

# **HISTORIAS DE INGENIEROS EN AMÉRICA LATINA**

**Coordinación y edición  
María Cecilia Zuleta  
Luz María Uhthoff López**

**Entre  
el Estado y  
los desafíos  
productivos,  
1870-1980**

**EL COLEGIO DE MÉXICO**

Nombres: Zuleta, María Cecilia, editora | Uhthoff López, Luz María, editora.

Título: Historias de ingenieros en América Latina : entre el Estado y los desafíos productivos, 1870-1980 / coordinación y edición, María Cecilia Zuleta y Luz María Uhthoff López.

Descripción: Primera edición | Ciudad de México, México : El Colegio de México, Centro de Estudios Históricos, 2024.

Identificadores: ISBN 978-607-564-662-6

Temas BDCV: Ingeniería – América Latina – Historia – Siglo XIX | Ingeniería – América Latina – Historia – Siglo XX | Ingenieras – América Latina – Historia – Siglo XIX | Ingenieras – América Latina – Historia – Siglo XX | Ingenieros – América Latina – Historia – Siglo XIX | Ingenieros – América Latina – Historia – Siglo XX.

Clasificación DDC: 620./0098 – dc23

*Historias de ingenieros en América Latina.*  
*Entre el Estado y los desafíos productivos, 1870-1980,*  
María Cecilia Zuleta y Luz María Uhthoff López  
(coordinación y edición)

Primera edición, 2024

D. R. © EL COLEGIO DE MÉXICO, A. C.  
Carretera Picacho-Ajusco núm. 20  
Ampliación Fuentes del Pedregal  
Alcaldía Tlalpan  
C. P. 14110  
Ciudad de México, México  
[www.colmex.mx](http://www.colmex.mx)

ISBN 978-607-564-662-6

Impreso en México

### 3. LA FORMACIÓN DE LA INGENIERÍA CHILENA Y LA PRESENCIA DE LOS INGENIEROS EUROPEOS ANTE LOS DESAFÍOS DE LA INDUSTRIA SALITRERA

JOSÉ ANTONIO GONZÁLEZ PIZARRO

Escuela de Derecho, Universidad Católica del Norte, Antofagasta

#### INTRODUCCIÓN

Quizá durante la denominada “era del salitre” fue cuando alcanzó mayor peso la presencia demográfica y la importancia de los ingenieros europeos en Chile, sobre todo en las provincias de Tarapacá y Antofagasta (hoy regiones), productoras de nitrato de sodio, una industria que entre 1880 y 1917 contribuyó con más de la mitad de los ingresos del erario nacional. Durante la llamada primera globalización liberal, esa presencia de los ingenieros europeos en Chile obedeció a una combinación de factores: las migraciones, la transformación de los medios de comunicación y el flujo de capitales europeos hacia inversiones orientadas a la explotación de recursos naturales e industrias.<sup>1</sup> Este capítulo estudia dos ámbitos donde convergieron la profesión de la ingeniería y la industria salitrera: la formación de la ingeniería como disciplina universitaria en Chile, especialmente la revisión de sus planes de enseñanza durante el apogeo del salitre, y el debate sobre la investigación científica aplicada al campo minero, teniendo presente la contribución del salitre a las finanzas del Estado.

El ingeniero nacional debió sortear diversas dificultades derivadas tanto de las especialidades que contempló su plan de estudios como del reconocimiento que alcanzó en la estructura administrativa del Estado. Todavía a fines del siglo XIX los abogados y médicos gozaban de mayor prestigio social en el país, y, además, la actividad política no atraía mayormente a los ingenieros. Pero el fuerte debate que surgió a comienzos del siglo XX sobre la educación (y la injerencia estatal en ella), la desigualdad social y la desnacionalización de las actividades productivas fue un aliciente para la intervención de los ingenieros en el debate nacional.

Además de estudiar la consolidación de la formación ingenieril universitaria en Chile, mi objetivo es analizar la acción de los ingenieros europeos y chilenos en la minería salitrera, en los proyectos de educación e investigación científica para enfrentar la competencia de sustitutos del

<sup>1</sup> MARICHAL, “Crisis”, pp. 5-14; BÉRTOLA y OCAMPO, *El desarrollo*.

nitrateo de sodio en los mercados mundiales, y en el debate nacional sobre el curso de la economía salitrera. Me interesa enfocarme a lo acaecido en el desierto de Atacama, el *hinterland* de las ciudades de Antofagasta, Tocopilla y Taltal, que fueron los principales puertos salitreros de la región de Antofagasta. Este espacio geográfico periférico se constituyó en un lugar relevante para la convergencia de la tecnología más avanzada en la minería y en el transporte ferroviario con la residencia de ingenieros de países industrializados, y con impacto tecnológico en el entorno, como fueron, entre otros, los ferrocarriles, y la creación de un establecimiento técnico dirigido por ingenieros chilenos, para la cualificación de jóvenes y su inserción en el mercado laboral salitrero: la Escuela Industrial del Salitre.

