

TALTALIA®

Revista del Museo Augusto Capdeville Rojas de Taltal



Revista Taltalia del Museo Augusto Capdeville Rojas de Taltal N° 12 Año 2019



ÍNDICE

Palabras del Director	5
Editorial	7
Benjamín Ballester Presentación y transcripción de un artículo de Augusto Capdeville ante la Société Scientifique du Chili: pueblos prehistóricos de la zona marítima de Taltal	11 - 17
Nicolás Richard y Consuelo Hernández Notas sobre los motores en las caletas del litoral de Taltal	19 - 35
Claudio Galeno-Ibaceta, José Antonio González y Marcelo Lufin De la vista más bonita a las exigencias sanitarias: establecimientos hoteleros, medios y salud pública en la modernización de la vida urbana de Antofagasta	37 - 61
Enrique Cortés Larravide Algunos datos acerca de los habitantes de la costa de Caldera, Paposo y Cobija a finales del Siglo XVIII: la visita de indios por Eduardo de la Cerda, 1792, valle de Copiapó	63 - 71
Patricio Espejo La planta experimental del Sistema Guggenheim en la oficina salitrera Cecilia de Antofagasta (1922-1923)	73 - 91
Horacio Larraín y Daniela Rivera Aspectos antropológicos de la Provincia de Tarapacá según el relato del químico inglés William Bollaert en 1854, con especial referencia a la descripción de grupos changos de la costa árida del norte de Chile	93 - 108
Benjamín Ballester La colección Paul Thommen del American Museum of Natural History de Nueva York	109 - 116
Damir Galaz-Mandakovic Luces yugoslavas para el oscuro puerto de Tocopilla. De la innovación a la obsolescencia (1914-1942)	117 - 133
Reseña Sergio Prenafeta La Puerta del Desierto: Estado y Región en Atacama. Taltal, 1850 – 1900 de Miltón Godoy Orellana	135 - 136
Normas Editoriales	137 - 140

LA PLANTA EXPERIMENTAL DEL SISTEMA GUGGENHEIM EN LA OFICINA SALITRERA CECILIA DE ANTOFAGASTA (1922-1923)

THE EXPERIMENTAL PLANT OF THE GUGGENHEIM SYSTEM AT THE CECILIA NITRATE WORK OF ANTOFAGASTA (1922-1923)

Patricio A. Espejo Leupin¹

RESUMEN

Se presentan la historia y características del establecimiento industrial operado por la firma Guggenheim Brothers cerca de la oficina salitrera Cecilia en la pampa de Antofagasta durante 1922-1923, donde se llevaron a cabo las pruebas de su sistema de elaboración de salitre. Se incorporan datos de la tecnología experimental del proceso, junto con la descripción y levantamiento del sitio de la planta. Se incluye a la vez una reflexión de su dimensión histórica y su importancia como patrimonio industrial.

Palabras clave: salitre, Guggenheim, tecnología, patrimonio industrial, oficina salitrera Cecilia.

ABSTRACT

This contribution presents the history and characteristics of the industrial establishment operated by the Guggenheim Brothers firm near the Cecilia nitrate work in the pampa of Antofagasta during 1922-1923, where tests on its nitrate processing system were carried out. It incorporates data from the experimental technology of the process, along with the description and survey of the plant site. It also includes a reflection on its historical dimension and importance as industrial heritage.

Key words: nitrate, Guggenheim, technology, industrial heritage, Cecilia nitrate work.

1. Investigador independiente. espejoleupin@gmail.com

DESDE EL MOMENTO QUE LOS HERMANOS Guggenheim decidieron entrar en el negocio salitrero, la historia de esta industria y del territorio donde ejercía sus influencias no sería la misma. La irrupción del grupo norteamericano vendría de la mano no solo de grandes ambiciones monopólicas –muy al estilo del país del norte– sino que de un cambio tecnológico que revolucionaría todo lo conocido hasta entonces. La forma de hacer minería del nitrato cambiaría, y con ello toda la cultura que se había formado en torno a esa actividad.

En 1916, en plena guerra mundial, la firma comenzaría a investigar el mercado del salitre chileno². El conflicto había provocado una serie de altibajos, y la necesidad de asegurarse tan estratégico producto había llevado a varios países europeos a potenciar la industria de fertilizantes artificiales, que antes de la guerra se desarrollaba tímidamente. Estados Unidos también había comenzado lentamente este camino. A pesar de las variaciones de las ventas y de la creciente competencia, el negocio salitrero chileno aún era de importancia mundial, generaba altas ganancias en sus períodos de alza y representaba un factor estratégico en las relaciones económicas entre Sudamérica y el resto del mundo.

Pero la industria luchaba no solo con problemas comerciales. La tecnología y los métodos de elaboración del nitrato no eran capaces de mantener su eficiencia, dado que los yacimientos de altas leyes, y de otras características que los hacían de fácil tratamiento, se habían ido agotando

progresivamente. El caliche, la mena del nitrato de sodio, no es un mineral, sino la mayoría de las veces una amalgama de diversas sales y rocas, con enorme variabilidad, tanto química como física.

El sistema Shanks, metodología de elaboración con base en la disolución a alta temperatura introducida en 1876, se había mantenido como el principal método de producción en las oficinas, a pesar de sus limitaciones al trabajar con caliche de bajas leyes o con presencia de ciertos compuestos. En los tiempos de explotación de los yacimientos de alta ley y fácil solubilidad, los fenómenos químicos que complicaban el trabajo no habían merecido el interés de los productores, ya que el retorno de las inversiones era altísimo: mientras diera ganancias rápidas, no había necesidad de generar investigación. Sin embargo, la explotación de terrenos de menor ley de nitrato y de mayor presencia de otras sales que complicaban la elaboración con el sistema tradicional –sulfatos, percloratos, compuestos de magnesio– hizo imprescindible buscar mejoras en todos los ámbitos.

Hubo decenas de sistemas probados, algunos de ellos con grandes inversiones, pero ninguno capaz de lograr resultados económicos suficientes que justificaran abandonar el método tradicional. Con todas sus limitantes y bajo rendimiento, el sistema Shanks seguía siendo la alternativa más simple, sin sorpresas, que al menos generaba ganancias. Hubo sistemas nuevos que lograron buenos resultados en las oficinas en que se instalaron, pero que no pudieron masificarse en el resto de la pampa, siendo las principales razones la situación económica de las compañías dueñas y su poca adaptabilidad a la variedad de yacimientos. En este último sentido, la simplicidad del sistema

2. Harvey O'Connor (1937) sostiene que fue en 1916 que la firma se interesó por el salitre, a partir de sus entrevistas a los hermanos Guggenheim. Años más tarde, en 1953, Harry Guggenheim señaló que se interesaron en dicho negocio en 1918.

Shanks era una de sus mejores virtudes.

Es así que entre los sistemas relativamente exitosos pueden mencionarse el Gibbs, el Alemania, el Seaward, el Poupin, el Astoreca y particularmente el Allen, que era la mayor innovación frente al Shanks. Años después, se quedarían en buenas promesas los sistemas Vuskovic, Balkan y Banthien. Por otro lado, los fracasos se contaron por docenas, destacando el Nordenflycht, con el que se construyeron varias oficinas que al poco andar debieron modificarse al sencillo y confiable Shanks. Por cada sistema implementado hubo a la vez docenas de inventos, patentes y experimentos de todo tipo.

