo turístico en la región. Según el Dr. Voigt, “la idea innovadora de usar conos de evaporación ha merecido la obtención de una patente, que es una patente boliviana - alemana, en forma paritaria entre la UATF y la Universidad de Freiberg, cada uno con 50%”.

Las siguientes fases de este proyecto abarcan: (a) el estudio a nivel de factibilidad y construcción de una micro planta experimental de producción de carbonato de litio (Li_2CO_3) en base a los parámetros de operación comprobados en el Technikum-UATF, y (b) el proyecto contempla el diseño de ingeniería de la planta de producción industrial de carbonato de litio e integralmente de los productos y subproductos de la química básica, a partir de los recursos del Salar de Uyuni.

El objetivo final de los estudios realizados en Potosí es lograr un permanente escalamiento de valores, hasta lograr en un tiempo corto resultados que se parangonen con los exigidos por la competitividad del mercado internacional del Litio. Finalmente, el proyecto incluye la creación del Centro Latinoamericano de Formación de investigadores y profesionales especialistas para la explotación de salmueras en Bolivia. Al respecto, Voigt dijo: “Queremos constituir un Instituto de Salar que sería único en América del Sur, con la posibilidad de que puedan acoger también a los interesados de Chile y Argentina”.

En resumen, el grupo Technikum-UATF en poco tiempo y sin apoyo financiero del gobierno nacional, ha logrado avances técnicos para el aprovechamiento de los metales del Salar de Uyuni, mayores y más convincentes que el grupo CCII-REB de Comibol, que en dos años y un financiamiento de casi \$US 8 millones, simplemente ha duplicado una tecnología ampliamente conocida en el mundo industrial de evaporitas, y no vemos ningún proceso innovador que amerite ser patentado, tal como ha anunciado el Ing. Echazú.

Es que simplemente “están reinventado la rueda” como dice el Dr. Zuleta, conocido economista boliviano experto en litio. Como siempre, así andamos en Bolivia, porque sigue habiendo gente que cree que con ellos empieza la historia, nunca se informan sobre lo que se hizo antes o lo que están haciendo otros grupos de investigadores.

3. GRAN COMPLEJO INDUSTRIAL DEL SALAR DE UYUNI.

Las perspectivas del crecimiento futuro de la economía potosina y el occidente boliviano están estrechamente ligadas al desarrollo de todo el potencial que tiene el Salar de Uyuni. Pensar sólo en el litio y su aplicación en baterías de ión Li⁺ para automóviles eléctricos – que es la actual atracción de todo el mundo – sería miope porque los otros componentes metálicos y no-metálicos son tan importantes como el litio.

Por ejemplo, en base a la producción de 30.000 Tm/año de carbonato de litio y 700.000 TM/año de cloruro de potasio anunciados por el Ing. Echazú de la DNRE, se puede demostrar fácilmente que anualmente el potasio dará a Bolivia el doble de ingresos económicos que el litio.

En nuestra opinión, y para no caer en la trampa de ser simples exportadores de carbonato de litio y cloruro de potasio – que son básicamente materia prima – el gobierno nacional debe comprender que la alternativa más conveniente es establecer un Gran Complejo Industrial en Uyuni en base a una nueva estrategia de convertir el Li, K, Na, Cl y Mg del salar en productos de valor agregado exportables. En consecuencia, planteamos que el Complejo Industrial de Uyuni se construya en base a las siguientes actividades industriales: (1) Planta industrial de derivados del litio; (2) Planta de producción de fertilizantes NPK; (3) Planta industrial de cloro-soda-PVC; (4) Planta industrial de magnesio; y (5) Planta industrial de derivados del borax.

Las tecnologías correspondientes a cada industria son de conocimiento general entre los técnicos bolivianos expertos en evaporitas. Cabe hacer notar que en el caso de las plantas de NPK y Cloro-Soda-PVC, ya existen los estudios de pre-factibilidad correspondientes, elaborados por técnicos bolivianos en los últimos 4 años. Sin embargo, habrá necesidad de licitar la contratación de empresas especializadas para que elaboren los documentos IPC (ingeniería, procura y construcción) para cada planta, en base a los cuales se construirán las plantas industriales mencionadas.

En resumen, el desarrollo del Salar de Uyuni debe generar un cluster minero emergente en la región que fortalecería al sector en su conjunto, para ser un factor que sostenga a las autonomías de los departamentos de Potosí y Oruro, con un proyecto estrella de largo alcance y rentabilidad sostenida.

4. EL GOBIERNO DEBE PLANTEAR UNA NUEVA ESTRATEGIA.

En base a las consideraciones técnicas anotadas en este artículo, el Gobierno Nacional debe plantear una nueva estrategia de desarrollo de las evaporitas de Uyuni. El Ministerio de Minas y Metalurgia y la Comibol no deben improvisar más con la suerte del proyecto Litio y derivados

del salar de Uyuni, y tienen la obligación de reestructurar la DNRE, con una visión más amplia de trabajo.

Es que Bolivia, país en desarrollo, no puede darse el lujo de tener dos grupos paralelos de ciencia para desarrollar la tecnología sobre el mismo asunto. Estamos seguros que ambos grupos tienen fortalezas y debilidades, y si se junta el esfuerzo y el trabajo ya realizado por cada grupo permitirá el desarrollo de la tecnología en menor tiempo que el previsto. Para avanzar más rápidamente, consideramos que es indispensable que la Comisión Científica del Ing. Echazu, establezca una estrecha relación con los investigadores de la UATF. Además, por su naturaleza innovadora los procesos del grupo Technikum-UATF, a partir de ahora, deben ser tomados como base del desarrollo del proceso de producción de derivados de la salmuera en el gran complejo industrial propuesto para Uyuni.

Sugerimos que el Ministerio de Minas y Metalurgia ordene que los grupos CCII-REB de la DNRE de Comibol y el Technikum-UATF formen un solo grupo de trabajo coordinado que trabaje en Potosí, con el financiamiento ya otorgado por el Gobierno Nacional de \$US 8 millones. Es importante, también, que se permita la incorporación de otros científicos y tecnólogos bolivianos expertos en el rubro del procesamiento de evaporitas que viven en el país y sólo están esperando una oportunidad de poner toda su capacidad al servicio de la Patria. Porque seguir con el esquema actual de trabajar en grupos separados sin ninguna supervisión de expertos bolivianos es la forma más efectiva de lograr poco y perder tiempo y dinero reinventando la pólvora.

Sin embargo, reconocemos que sólo en el rubro de fabricación de baterías de ión-Li⁺ hay necesidad de conformar SAM's con las compañías extranjeras que están a la vanguardia del desarrollo tecnológico de estos artefactos. Al respecto, en los últimos dos años cinco empresas extranjeras expresaron su deseo de ser parte del negocio del litio: las japonesas Mitsubishi y Sumitomo; el consorcio francés Bolloré-Eramet; la brasileña Vale do Rio Doce y la coreana Kores.

Finalmente, sostenemos que la estrategia planteada en este artículo es necesaria para el desarrollo del país, y no debe paralizarse ni un segundo frente al desafío del pueblo boliviano de desarrollar su salar más famoso, produciendo derivados del litio, potasio, sodio, cloro, magnesio y borax para el mercado interno y para la exportación en forma mediata, es decir en dos años a lo máximo.

Basta ya de discutir sobre quién debe ser responsable del desarrollo industrial del Salar de Uyuni. ¡Todos los bolivianos somos responsables de ello!.

(*) El Dr. Saul J. Escalera, es Ph.D. en Ingeniería Química de USA, y experto consultor en procesos industriales con sede en Cochabamba.