Al lado de la fuerte presencia extranjera, las inversiones europeas en el salitre favorecieron las contrataciones de ingenieros connacionales, principalmente las británicas, alemanas y yugoslavas. Los capitales chilenos, por medio de la Compañía de Salitres de Antofagasta, la principal empresa del nitrato en la región, atrajeron también a los ingenieros chilenos formados en las universidades de Santiago. Los ingenieros en el desierto de Atacama no solamente se hicieron cargo del funcionamiento de las oficinas salitreras —desde el proceso de lixiviación y el uso de la energía hasta la parte administrativa— sino que su ejercicio profesional los relacionó asimismo con otras actividades concomitantes a la explotación del salitre y a las oficinas salitreras: el transporte y la conectividad en el páramo, mediante los ferrocarriles, y el manejo de la exportación en los muelles y molos salitreros, operando con trenes y la actividad naviera.

El texto se divide en cuatro apartados. En el primero estudio el entorno espacial del mercado laboral salitrero: ¿de qué manera el ingeniero contribuyó al proceso de conectividad del desierto de Atacama? En el segundo indago en los inicios de los estudios ingenieriles universitarios en Chile y la manera en que el proceso de institucionalización coadyuvó al reconocimiento social de la profesión de ingeniero. En el tercer apartado me pregunto cómo se planteó la formación ingenieril en el Chile salitrero, y sobre la participación de los ingenieros en la formulación de una estrategia de industrialización nacional. Exploro también las especialidades ingenieriles que predominaron entre los ingenieros europeos que laboraban en el desierto de Atacama. En el último apartado reviso los programas de investigación salitreros que en el siglo xx intentaron afrontar el agotamiento del sistema de lixiviación Shanks y la baja ley de los mantos de nitrato, así como la búsqueda de innovaciones tecnológicas. Por medio de estas secciones indago en la circulación de conocimientos, tecnología, capitales e ingenieros en el desierto de Atacama, una economía salitrera.

EL DESIERTO DE ATACAMA  
Y LA INDUSTRIA SALITRERA

En el siglo XIX el vasto territorio que integró —e integra— a la antigua provincia —hoy región—, de Antofagasta fue recorrido por viajeros europeos, desde los hermanos Heuland hasta los miembros de la Comisión Española del Pacífico, en búsqueda de objetos mineralógicos y arqueológicos para los museos del Viejo Continente. La comarca había desplegado una actividad minera en tiempos de la colonia y en los inicios de la república, hacia el interior, por ejemplo, en las minas de San Bartolo o en Chuquicamata. Desde mediados de la década de 1850 el gobierno de Chile se interesó en el desierto; comisionó a Rodolfo A. Philippi para inspeccionarlo desde Copiapó hasta San Pedro de Atacama. Su *Viaje hacia el Desierto de Atacama*, 1853-1854, abrió la senda para nuevas expediciones científicas, como la de Amado Pissis, quien levantó un mapa de la región y publicó en Francia, en 1875, su *Geografía física de la República de Chile*. El territorio motivó un litigio fronterizo entre Chile y Bolivia que, en definitiva, se resolvió en la Guerra del Pacífico (1879-1884), quedando en posesión de Chile todo el desierto de Atacama y su litoral.

El desierto puede ser observado, en lo que me interesa destacar, desde un plano estrictamente físico hasta un espacio habitable, para poder comprender lo que he denominado la épica salitrera. Tempranamente los ingenieros chilenos y europeos tuvieron experiencia en el páramo y mostraron sus capacidades. Milbourn Clark y Cía., establecida en marzo de 1868 para explotar el salitre, trajo como gerente a George Paddison, ingeniero inglés, y a Manuel A. Prieto, el primer ingeniero chileno, para la planta de Antofagasta, en 1870.<sup>2</sup> El británico Josiah Harding fue el encargado de trazar el ferrocarril de la compañía de salitres hacia el desierto y levantó un plano del páramo.<sup>3</sup> El sueco Charles Wilson Scott inventó la primera planta solar de desalación en pleno desierto.<sup>4</sup> Ambas innovaciones ocurrieron en 1872.

*El paisaje geográfico y sus características*

El desierto de Atacama se extiende entre los 21° y los 27° latitud sur, comprende un espacio donde domina la aridez más extrema, con una ausencia de pluviosidad y una oscilación térmica diaria que lleva a temperaturas bajo cero en la noche y muy altas durante el día. El espacio geográfico presenta un clima desértico con nublados abundantes en la costa; en la depresión intermedia, un clima desértico normal, y hacia la cordillera de

<sup>2</sup> CROZIER, “El salitre”, pp. 97-101.

<sup>3</sup> GALENO, GONZÁLEZ y LUFIN, “Inmigración”, pp. 163-167.