Fuera de estas innovaciones de fondo, los salitreros realizaron grandes desembolsos para mejorar la generación de energía, chancado por etapas y modernización mecánica, las que, si bien ayudaron a la industria, no fueron cruciales a la hora de asegurar el resultado de las compañías. Entre 1895 y 1925 habían gastado en pruebas e instalaciones de elaboración \$65.150.000 y en los perfeccionamientos mecánicos £5.089.860 (Asociación de Productores de Salitre de Chile 1926: 110-115). Para la Asociación de Productores (que reemplazó a la Asociación Salitrera de Propaganda en 1919) la rebaja del impuesto fiscal seguía siendo su ambición más anhelada, ya que les permitiría volver a tener jugosas utilidades sin necesidad de cambios tecnológicos.

En este contexto de urgencia ante la creciente competencia de los productores sintéticos, y donde las soluciones parecían no ser las adecuadas, Guggenheim decidió intervenir para controlar la industria. Hace poco habían inaugurado las faraónicas instalaciones de Chuquicamata y su planta eléctrica en Tocopilla,

por lo que contaban con una inmejorable ventaja de infraestructura. Muy distinto a su primera aventura en el desierto de Atacama, 17 años antes, en la fundición de Playa Blanca de Antofagasta³.

Albert Cameron Burrage, socio de los Guggenheim en sus correrías en el cobre chileno, junto al ingeniero desarrollador del método metalúrgico de Chuquicamata, Elias Anton Cappelen Smith, plantearon a los norteamericanos que era posible seguir expandiendo sus intereses en el desierto, ampliándose al salitre. Se dirigieron así a J. P. Morgan & Co. con quienes se organizó una cuenta en que ambas entidades participaban en partes iguales. Burrage entró al negocio con el 10% de la parte de Guggenheim, o sea el 5% del total (O'Connor 1937). Con el financiamiento ya asegurado, podía comenzarse la investigación científica en forma simultánea a la búsqueda de un lugar en el mercado. El desarrollo técnico estaría a cargo de Cappelen Smith.

Los norteamericanos se acercaron entonces a la casa Gibbs, viejos conocedores del salitre, a través de Morgan Grenfell & Co. de Londres —parte del grupo Morgan— enviándole en mayo de 1919 las principales ideas, y luego reuniéndose en junio del mismo año. La propuesta de Guggenheim la había expuesto originalmente Harry, hijo de Daniel, este último cabeza de la familia: un método de elaboración más barato, que permitiera cerrar las plantas más antiguas y eliminar mano de obra, junto con suprimir el impuesto de exportación fiscal. Todo ello en el contexto de establecer un *trust*, que

3. En nuestro libro *El Dr. Stanley Freed, los Guggenheim y la industria del salitre en Chile* (Espejo en prensa) recopilamos la información disponible hasta el momento sobre este episodio poco relatado de Antofagasta y Guggenheim.

sería, obviamente, manejado por los Guggenheim. Se levantarían una o dos oficinas completamente mecanizadas por distrito, centralizando la generación de energía eléctrica y los embarques, con lo que se pensaba en reducir todos los costos del proceso.

La respuesta de Gibbs fue negativa, pues consideraban que afectaría a los intermediarios (entre ellos su propia casa) y al ser un monopolio norteamericano, los países competidores darían mayor énfasis a su producción sintética. En noviembre de 1919, Harry Guggenheim, Cappelen Smith y Paul Mayer (ingeniero noruego que tomaría protagonismo más adelante) se reunieron con Gibbs en Londres, para proponerle una asociación con el Estado chileno que aportaría sus propiedades salitreras. Si no podía eliminarse el impuesto fiscal, la idea era no subirlo a la nueva empresa, y se comprarían todos los ferrocarriles de la pampa para establecer un solo gran sistema de transporte y embarque mecánico. Gibbs no varió su opinión. El monopolio seguiría existiendo en una sola compañía, esta vez chileno-norteamericana, y se eliminaría tanta mano de obra que era difícil que el gobierno estuviera de acuerdo. Se seguían afectando los intereses de los intermediarios, y los productores ya instalados perderían sus inversiones actuales (O'Connor 1937; Soto 1998).

EXPERIMENTOS PREVIOS Y EQUIPO

Como ya mencionamos, junto con las negociaciones con Gibbs durante 1919, Guggenheim había decidido emprender el desarrollo de un proceso de tratamiento del caliche que asegurara su idea de

trabajar las pampas chilenas a gran escala, siguiendo el ejemplo de la explotación de los pórfidos cupríferos. Cappelen Smith reunió entonces a un grupo de sus colaboradores en la Chile Exploration Company, incluyendo a algunos que ya tenían experiencia en Chile. El equipo alcanzó unos 15 miembros, liderados por un grupo de *chief assistants* del noruego (Bain y Mulliken 1924). Entre ellos encontramos al ingeniero metalúrgico Paul Hirschl Mayer y a los ingenieros químicos Charles Lalor Burdick, Edgar Stanley Freed, Mendum Bartlett Littlefield y Paul D. V. Manning (Brand 1943).

Si estudiamos sus antecedentes, podemos identificar claramente dos grandes corrientes en el equipo. Por un lado, profesionales que habían trabajado en minas o plantas de la firma, capacitados para las soluciones ingenieriles del proyecto -Meyer, Littlefield y el propio Cappelen Smith-, y por otro lado, químicos con carrera académica, posgrados y sin embargo cercanos a la ciencia aplicada o la mineralogía, como Burdick, Freed y Manning. Ambos ámbitos debían trabajarse para diseñar un nuevo proceso, que partiría con el estudio del comportamiento químico de la mena del salitre. Solo después podrían diseñarse procedimientos que permitieran aprovechar las características descritas en el laboratorio.

Los antecedentes académicos del equipo principal eran variados. Mayer estudió en la Universidad de Princeton, Burdick en Drake, Freed en la Universidad de Tennessee y Manning en el California Institute of Technology (Caltech). Es llamativo que los tres primeros completaron posgrados en el MIT (Massachusetts Institute of Technology), una de las instituciones más prestigiosas de

la ingeniería. Manning, por su parte, se doctoró en la Universidad de Columbia, y Burdick, aparte del MIT, obtuvo posgrados en diversas universidades europeas⁴.

Como mencionamos, gran parte del equipo surgió desde la *Chile Exploration Company*. Mayer trabajaba en la empresa desde 1911, habiendo estado en Chile en diversas oportunidades, por ejemplo, en 1918 y 1921. Burdick, por su parte, formaba parte de la Chilex desde 1918, y estuvo en Chile en 1919 y en 1920-1921. Ambos volverían para las pruebas en la oficina Cecilia. Freed se integró a la Chilex al menos desde 1921, y su primer viaje a la pampa fue para la construcción de la planta experimental (Espejo en prensa).

El trabajo en los laboratorios en Nueva York no comenzó desde cero, pues se llevaron a cabo en Chile diversas pruebas. Las primeras habrían sido una serie de experimentos de lixiviación de caliche hechos de manera rústica, para luego lograr salitre cristalizado por medio de la refrigeración artificial, usando un refrigerador o heladera común. Algunos ensayos también se hicieron en los laboratorios de Chuquicamata, por entonces aún controlado por Guggenheim, información relevante pues nos muestra la relación técnica entre ambos núcleos de actividad minera norteamericana y el papel que cumplió el yacimiento cuprífero en la historia de la tecnología del nitrato.

Ya con algunos datos de estas experimentaciones iniciales, se enviaron 50 toneladas de caliche en barco con destino a Estado Unidos (Brand 1943)⁵. Las

muestras fueron recolectadas y enviadas a través de Gibbs & Co (Soto 1998). Es evidente que los datos que se hicieron públicos antes de la construcción de la planta experimental de la oficina Cecilia corresponden a los resultados obtenidos en Nueva York. Estas investigaciones se extendieron entre 1919 y 1920, y se centraron en definir dos grandes temas: el comportamiento químico del caliche en un tratamiento cíclico de lixiviación a baja temperatura, y la cristalización mecánica del nitrato mediante refrigeración artificial.

En el caso de la lixiviación, y ya que se intentaba tratar grandes volúmenes, era necesario un bajo gasto de combustible, lo que se lograría trabajando a temperaturas ambientales. Se definieron las características del sistema de sales de sodio (nitrato, cloruro y sulfato) y su comportamiento en presencia del potasio, magnesio y calcio, al disolverse en agua tibia o fría. Se identificó cómo el ion sulfato se combinaba con parte del nitrato disuelto, formándose darapskita ($\text{Na}_3\text{SO}_4\text{NO}_3\text{H}_2\text{O}$), sal doble que actuaba como insoluble, por lo que buena parte del nitrato quedaba en los ripios, haciendo poco económico el resultado. Frente a ello, se definió agregar compuestos específicos que se combinaran con el sulfato, impidiendo la formación de la darapskita y favoreciendo la de astrakanita (bloedita $\text{Na}_2\text{Mg}(\text{SO}_4)_2\cdot 4\text{H}_2\text{O}$), glauberita ($\text{Na}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2$) o singenita ($\text{K}_2\text{Ca}(\text{SO}_4)_2\cdot \text{H}_2\text{O}$)⁶. De tal manera, estas sales se precipitarían quedando en los ripios, impidiendo al máximo la formación de borras salinas y coloidales

4. En el texto anteriormente referido (Espejo en prensa) recopilamos los antecedentes académicos y laborales de estos miembros, así como sus relaciones con la *Chile Exploration Company*.

5. Patricio Díaz, en *Historia del Salitre contada por el yodo* (2005) indica que fueron 5.000 toneladas las enviadas a

Nueva York, lo que es erróneo, ya que esta cantidad es la que se trató en oficina Cecilia, como dejan claro Bain y Mulliken (1924) y *The Mineral Industry* (1924).

6. La revista *Caliche* entrega diversas discusiones sobre el particular desde 1921 al analizar las patentes Guggenheim.

que capturaban nitrato. Los compuestos elegidos fueron sulfatos simples de magnesio y de calcio, o dobles de calcio-potasio y sodio-magnesio, a los que se denominó estabilizantes. Para lograr buenos resultados la lixiviación debía hacerse a una temperatura no mayor de 58°C.

Sin embargo, el fenómeno era conocido. Se había trabajado en algunas oficinas con lixiviación a temperaturas menores que la usual del sistema Shanks, donde la pérdida de nitrato en los rípios solía controlarse desde hacía varias décadas mediante la mezcla de caliches que contuvieran magnesio o calcio, de acuerdo con lo que la práctica recomendaba en cada oficina, pues se sabía que de alguna forma se neutralizaba la presencia de sulfato. No obstante, todo ello se hacía sin mayores investigaciones en detalle, por ejemplo, sin haber identificado las especies minerales que se formaban.

Siendo el nuevo proceso “en frío”, se producirían soluciones de baja concentración de nitrato, decidiéndose utilizar la refrigeración para cristalizar salitre, lo que permitía ahorrar tiempo y grandes cantidades de agua. Por un lado, se buscaba evitar la evaporación de las soluciones, y así, en vez de eliminar solvente para concentrar la solución, se disminuiría la capacidad de disolver sales, bajando la temperatura y agitando el líquido, y así recoger el nitrato que se precipitara. En este proceso los estabilizantes probaron su importancia, pues en laboratorio su presencia permitía descender la temperatura hasta 4°C o menos para cristalizar nitrato, mientras que en el caso de no haber sido agregados se precipitarían sales dobles y mezcladas al irse enfriando.

Por otra parte, se lograba un buen aprovechamiento del calor en una primera etapa, usando intercambiadores para

poner en contacto las soluciones tibias y frías que entraban y salían de la cristalización. En un segundo paso las soluciones se podían enfriar aún más mediante el uso de aparatos de refrigeración de amoniaco o salmueras frías, metodologías comunes en la industria química. En la combustión de petróleo para la generación de energía también se estimó que se aprovecharía el calor para subir la temperatura de las soluciones (Díaz 1926).

Con respecto a la refrigeración mecánica, su uso en la cristalización no era una novedad en la industria salitrera, pues ya existían experiencias mediante la utilización de compresoras de amoniaco en diversas oficinas, principalmente para la producción de salitre potásico, como Delaware, Blanco Encalada y La Granja. Poco después y simultáneo con el desarrollo del sistema Guggenheim, destacaría el trabajo de la compañía Astoreca. Sin embargo, para 1919 el diseño norteamericano era el único que la consideraba como parte esencial de la producción.

Hasta ese momento de desarrollo del proceso, se proponía tratar los caliches en conjunto con los “finos”, es decir, tanto la fracción gruesa chancada como la fina y polvo que se generaba en todas las etapas del procedimiento, a diferencia del sistema Shanks, que los separaba. Finalmente, otro de los resultados fue que en la cristalización se generaban cristales pequeños y homogéneos (0,2 a 0,4 mm) con baja higroscopicidad y mayor pureza en nitrato, los que se consideraron ideales para la industria química⁷. Todos estos aspectos fueron considerados para iniciar la petición de las primeras patentes en 1921, tanto chilenas (4594, 4731, 4732)

7. Patentes francesa y norteamericana. Ver *Caliche* 6(11), febrero 1925 y 7(7), octubre 1925.

como norteamericana (513335, 11517046, 1516550). Posteriormente entre 1922 y 1924 se agregarían otras en el Reino Unido, Chile, Estados Unidos y Francia.

En enero de 1921 Guggenheim comenzó nuevos contactos con la Asociación de Productores, para ofrecer el sistema a cambio de un pago y regalías por tonelada producida, proponiendo hacer ensayos a escala industrial. En julio empezaron a hacerse públicas algunas bases de un posible acuerdo y las condiciones que Guggenheim exigiría. Hasta ese minuto, aún se consideraba que su sistema podía ser aplicado reutilizando las instalaciones de algunas oficinas (algo deseado por los productores que no querían perder sus inversiones). Al final, la asociación encontraría dos condiciones inaceptables: el plazo del contrato, antes de saber si el proceso funcionaba (15 o 20 años de acuerdo con distintos autores) y el precio por su uso. Considerando 60 millones de quintales de producción (1.300.000 toneladas), la ganancia de Guggenheim sería de £1.750.000 (Soto 1998). Las investigaciones en los laboratorios de Nueva York se verían plasmadas en la construcción de una pequeña instalación de prueba (Bain y Mulliken 1924; Brand 1943).