<sup>4</sup> ARELLANO, “La planta”, pp. 229-251.

los Andes, un clima de desierto marginal de altura, según la clasificación de Köppen.<sup>5</sup> La carencia de pluviosidad y la escasez de flora y fauna hicieron de este territorio un desafío a la habitabilidad humana. El ingeniero geógrafo Luis Riso Patrón describió el desierto sin arbolado, escaso de hierbas y arbustos, de superficie quebrada y monótona, y extendiéndose desde el río Loa hasta el río Copiapó.<sup>6</sup> Por su parte, Francisco San Román apuntó, en 1896, que la nomenclatura del desierto de Atacama venía restringiéndose más hacia el norte por la fundación de pueblos e industrias, más como mero título geográfico y sobre todo como significación de una zona de aridez y de producciones exclusivamente debidas al reino mineral. La tradición y la costumbre conservan aún aquella denominación para toda esa comarca que hoy abraza dos provincias chilenas: Atacama y Antofagasta.<sup>7</sup>

### *Los cantones salitreros en el desierto de Atacama*

El salitre del desierto de Atacama fue descubierto por los hermanos Francisco y Domingo Latrille en 1854, en el salar del Carmen, pero ellos no lo explotaron. En el mismo lugar, en 1866, José Santos Ossa, encontró salitre y, junto con Francisco Puelma, ingeniero chileno, creó la Sociedad Exploradora del Desierto de Atacama. Con Ossa comenzó la industria del salitre y apareció la primera área geográfica salitrera, a la que denominaron cantón.<sup>8</sup> Fue el llamado cantón Central, o boliviano, el principal, que abarcó desde el pueblo de Baquedano hasta Sierra Gorda. Comprendió en su esplendor 28 oficinas salitreras, y Antofagasta fue el puerto de exportación del nitrato de sodio. El cantón de Taltal comenzó en la década de 1870, debajo del paralelo 25°, y llegó a contar con 26 oficinas. Su puerto fue Taltal. El cantón del Toco inició sus actividades en la década de 1890, albergando 15 oficinas, entre los paralelos 21° y 23°. Su puerto fue Tocopilla. Los cantones de Aguas Blancas y Boquete, en la década de 1880, tenían 22 oficinas, localizadas entre los paralelos 23° y 24°, con el puerto de Coloso.

Cabe señalar que en el cantón del Toco, entre 1926 y 1932 se instalaron las dos únicas oficinas del sistema de lixiviación Guggenheim, llamadas María Elena y Pedro de Valdivia. Una oficina salitrera constituía “el conjunto de edificios, maquinaria y terrenos que forman una unidad en la elaboración del salitre”.<sup>9</sup>

El equipamiento de una oficina salitrera según el modelo Shanks comprendió distintos niveles para sus operaciones. Cinco escalones des-

<sup>5</sup> CORFO, *Geografía*, pp. 234-241.

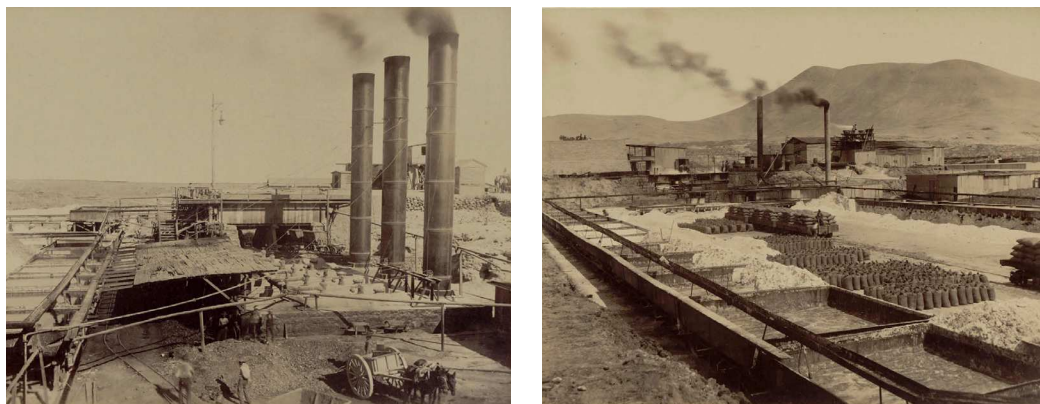
<sup>6</sup> RISO, *Diccionario*, p. 53.

<sup>7</sup> SAN ROMÁN, *Desierto*, p. xxxvii.

<sup>8</sup> El cantón era una división territorial con base geográfica en los terrenos salitrales, siempre en referencia a su medio de comunicación portuaria para los embarques. Cada cantón reunía un grupo de oficinas. Véase BAHAMONDE, *Diccionario*, pp. 83-84.

<sup>9</sup> MACUER, *Manual Práctico*, p. 82.

FOTOS 1 y 2. Oficinas salitreras, 1889



FUENTE: *Salitreras de Tarapacá*, Iquique, 1889, pp. 67 y 78; disponible en Colección Biblioteca Nacional de Chile, códigos BN: MC0000316, en Memoria Chilena, <http://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-7716.html>, consultado el 11 de noviembre de 2020.