LOS RESULTADOS

La maquinaria creada en Nueva York fue enviada a Chile, donde sirvió de modelo para comenzar a construir las instalaciones de escala semi comercial. La ubicación no fue al azar: la oficina Cecilia, en medio del Cantón Central de Antofagasta. Perteneciente a la Compañía Salitrera El Loa (Controlada por Buchanan, Jones y Cía.) era una oficina de medianas dimensiones, entonces paralizada desde

la crisis de 1921. La oficina se encuentra junto al ferrocarril de Antofagasta a Bolivia que conecta el puerto con Chuquicamata, principal feudo de los Guggenheim. Por tanto, para la época contaba con todo el sustento logístico para el equipo norteamericano. Por otra parte, se haya en una zona salitrera donde se presenta gran variedad de yacimientos, entre ellos algunos de los de más difícil tratamiento.

Antes de la llegada del equipo de ingenieros para los experimentos, las instalaciones comenzaron a ser construidas por otro de los hombres de Guggenheim en Chuquicamata: el mecánico Paul Frederick Kruger (1884-1954), que hará larga carrera en la industria salitrera (Brand 1943). El equipo de ingenieros y químicos se trasladó a Chile en agosto de 1922 para comenzar los experimentos. Entre ellos podemos mencionar a Edgar Stanley Freed, que viaja desde Nueva York el 16 de agosto de 1922, y Paul Mayer, que lo hace en septiembre del mismo año (Espejo en prensa). El equipo en Cecilia también lo conformaban Charles Burdick, Mendum Littlefield y la cabeza del grupo, Capellen Smith. Destacó a su vez el joven ingeniero canadiense J. H. Drummond, de la Universidad de Princeton (Brand 1943).

Las primeras pruebas en la nueva instalación habían comenzado poco antes de la llegada de Mayer y Freed, el 12 de agosto de 1922, extendiéndose hasta fines de 1923, durando 16 meses (Instituto de Ingenieros de Chile 1942). Se llevaron a cabo 150 pruebas, procesando 5.000 toneladas de caliche (Bain y Mulliken 1924; Roush 1924). Esto representaba “8 a 10 veces más caliche que las cantidades de las menas de Chuquicamata que fueron necesarias para demostrar la aplicación de la lixiviación a ellas” (Bain y Mulliken 1924: 24). La planta era capaz de proce-

sar 40 toneladas de caliche por día (Brand 1943).

El trabajo en el establecimiento consideró las diferentes etapas del proceso diseñado y probado en laboratorio: chancado, lixiviación y cristalización, y se llevó un cuidadoso cálculo del gasto de energía y combustible, tabulando resultados con diferentes tipos de la mena tratada. Este trabajo, con una simple minuciosidad científica que no era habitual en la pampa, llevó al director de la revista *Caliche* a considerarlo ejemplar:

Cabe recordar la experimentación industrial, dirigida en la forma científica rigurosa, a que fueron sometidas las patentes Guggenheim, en el plantel hecho exprofeso, en las cercanías de la Oficina Cecilia. Difícilmente se puede concebir un procedimiento ensayado con más lujo, de observación y análisis, en que automáticamente se registraban los pesos del caliche y del salitre producido, de los rípios y de las borras, del combustible empleado, se medían volúmenes de todos los líquidos, se inscribían las temperaturas de todas las operaciones, se analizaban cuidadosamente cada una de las fases de los sistemas de cuerpos que actuaban (Díaz 1924: 337).

Una de las características de las pruebas hechas en la oficina Cecilia fue el tratamiento de diversos tipos de caliche, provenientes de gran número de yacimientos (López 1926). Esto era una exigencia a cualquier nuevo sistema que pretendiera implantarse en más de una oficina, y había sido motivo de fracaso en el pasado para varios procedimientos que, con buenos resultados en un sitio, fallaban en otro debido a las diferencias químicas y físicas del material tratado (independiente de diferencias ingenie-

riles o problemas financieros). No solo se trataron caliches de oficinas por separado (por ejemplo, Cecilia los tenía de tipo extremo, con contenidos de cloruros muy altos y bajos), sino que se llevaron a cabo mezclas, como quedó expuesto en el texto que acompañó la patente francesa. Esta variedad de uso de caliches en las pruebas nos queda en evidencia al revisar los rípios que sobreviven de la planta, con materiales de distinta composición y granulometría.

De toda la información disponible sobre los experimentos en la planta piloto, deseamos indicar aquí de forma somera algunas investigaciones que publicó Belisario Díaz Ossa a comienzos de 1926. El primer caso es la demostración de la formación de darapskita a baja temperatura usando caliche de la oficina Araucana, caracterizado por tener alto contenido de sulfato de sodio; el segundo, el rendimiento logrado, calculado mediante un balance de nitrato; en tercer lugar, el ciclo de lixiviación; y en cuarto lugar, la investigación de generación de energía. Díaz (1926: 486) destaca que fueron “(...) cifras no calculadas, sino determinadas experimentalmente, pesando y midiendo todos los elementos que entran en el balance”. Debido a ello y a la fecha de prueba, corresponden a la instalación de Cecilia (Díaz la publica en febrero de 1926).

El dato de la prueba con caliche de la oficina Araucana nos indica que este tenía 10,58% de nitrato, 15,50% de sulfato y 40% de cloruro, junto a trazas de calcio y magnesio. El proceso a 20°C resultó en lo que teóricamente se esperaba: una solución no saturada de nitrato, con 216 gr/l. La presencia de sulfato en exceso permitía que se combinara con 9,30% del 10,56% total de nitrato, formando darapskita. Esto dejaba una can-

tividad de nitrato libre para recuperarse de solo 1,38%, lo que no era económicamente rentable considerando los gastos. Al agregar los “estabilizantes” al proceso usando el mismo caliche, se evitaba esa combinación, pasando nitrato a la solución y lográndose un líquido saturado con poco más de 400 gr/l.

Un resultado de rendimiento proveniente de la oficina Cecilia se obtiene al considerar el balance de nitrato de una prueba, el que arrojó, después de tratar 47 toneladas de caliche y considerar el nitrato que quedó en ripios y borras, una extracción de 90% en el proceso, dando finalmente un rendimiento de 89,5% de nitrato en el producto seco final⁸.

Esta vez con caliches diversos y en la pampa misma, los resultados probaron que el nuevo método funcionaba desde el punto de vista químico de acuerdo con lo investigado en Nueva York por el equipo de Burdick y Freed. Ahora bien, el trabajo en mayor escala permitió ir definiendo las características de ingeniería, por lo que tomó forma el sistema casi definitivo que después se instalaría en Coya Norte.

El ciclo de lixiviación que se definió fue como sigue: la batería de cachuchos funcionaba en forma continua, existiendo en un momento dado un estanque de prepare, uno de cabeza que corría caldos, dos estanques lixivadores, un estanque de lavado y uno que estaba en estruje, derripiadura y carga. Nos indica Díaz (1924) que en Cecilia se agregó un séptimo, para disponer de más tiempo en la operación. Entre cada estanque se instalaron inter-

cambiadores de calor para mantener la temperatura estable.

La lixiviación o percolación se debía hacer a temperaturas inferiores de 60°C (desde 25°C hasta 58°C, siendo usual 45°C de acuerdo con lo probado en laboratorio) y se establecieron las siguientes etapas de cristalización, ya definidas en Nueva York⁹:

1. La solución que salía de la lixiviación pasaba por intercambiadores de calor, donde se colocaba en contacto con soluciones frías provenientes de la cristalización, por lo que precipitaba una primera cantidad de nitrato. Se enfriaba hasta 20°C (si bien las patentes mencionan que en esta etapa podía ser hasta 6°C).

2. Pasaba luego a aparatos refrigeradores donde se hacía bajar la temperatura lo más cerca de 0°C (usualmente 2°C), recuperando más salitre. Para este enfriamiento se usaba una instalación de gas amoníaco (evaporador, compresor y condensador) y también es posible que se haya probado el uso de salmuera enfriada a 0°C.

3. Las soluciones frías que ya habían precipitado su nitrato se les hacía circular en contracorriente por los intercambiadores de calor, subiendo su temperatura al ponerse en contacto con los líquidos que venían de los cachuchos.

4. Luego, recibía calor del condensador de amoníaco mediante intercambiadores del agua del sistema de enfriamiento de los motores diésel, para ser llevada a la batería de cachuchos relativamente tibia.

8. En el *Manual Práctico de los trabajos en la pampa salitrera* (Macuer 1930) se inserta este balance de nitrato como perteneciente a María Elena, lo que es erróneo pues Díaz Ossa lo publicó en febrero de 1926, antes de que dicha oficina comenzara a funcionar, correspondiendo a la planta de Cecilia.

9. Antecedentes que acompañan a las patentes inglesas, francesas y norteamericana pueden verse en *Caliche* 5(8), julio 1923; 6(11), febrero 1925; 7(7), octubre 1925. Este último presenta una extensa monografía sobre el procedimiento.

En la planta piloto se investigó de esta manera el aprovechamiento del calor de los equipos de generación de energía, así como el gasto de electricidad por tonelada de caliche. Este se definió en 25 a 30 kw h/ton, llegando a 250-300 kw h/ton de salitre producido. Naturalmente, el gasto dependía de las características de la mena, como dureza o su respuesta a la disolución.

Para la recuperación de calor de los generadores diésel se debió diseñar un ciclo para el agua de enfriamiento (que enfriaba las camisas de los motores y luego de las compresoras) la que como hemos dicho antes, se ponía en contacto con las soluciones frías que volvían a los cachuchos. En este aspecto el tamaño del establecimiento impidió ensayar ciertas ideas del diseño, en especial un último paso de recuperación de calor.

En el plantel experimental de Cecilia, no se disponía de calderas de recuperación para elevar la temperatura del agua caliente, la que tenía una temperatura inferior a la anotada, pero se demostró que disponía de la cantidad suficiente de calor y que el procedimiento trabajaba bien, aún con temperaturas relativamente bajas, 40°C, y que las pérdidas de calor eran muy pequeñas (Díaz 1926: 483).

Uno de los fenómenos que se corroboraron durante las pruebas fue que al agregar los estabilizantes de potasio y magnesio a la solución, podía bajarse su temperatura hasta 4°C y se evitaba la precipitación de sulfato de sodio mezclado con el nitrato. Este efecto, se potenciaba al estar presentes yodatos y boratos. Así, se pudo definir una concentración para los estabilizantes de entre 15 a 25 gr/l. Por otra parte, estos compuestos también demostraron su utilidad para evitar

la formación de borras químicas, lo cual era una solución al grave problema de la pérdida de nitrato en estas borras, que a alta temperatura (sistema Shanks) era casi inevitable.

Las pruebas de la planta piloto demostraron que para instalar el nuevo procedimiento no podían reciclarse las instalaciones Shanks, ya que para cumplir los costos deseados por tonelada de salitre producida, debía instalarse a gran escala. De esta forma es que desde 1923 se indicó que el nuevo procedimiento Guggenheim, que pretendía instaurarse en toda la pampa salitrera, necesitaba como condición necesaria construir nuevas oficinas desde cero, descartándose por tanto lo propuesto en 1921 a la Asociación de Productores. Se estimaba entonces que el costo de construir una oficina Guggenheim, para tratar 3.000 toneladas diarias de caliche, alcanzaría a 4.320.000 dólares (Nueva era en la industria del salitre chileno 1924).

Los trabajos en la planta experimental se mantuvieron hasta fines de 1923 (Anglo Chilean Nitrate Corporation 1925). En septiembre, Charles Burdick viajó a Estados Unidos desde Antofagasta con los resultados de las pruebas que indicaban que el trabajo químico como de ingeniería era correcto, y que económicamente podía implantarse el sistema en instalaciones de mayor volumen (Espejo en prensa). Sabemos que hasta fines del año anterior, en 1922, la sociedad Guggenheim-Morgan había gastado 261.000 dólares, bastante menos que lo pensado, pues en Chile se asumía que solo la planta piloto costaría 500.000 de la misma divisa (O'Brien 1989; O'Connor 1937). Con la experiencia de la planta ya terminada, los financistas de Nueva York podían continuar con su plan de controlar todo el negocio del nitrato chileno.

LA PLANTA PILOTO Y SUS RUINAS EN LA ACTUALIDAD

El establecimiento construido en Cecilia tenía todas las instalaciones necesarias para experimentar el proceso de elaboración de salitre, desde chancado hasta cristalización. Para su descripción contamos con tres fuentes principales: una fotografía de la planta (figura 1), los datos en las publicaciones citadas y las características de los restos actuales del sitio. Ellas nos permiten dimensionar y corroborar no solo lo registrado en la imagen, sino también en las noticias que hemos visto de las pruebas.

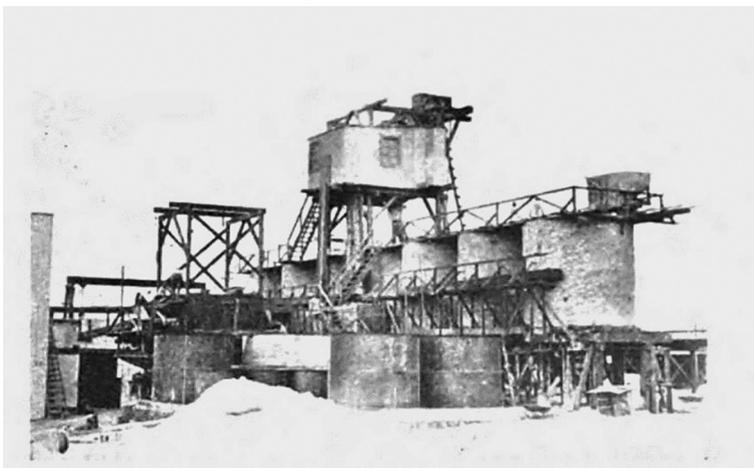


Figura 1. Fotografía de la planta de la oficina Cecilia (Brand 1943: 110).