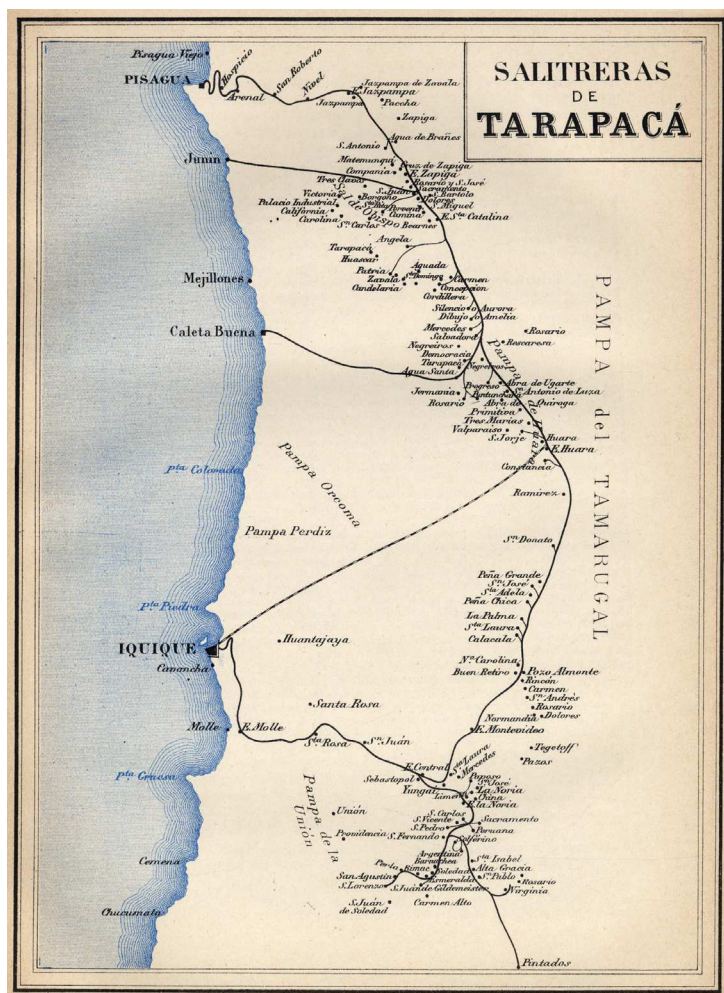
tacaron los ingenieros alemanes Semper y Michels,<sup>10</sup> donde la máquina debería estar en un faldeo. Cada escalón desempeñó una función para el proceso de transformación del caliche en las chancadoras y los cachuchos al lado de los rieles que conducen los carros con el caliche; en otros niveles estaban las carboneras, las maestranzas, las bombas, las bateas y las calderas. En otro escalón se hallaba la cancha para secar el salitre. El área productiva estaba totalmente separada de los campamentos de la administración y del barrio de los empleados superiores. El campamento de los obreros se encontraba en otro sector.

El modelo Shanks de producción fue introducido por Santiago Humberstone en Tarapacá en la década de 1870 (véase fotos 1 y 2). Prosiguió y mejoró ostensiblemente el funcionamiento de las llamadas oficinas de máquinas existentes en aquella provincia. Su innovación significó la reducción de las calorías para calentar el caliche, la incorporación de serpentines que reemplazaron a los cañones conductores de vapor, y el cambio en el traspaso de los caldos, todo lo cual se tradujo en un aumento de la producción, disminución de las pérdidas (en ripio o borras) y la posibilidad de procesar caliches de leyes más inferiores. El sistema Shanks fue modificado, escribe Óscar Bermúdez, por el ingeniero italiano Eduardo Cavallero, quien aumentó el número de serpentines dentro de los cachuchos e introdujo el “disolvedor continuo”, lo que posibilitó su adopción en la mayoría de las oficinas salitreras (véase mapa 1).<sup>11</sup>

<sup>10</sup> SEMPER y MICHELS, *La industria*.

<sup>11</sup> BERMÚDEZ, *Breve historia*, p. 70.

MAPA 1. Salitreras en Tarapacá hacia 1885



FUENTE: Dibujado por F. A. Fuentes L., “Salitreras de Tarapacá, hacia 1885”; disponible en Colección Biblioteca Nacional de Chile, código BN: MC0007796, en <https://www.memoriachilena.gob.cl/602/w3-article-68234.html>, consultado el 12 de diciembre de 2020.

El modelo Guggenheim de producción, introducido por el ingeniero Elías Cappelen en Antofagasta en la segunda mitad de la década de 1920, no sólo redujo los costos del proceso de lixiviación, sino que acrecentó la capacidad de trabajar caliches de leyes más inferiores. El nuevo sistema estadounidense se caracterizó por la electrificación de la totalidad de las faenas, incluidos la mina y los ferrocarriles; el empleo en la extracción de caliche de palas y dragas de alta capacidad; planta de molinos y harneros diseñada técnicamente para reducir el tamaño del material en forma con-

trolada; lixiviación en grandes estanques a baja temperatura, aprovechando el calor disipado por los motores diésel que generan la energía eléctrica, y cristalización a baja temperatura mediante el empleo de refrigeración artificial.<sup>12</sup>

Estos sistemas tecnológicos, a su vez, imponían diferencias marcadas en la organización del trabajo y el espacio industrial de las oficinas salitreras. El sistema Shanks se organizó a partir de una gran cantidad de mano de obra, carretas vareras y la baja cualificación de los operarios. Al contrario, la cualificación del trabajo, la mecanización, la electrificación, la lixiviación de grandes cantidades de material aprovechando los motores diésel fueron las características del sistema Guggenheim.

### *Los ingenieros y la conectividad en el desierto de Atacama*

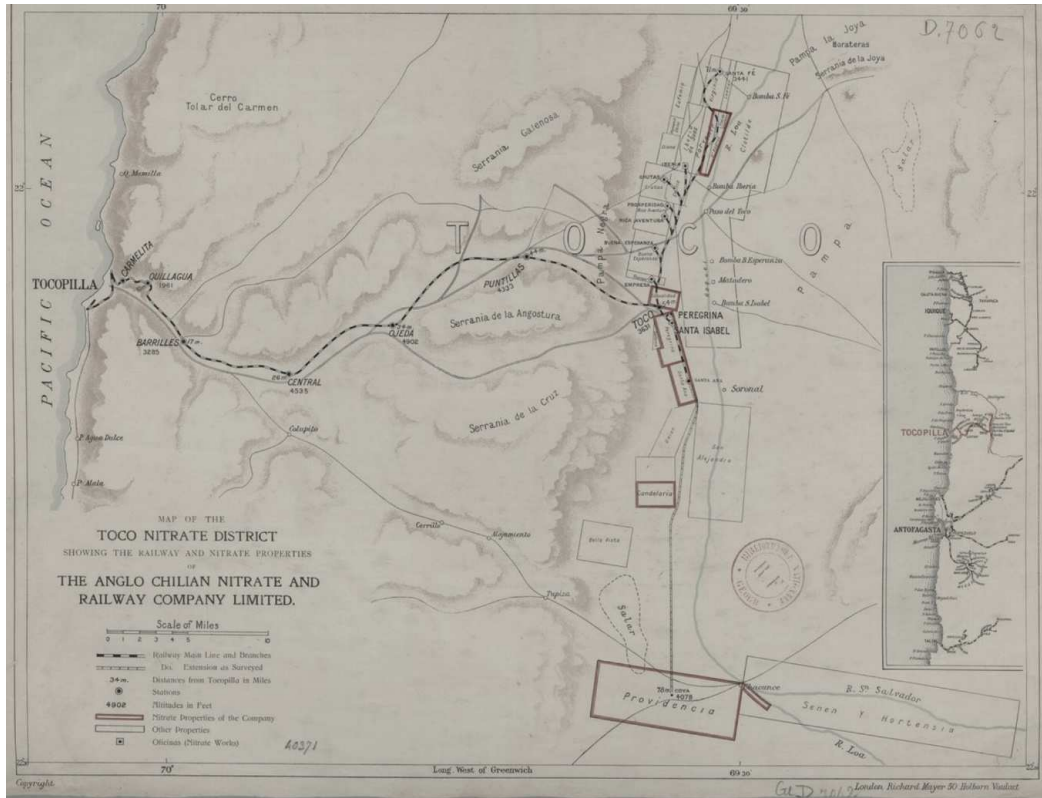
La habitabilidad del páramo exigió abrir rutas desde Antofagasta hacia el interior. Los ingenieros civiles, británicos en su mayoría, tuvieron la tarea de conectar las instalaciones salitreras con el puerto de Antofagasta. La competencia entre la innovación de los ferrocarriles y la tradicional carreta en la década de 1870 se inclinó por el camino de fierro. Se articuló una red de comunicaciones viales, privilegiando el tramo desde Antofagasta hasta el centro del desierto Oficina Salinas, que coincidió con el descubrimiento del mineral de plata de Caracoles, en 1870. La red ferroviaria no sólo empalmó las localidades de la región, sino que llegó hasta la frontera con Bolivia en la década de 1890. En el siglo xx, la maestraza del ferrocarril de Antofagasta a Bolivia, instalada en Mejillones en 1906, se constituyó en la más grande del Pacífico Sur y empleó una importante cantidad de ingenieros y técnicos. A esto se agregó la construcción estatal del Ferrocarril Longitudinal Norte, en la década de 1910, que habilitó a la localidad de Baquedano como un centro neurálgico de las comunicaciones con Tarapacá y el sur de Chile y además concentró la maestraza de los trenes fiscales. Hacia fines del siglo xix, el puerto de Taltal contó con un ferrocarril que enlazó el cantón de Taltal con la citada localidad, y lo mismo acaeció con Tocopilla, en los inicios del siglo xx. Todas las empresas de ferrocarriles estuvieron bajo la propiedad mayoritaria de británicos.