La fotografía fue publicada por Brand (1943: 110), está tomada con orientación aproximada este-oeste y nos muestra claramente los principales rasgos de la planta. La más importante, la batería de 7 cachuchos o estanques de lixiviación, de sección cilíndrica, montados en una estructura de madera -lo que indica, por consideraciones de peso, que eran metálicos. La cantidad de cachuchos la corrobora Díaz Ossa (1926). Toda esta construcción se instalaba sobre una base de concreto, orientada en sentido nores-

te-suroeste, la cual puede observarse en la actualidad. En base a sus dimensiones, los estanques tendrían unos 3 m de ancho por 5 m de altura. Sobre estos se disponía una plataforma longitudinal con barandas, probablemente de madera, por la que se desplazaba un carro metálico, que servía para cargar los estanques con caliche. Instalada sobre la plataforma anterior se ubicaba una caseta con ventanas, la que pudo haber contenido facilidades para el traspaso de agua y soluciones, ya que se aprecia conectada mediante cañerías a los estanques principales ubicados a nivel de suelo. También puede observarse partes de un elevador que une esta caseta

con el piso del lado norte de la planta, que servía para el transporte de caliche chancado. De esta manera, el caliche subía por este elevador hasta la caseta, donde se llenaba el carro, el que a su vez podía desplazarse por la plataforma hacia el noreste o suroeste para llenar cada cachucho.

Otra sección de la planta es una serie de estanques metálicos cilíndricos para agua y soluciones, observándose en la fotografía al menos 6 de ellos, 4 de mayores dimensiones y 2 más pequeños. Éstos estaban construidos sobre una plataforma anexa de concreto sobre el piso natural, en el extremo nororiental de la batería de cachuchos. A la izquierda de la imagen, correspondiendo al sector sur de la instalación, y en declive con respecto a los cachuchos, se aprecia una construcción que correspondería al área de cristalización. Aquí se ubicarían los estanques de enfriamiento con los

intercambiadores de calor y la compresora de amoníaco, junto a la cual debe haber estado la planta de energía de motores diésel, sector que identificamos con una serie de bases de equipos hechas de concreto que se ubican en el extremo suroeste del área. Ya conocemos el papel de la refrigeración en la cristalización del sistema Guggenheim, y la importancia del intercambio de calor que se realizaba entre las soluciones entrantes y salientes de esta sección, junto con el aprovechamiento del calor de los motores y la compresora.

Las instalaciones de molienda estaban ubicadas en el área norte del establecimiento, donde hoy puede apreciarse una excavación y la base de concreto de un equipo, mismo sitio donde llega un terraplén de línea férrea. Otros rasgos relevantes que se aprecian en la fotografía

son un puente grúa ubicado en el extremo suroeste del complejo -que sin duda sirvió para su montaje- y una chimenea, que pudo haber correspondido a los generadores de energía o una caldera.

La descarga de los rípios, dada la forma de los cachuchos, se realizaba por su parte inferior (bajo la estructura de madera de la imagen), posiblemente mediante carros que disponían el material hacia el noreste, fuera del recinto.

Sobre el sitio actual ya hemos mencionado algunos elementos (véanse los diagramas de las figuras 2 y 3). El recinto de las principales instalaciones tiene unos 40 m de ancho x 70 m de largo. Hacia el norte y noreste se disponen los rípios, o desechos del material tratado luego de la lixiviación. Pueden observarse dos depósitos principales: una serie de montículos

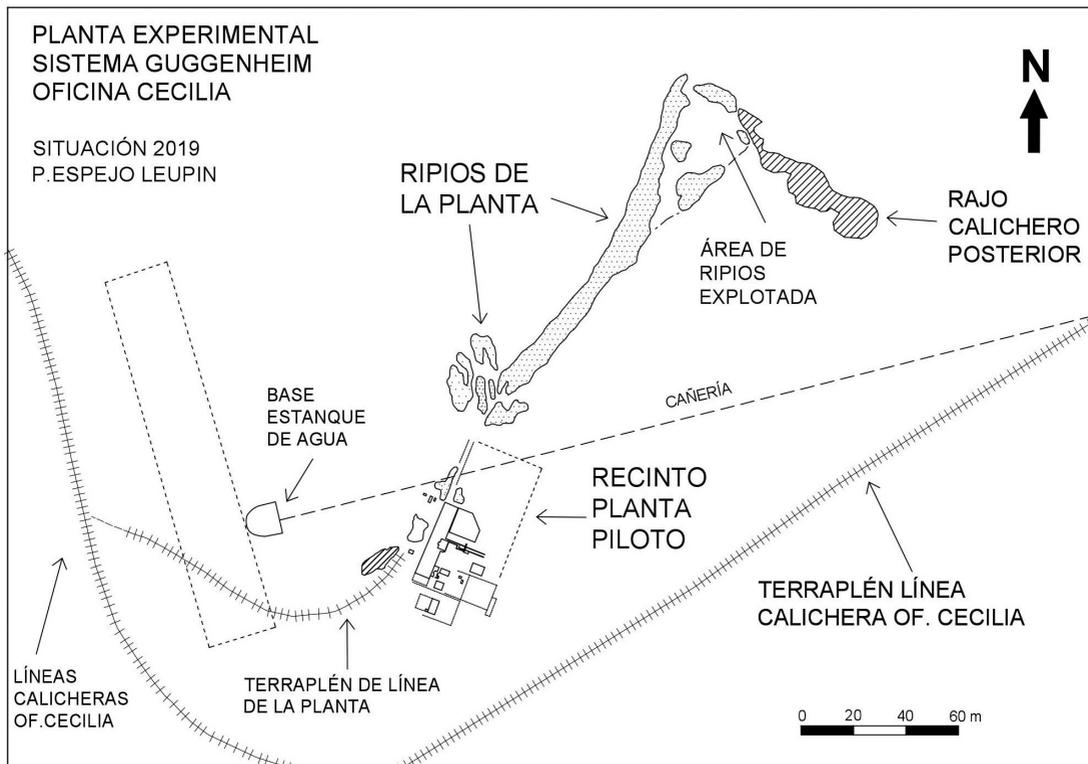


Figura 2. Croquis de la planta experimental de la oficina Cecilia el año 2019.