El aumento de la producción y su embarque hacia los mercados mundiales exigieron mejores instalaciones mecánicas en los muelles de Antofagasta, Tocopilla y Taltal, donde las empresas encomendaron a sus ingenieros la mantención y la renovación de los materiales.<sup>13</sup> Los caminos terrestres también desempeñaron un papel importante en la conectividad. Desde la ley de caminos de 1914, el ingeniero de provincia, generalmente

<sup>12</sup> GONZÁLEZ, *La épica*, p. 52.

<sup>13</sup> BLAKEMORE, *Historia del ferrocarril de Antofagasta*; THOMSON, *La Red Norte*; CONTADOR, "Muelles".

MAPA 2. Tocopilla, Nitrato y conectividad ferroviaria



FUENTE: mapa del distrito de nitrato de Toco; muestra la vía férrea y las propiedades ricas en nitrato de la Anglo-Chilian Nitrate and Railway Co. Ltd, circa 1900, en gallica.bnf.fr/Bibliothèque nationale de France, consultado el 12 diciembre de 2020.

un ingeniero civil, estuvo a cargo de su trazado y pavimentación, cuando se incorporaron los vehículos mecánicos.<sup>14</sup>

#### DE LOS INICIOS A LA CONSOLIDACIÓN DE LA FORMACIÓN INGENIERIL UNIVERSITARIA EN CHILE

La estructuración de un plan de estudios para la formación de los ingenieros en Chile descansó en sus inicios en el Instituto Nacional. La presencia del ingeniero español Andrés Antonio Gorbea, en 1826, posibilitó la formación de los primeros ingenieros agrimensores abocados a una actividad productiva, la agricultura. La llegada del sabio polaco Ignacio Domeyko,

<sup>14</sup> GONZÁLEZ, "La conquista", pp. 23-46.

en 1837, abrió la senda para los estudios mineralógicos en Chile, desde Coquimbo. De profesión ingeniero, graduado en Francia, su arribo obedeció a la gestión de Carlos Lambert, un empresario de la región. Contribuyó a la creación del Colegio de Minería de Coquimbo, enseñando mineralogía. No fue fortuito que el impulso de los estudios mineros fuese regional, dada la proximidad de un territorio minero. Con Domeyko se inició la práctica de que los hombres de ciencia contribuyeran en la redacción de nuevos manuales sobre mineralogía, geología y ensayos.

La fundación de la Universidad de Chile en 1843 significó la adopción de la escuela universitaria francesa por Andrés Bello para formar profesionales que coadyuvaran a la consolidación del Estado. Las carreras liberales vinculadas con el poder, los estudios jurídicos y los teológicos, recibieron la mayor atención. La abogacía se distinguió por recibir gran estimación como legitimadora de estatus social dentro de las clases altas, renuentes en un principio hacia los estudios médicos y la ingeniería.

Desde 1843, la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, dirigida por Andrés A. Gorbea, teniendo como secretario a Ignacio Domeyko, reunió las disciplinas vinculadas con las ingenierías.<sup>15</sup> Se reforzaron las matemáticas, física y química como base de las ciencias y las ingenierías.<sup>16</sup> El ideal ilustrado dominante en las esferas gubernamentales, que al decir de Bravo Lira se extendió hasta el decenio de Manuel Montt (1851-1861), propiciaba el interés por la contratación de sabios e ingenieros europeos para las oficinas públicas y la academia.<sup>17</sup> Así, la contratación de ingenieros europeos fue considerada una necesidad ineludible. Los ingenieros franceses León Crosnier y Julio Jarriez, quienes fundaron la Escuela de Artes y Oficios en 1849, reforzaron el plantel.<sup>18</sup> El 7 de diciembre de 1853 recayó en Domeyko la responsabilidad de la creación de nuevas profesiones: arquitecto, ensayador general, ingeniero de minas, ingeniero geógrafo e ingeniero civil.<sup>19</sup> El programa de estudios de ingeniería de 1853 preparó el camino hacia la formación de la carrera de geología, al incorporar el estudio de la geología y la mineralogía.<sup>20</sup>

Hacia mediados de la década de 1870, la Universidad de Chile pudo contar con una generación de ingenieros nacionales, algunos con estudios en Europa, que asumieron las responsabilidades de los académicos extranjeros.<sup>21</sup> Domeyko ocupó el rectorado de la Universidad en 1867;

<sup>15</sup> AMUNÁTEGUI, "Don Ignacio Domeyko", p. 214.

<sup>16</sup> CAMPOS, *Desarrollo*, pp. 135-136. La presencia de los naturalistas e ingenieros europeos subansó el enorme atraso. Al respecto, véase SALDIVIA, *La ciencia*.

<sup>17</sup> BRAVO, *El absolutismo*.

<sup>18</sup> MUÑOZ, y otros, *La Universidad*, pp. 9-10. Según Domingo Amunátegui, Jarriez escribió un imprescindible curso completo de ciencias matemáticas, físicas y mecánicas en la década de 1850. Véase AMUNÁTEGUI, *Recuerdos*, p. 66.

<sup>19</sup> AMUNÁTEGUI, "Don Ignacio Domeyko", p. 356.

<sup>20</sup> Véase CHARRIER, y otros, "La carrera".

<sup>21</sup> SERRANO, *Universidad*, p. 211.

fue reelegido hasta 1883.<sup>22</sup> El científico polaco se inspiró en el modelo de la universidad alemana de Wilhelm von Humboldt, que integró las diversas ciencias y fomentó la investigación científica desde la Universidad de Berlín, creada en 1810. Esto complementó la visión humanista legada por Bello. No obstante, hubo que modificar la orientación universitaria.<sup>23</sup> Esta inflexión, junto con la dotación gubernamental de becas para proseguir estudios en Francia a los mejores alumnos, coadyuvó a la consolidación de las ingenierías. Entre 1853 y 1880, la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas siguió dependiendo del soporte extranjero: cuatro académicos franceses, tres alemanes y cuatro españoles. Así, se incorporaron profesionales de centros universitarios europeos y de las redes científicas establecidas. Todo esto contribuyó de dos maneras: por un lado, hizo accesibles las publicaciones europeas y, por otro, dio a conocer en ellas las investigaciones desarrolladas en suelo chileno. La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas se constituyó en la segunda en productividad, después de la de Filosofía y Humanidades, resaltándose lo realizado por los académicos no nacionales.<sup>24</sup>

Fue a mediados del siglo XIX cuando convergieron los procesos de institucionalización y profesionalización de las ingenierías. Ello coincidía con las tendencias globales, ya por las exigencias provenientes de la economía industrial y la agricultura capitalista, ya por la demanda del Estado.<sup>25</sup> En el caso chileno, el crecimiento de la actividad minera en Caracoles, en 1870, abrió un mercado laboral muy atractivo para los ingenieros de minas y ensayadores generales, “que son los preferidos por las compañías más acaudaladas de aquel distrito mineral”, escribió Domeyko en su memoria de 1872.<sup>26</sup> Esto propició mayor reconocimiento social a las ingenierías y la profesión de ingeniero. No sólo se trató de la legitimación de su lugar en la industrialización, sino de una combinación de estatus social y remuneración. Los sueldos de los ingenieros dependían de su ejercicio profesional, salvo en el caso de quienes disponían de propiedades rurales. Por entonces, los ingenieros no tuvieron interés en participar en cargos políticos (los parlamentarios no estuvieron remunerados hasta 1924). La

<sup>22</sup> Domeyko impartió la cátedra de Mineralogía, Geología y Química Analítica en la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas hasta su jubilación en 1882. Fue uno de los primeros en realizar ensayos con el nitrato de sodio del desierto de Atacama, material que le remitieron Domingo y Francisco Latrille hacia 1857. Estos últimos fueron descubridores de salitre en el salar del Carmen, antes de José Santos Ossa.

<sup>23</sup> Jaime Parada reconoce en Domeyko el saber enciclopédico, el trabajo solitario, el sabio, pero valora también la llegada posterior “de científicos de un alto perfil técnico, dotados de voluntad colectiva, conscientes de su valor social y dispuestos a empujar los cambios que les permitieran, por fin, modernizar sus estructuras cognitivas y laborales”. PARADA, “La profesión”, pp. IX-LXXVII.

<sup>24</sup> SERRANO, *Universidad*, p. 123.

<sup>25</sup> GUTIÉRREZ y REYNOLD, “Institucionalización”, pp. 64-65.

<sup>26</sup> LAVADOS, *La Universidad*, p. 91.

representación de los ingenieros en la Cámara de Diputados entre 1849 y 1879 fue mínima: aparecen sólo dos topógrafos en 1852 y dos ingenieros y dos topógrafos en 1876.<sup>27</sup>

Además, los ingenieros tuvieron dificultades para incorporarse a la administración pública, con fuerte competencia de los ingenieros extranjeros.<sup>28</sup> La adquisición de estatus por los ingenieros chilenos fue consecuencia de su participación en las obras viales fiscales y particulares de la época exportadora. La minería atrajo a algunos, sobre todo más tardíamente, en el siglo xx, cuando el salitre llevaba más de 30 años sosteniendo las arcas fiscales. En este contexto, se ha insistido en el papel que desempeñaron los ingenieros Domingo Víctor Santa María y Victorino Aurelio Lastarria (quien diseñó el viaducto sobre el río Malleco, obra paradigmática de la ingeniería chilena del siglo xix), provenientes de familias destacadas en ámbitos políticos y culturales del liberalismo (sus progenitores fueron José Victorino Lastarria y Domingo Santa María).<sup>29</sup>