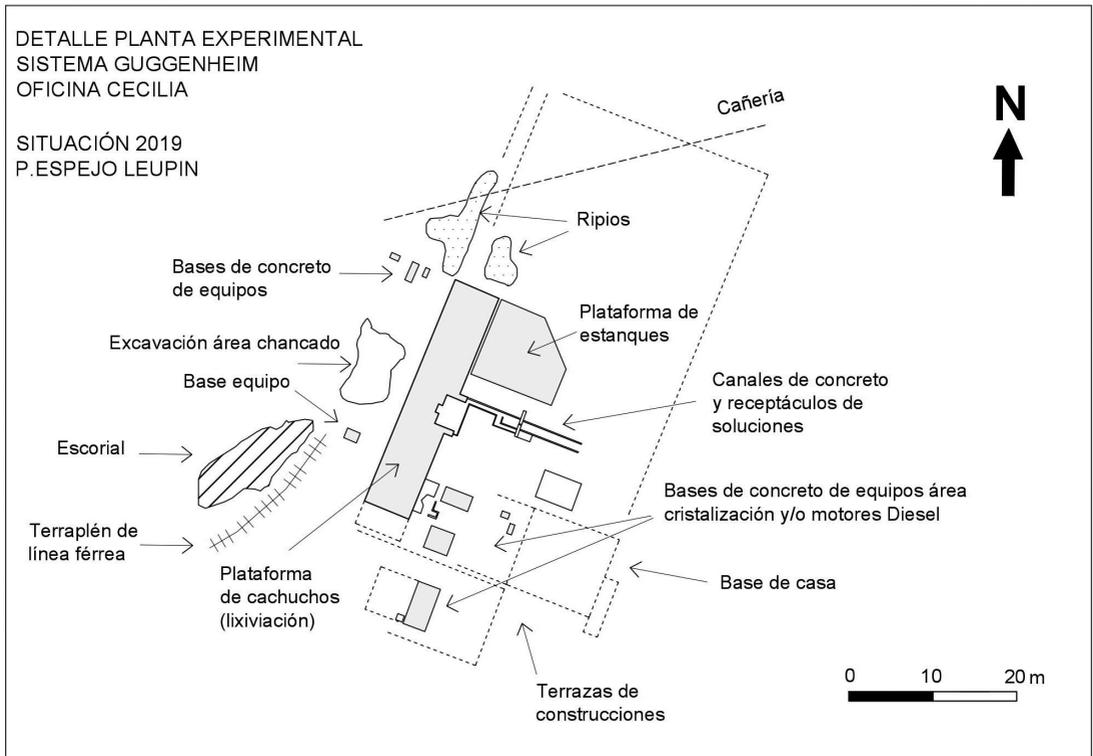


Figura 3. Croquis de un detalle de la planta experimental de la oficina Cecilia el año 2019.

de baja altura (cerca de un metro) y uno de grandes dimensiones. Este último posee una forma alargada de unos 160 m hacia el noreste, con una altura de no más de $\frac{1}{2}$ m por 6 m de ancho en el inicio, alcanzando cerca de los 2 m de altura hacia su extremo, donde se extiende en la forma de “torta” característica de estos

residuos (figuras 4 y 5). Este sector, según puede verse, fue explotado con posterioridad al funcionamiento de la planta, lo que coincide con la presencia de un rajo de extracción de caliche en las cercanías. El ripio principal actualmente presenta una zanja a lo largo de su eje, que corresponde al lugar donde se ubicaría la vía



Figura 4. Depósito o “torta” de residuos de la oficina Cecilia.



Figura 5. Depósito o “torta” de residuos de la oficina Cecilia.

desde donde se vaciaba el material a cada uno de sus lados.

En el costado norte de la planta, como indicamos, se encuentra una excavación de unos 5 x 10 m, junto a la cual se ubica la base de concreto de una maquinaria. A este punto llega un terraplén de línea ferroviaria (lo que se corrobora con la presencia de pernos y clavos para durmientes, junto a un escorial de calderas) el que se encuentra muy erosionado. Esta línea férrea se dirige hacia el antiguo patio de carros cargados con caliche de la oficina Cecilia, junto a las instalaciones de las chancadoras de esa salitrera. Propone-

mos que esta línea alimentaba equipos de chancado de la planta piloto, siendo la excavación actual la ubicación del buzón y de la primera etapa de conminución del establecimiento.

El rasgo de mayores dimensiones que se distingue en el lugar es la plataforma que servía de base para los cachuchos de lixiviación (figuras 6 y 7). Tiene 5,4 m de ancho x 28 m de largo, orientación en sentido suroeste-noreste, y se aprecia formada por planchas de concreto alternadas con espacios donde se ubicaban vigas de madera, las que habrían coincidido con las patas de la estructura que



Figura 6. Vista general de la plataforma que servía de base para los cachuchos de lixiviación.



Figura 7. Detalle de la plataforma que servía de base para los cachuchos de lixiviación.

sustentaba los cachuchos. Adyacente a esta plataforma, en el extremo norte, se ubica otra de forma poligonal y con similar tipo constructivo, que servía de base a los estanques de agua y soluciones.

La porción suroeste del recinto está ocupada por una serie de estructuras de concreto con pernos de acero y hierro, las que se interpretan como bases de distintos tipos de equipos y maquinaria (figura 8). De acuerdo con el proceso Guggen-

heim, éstas corresponden por una parte a las bombas para traspasar soluciones o agua a la compresora de amoníaco necesaria para la cristalización mecánica, y al menos a un motor diésel para generar energía. Junto a estas maquinarias, puede considerarse la existencia de otros equipos de apoyo, por ejemplo, para reparaciones. Estimamos que dadas sus dimensiones, la estructura o base ubicada más al suroeste corresponde al motor diésel.

Corroborra esta opinión su posición en el extremo del recinto, lo que facilitarían el abastecimiento de petróleo. Todas estas construcciones se ubican en una plataforma del terreno, escalonada con respecto a la base de los cachuchos.

Un elemento fundamental del sitio es un complejo canal de concreto que, partiendo desde un receptáculo ubicado en el centro de la plataforma de cachuchos, baja siguiendo la pendiente del terreno junto al área de cristaliza-



Figura 8. Detalles de las estructuras de concreto que servían de base y soporte a las bombas de la oficina Cecilia.



Figura 9. Vista del canal de concreto de la oficina Cecilia.

ción (figura 9). Este canal llega hasta un nuevo depósito que presenta una canaleta de rebalse. Tanto el canal como los receptáculos poseen un acabado liso en sus superficies. Aguas abajo, la estructura continúa sin este enlucido, hasta una depresión en el terreno.

Otros rasgos que pueden observarse son la base de lo que fue una construcción de madera (casa) y una serie de basurales distribuidos en torno al recinto, destacando algunos con restos de material de laboratorio. Unos 50 m hacia el este, sobre una altura del terreno, se ubica la base de cemento para estanques de agua, desde donde nace una zanja de cañería con dirección noreste que atraviesa el sitio y se comunica con uno de los pozos ubicados cerca de la oficina Candelaria.

El estado de conservación del sitio puede estimarse bueno, si consideramos que son restos del desarme y demolición

de la planta, lo cual se llevó a cabo en 1924. A pesar de los 95 años transcurridos, las condiciones del desierto han preservado no solo los materiales más resistentes, como el concreto o cemento, sino la presencia de basurales y otros elementos que una exploración arqueológica en norma pueden estudiar.

El lugar no ha sido alterado por corrientes de barro importantes, asociadas a las lluvias esporádicas, ni por tránsito de vehículos u obras actuales. Es evidente la intervención del sitio por la actividad de la oficina Cecilia (operada por la Compañía El Loa y luego por la Compañía Salitrera de Tarapacá y Antofagasta) si tenemos en mente que se mantuvo en operación hasta 1943, cuando comienza su desmantelamiento. Esto es notorio por la ubicación de basurales en el área explotada del ripio y la apertura del rajo calichero cercano a este depósito.

COMENTARIOS FINALES: HISTORIA Y PATRIMONIALIZACIÓN

La construcción y funcionamiento de la planta piloto de la oficina Cecilia representó el primer paso industrial de Guggenheim en la pampa para comenzar a cristalizar su plan de control de la industria. Hasta ese momento, se habían concentrado en dos ámbitos, las negociaciones con Gibbs y los productores chilenos, y la investigación científica en Estados Unidos de la mano de Morgan & Co. En lo primero, los esfuerzos de apoderarse de parte del comercio salitrero no habían dado fruto, y en lo que respecta a la investigación eran uno más de los conglomerados industriales que desarrollaban un sistema propio.

La concreción de las pruebas en Chile no solo permitió darle viabilidad técnica al sistema, comprobándose los experimentos hechos fuera del país, sino que seguridad financiera, pensando tanto en una inversión propia como involucrando a terceros. La experimentación en plena pampa era también una de las condiciones exigidas por los productores, lo cual era fundamental si recordamos que hasta ese momento Guggenheim aún tenía como objetivo el ofrecimiento de su sistema a los empresarios, cobrando un derecho de patente por su uso.

Una de las principales conclusiones fue que para que el sistema cumpliera las expectativas de costos, debía implantarse a gran escala y con máxima mecanización (lo que se estimaba desde un principio, pero sin evidencia empírica), lo que llevó a sincerar el hecho de que no era

factible reciclar las plantas Shanks, punto que hasta 1921 aún se pensaba como una opción.

Con respecto al sitio de la planta y la existencia actual de sus ruinas, podemos referirnos a dos grandes aspectos. Primero, los restos arqueológicos industriales son una fuente de información de características técnicas de sus instalaciones. Como hemos descrito en este trabajo, podemos reconocer estructuras que al relacionarlas con las descripciones de las pruebas allí realizadas y a la fotografía histórica existente, nos confirman rasgos tecnológicos del primitivo proceso Guggenheim. Dada la escasez de detalles escritos, el estudio del sitio arqueológico de carácter industrial se convierte en un elemento irremplazable para corroborar y/o definir las particularidades del diseño del proceso en esta etapa de su implementación. La planta piloto posee esta característica especial, en que los diferentes restos actuales permiten reconocer las distintas etapas e instalaciones del sistema.

Un segundo elemento que deseamos destacar es el valor que la planta representa como patrimonio industrial. Por una parte, posee un destacado rol en la historia tecnológica de la industria del nitrato y del sistema Guggenheim en particular, al ser el primer lugar en Chile asociado a este procedimiento. A la vez, es también un lugar de relevancia simbólica del capítulo que significó la intervención norteamericana Guggenheim en el desarrollo de la industria salitrera. La influencia del grupo norteamericano no solo impactó la producción de salitre en las próximas décadas, sino que generó

una cultura propia, moldeando la economía, la política y las relaciones territoriales.

El emplazamiento de las ruinas y rios de la planta experimental es merecedor de un acabado estudio arqueológico, que permita, por un lado, registrar toda la información que el lugar preserva, y por otro, relevar su importancia para asegurar su preservación. La posibilidad de un estatus de protección legal sin duda es viable y dado el caso debiera considerar no solo la planta Guggenheim sino todo el entorno de la oficina Cecilia, la que por cuenta propia tuvo características especiales. Siendo una de las oficinas Shanks más importantes en producción y tamaño, fue a la vez una de las últimas en trabajar en la pampa del Cantón Central de Antofagasta. Un sitio protegido que incluya ambas locaciones, Shanks y Guggenheim, representa un conjunto complementario de gran interés.

Considerando su papel en la técnica salitrera, la instalación experimental que describimos destaca por sobre otras ruinas históricas que representaron experiencias de algunos sistemas de elaboración que intentaron reemplazar al Shanks, como por ejemplo las oficinas Celia (sistema Gibbs), Delaware (sistema Allen), Valparaíso (sistemas Nordenflycht y Poupin) o la planta de potasio Mosquitos (sistema Prudhomme), ya que todos estos ensayos no lograron extenderse a un uso masivo por diversos motivos. El sistema Guggenheim, del cual la planta piloto de Cecilia es un antecedente esencial, implicó no solo un cambio tecnológico radical sino una transforma-

ción del modo de vida salitrero para decenas de miles de personas, durante más de ocho décadas, imprimiendo una identidad cultural que marca hasta el día de hoy el desierto nortino.

REFERENCIAS

- Anglo Chilean Nitrate Corporation 1925. Prospecto. *Boletín Minero* 42(324): 477-483.
- Asociación de Productores de Salitre de Chile 1926. El progreso de la industria salitrera. *Caliche* 8(3): 110-115.
- Bain, H y H. Mulliken 1924. *Investigaciones sobre el nitrógeno. Parte I. El coste del salitre de Chile*. Imprenta Universitaria, Santiago.
- Brand, Ch. 1943. The New Chilean Nitrate Industry. *Agriculture in the Americas* 3(6): 109-111.
- Díaz, B. 1924. Crónica. *Caliche* 6(8): 337-338.
- Díaz, B. 1926. El Procedimiento Guggenheim Bros. *Caliche* 7(11): 481-490.
- Díaz, P. 2005. *La Industria del salitre contada por el yodo. 1811-2004*. Emelnor impresores, Antofagasta.
- El procedimiento Guggenheim para la elaboración del nitrato de sodio 1923. *Caliche* 5(8): 151.
- Espejo, P. en prensa. *El Dr. Stanley Freed, los Guggenheim y la industria del salitre en Chile*.
- Instituto de Ingenieros de Chile 1942. El Instituto de Ingenieros obtiene la medalla "Al Mérito" para el ingeniero Elías A. Cappelen Smith. *Anales del Instituto de Ingenieros de Chile* 55(9): 273-276.
- López, E. 1926. La industria del salitre. *Boletín Minero SONAMI* 42(325): 562-575.
- Macuer, H. 1930. *Manual práctico de los trabajos en la pampa Salitrera*. Talleres Gráficos Salesianos, Valparaíso.
- Nueva era en la industria del salitre chileno 1924. *Ingeniería Internacional* 2(2): 95.
- O'Brien, T. 1989. "Rich beyond the dreams of avarice": the Guggenheims in Chile. *Business History Review* 63: 122-159.
- O'Connor, H. 1937. *The Guggenheims. The making of an American dynasty*. Covici Friede, New York.
- Procedimiento para la extracción del nitrato de sodio de los caliches 1925. *Caliche* 6(11): 481.
- Procedimiento para la elaboración del salitre sistema Guggenheim Bros 1925. *Caliche* 7(7): 315-317.
- Roush, G. 1923. Sodium Nitrate. *The Mineral Industry, its statistics, technology and trade*. McGraw-Hill Book Company, Nueva York.
- Soto, A. 1998. *Influencia británica en el salitre. Origen naturaleza y decadencia*. Editorial Universidad de Santiago, Santiago.