El reconocimiento social fue una inquietud extendida entre los ingenieros nacionales.<sup>30</sup> El prestigio que rodeó a Santa María y Lastarria introdujo a los ingenieros en los planes de las obras públicas, lo que posibilitó su participación creciente en la estrategia de modernización llevada a cabo por el Estado.<sup>31</sup> Bajo este contexto, la importancia de las ingenierías se vio apoyada por dos circunstancias relevantes. La primera fue la formación de sociedades corporativas en varios ámbitos de la vida económica y cultural entre 1883 y 1900. El ingeniero Pedro Lucio Guerra asumió el

<sup>27</sup> ESTEFANE y OSSA, “Militancy”, pp. 159-175.

<sup>28</sup> MELLAFE, REBOLLEDO y CÁRDENAS, *Historia de la Universidad*, p. 122. Todavía en 1924 el Instituto de Ingenieros lamentaba, que la profesión fuera “una de las más desamparadas [...]”. El ingeniero está por debajo de muchos empleados administrativos de menor importancia”. Véase EDITORIAL, “La profesión”, pp. 657-658.

<sup>29</sup> Victorino Aurelio Lastarria y Domingo Víctor Santa María se graduaron como ingenieros civiles en la Universidad de Gante en Bélgica. Santa María fue también diputado entre 1879-1888. Refiere uno de los más destacados ingenieros, Santiago Marín Vicuña, que a mediados del siglo xix la profesión de “ingeniero tenía en Chile una situación mediocre, principalmente por las escasas expectativas económicas[...] y por las limitaciones de obras de tal índole que se ejecutaban en el país, por lo que le restaba a tal profesión el conveniente prestigio y ambiente social”. MARÍN, “De tiempos lejanos”, pp. 353-371; MARÍN, “D. Domingo”, pp. 587-615.

<sup>30</sup> Inglaterra, Francia y Alemania fueron los primeros países en reconocer la profesión de ingeniero, pero la percepción social de ésta varió en el siglo xix. En Inglaterra y Gales su legitimación fue compleja. La Escuela Politécnica de París tenía gran prestigio, reconocido por el Estado. En Alemania la vinculación del prestigio tecnológico y la empresa privada dio a las ingenierías un papel relevante en el progreso del país. LEE DOWNEY y LUCENA, “Engineering”, señalan que “France makes its elite engineers visible to an extent found nowhere else in the world”, p. 124.

<sup>31</sup> En tal sentido, el establecimiento del Ministerio de Industria y Obras Públicas, el 21 de junio de 1887, y la promulgación de la ley de 26 de enero de 1888, que creó la Dirección de Obras Públicas, constituyeron un enorme impulso al papel de la ingeniería al servicio del Estado y su plan de obras viales. GREVE, *Historia*, t. iv, caps. v, viii y ix.

Ministerio de Hacienda en 1883 y promovió la creación de la Sociedad de Fomento Fabril, SOFOFA, en 1884, y los ingenieros en general establecieron el Instituto de Ingenieros el 27 de noviembre de 1888. El nuevo órgano reemplazó al antiguo Instituto de Ingenieros y Arquitectos de 1873.<sup>32</sup> El Instituto de Ingenieros simbolizó el nexo entre la academia y el Estado, por medio de la agencia dedicada a las obras públicas. En su primer directorio figuró Uldaricio Prado, decano de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile, y Domingo Víctor Santa María, director de Obras Públicas.<sup>33</sup> La segunda circunstancia fue la creciente expansión de la formación ingenieril hacia las regiones, como puntualizan Sol Serrano (1994), Sergio Villalobos (1990) y Juan Guillermo Muñoz y otros (1987). Desde 1863 algunos de los principales liceos de provincia, como los de Copiapó, La Serena y Concepción, otorgaron los títulos de ingeniero de minas o el de ingeniero geógrafo.<sup>34</sup>

Hacia 1902 todavía convivían los ingenieros de formación antigua con el ingeniero civil (tabla 1). Es posible inferir que en las labores extractivas o mineras compartían similar mercado laboral los ingenieros geógrafos con los ingenieros de minas.

En 1889 un nuevo plan de estudios de ingeniería aumentó de cinco a seis años la duración de la carrera, amplió el número de cursos obligatorios y estableció cinco especialidades: ingeniero arquitecto, ingeniero de ferrocarriles y puertos, ingeniero de puentes, caminos e hidráulica, ingeniero geógrafo y de minas, e ingeniero industrial y metalurgista. Empero, persistieron la necesidad de actualizar los planes de estudios, así como la carencia de especialistas en determinadas áreas o cursos. De ahí que se tuviera que proseguir con la dependencia de los profesores extranjeros. La

TABLA 1. Ingenieros titulados por la Universidad de Chile, 1902, por especialidad

| <i>Título</i> | <i>Agrimensor</i> | <i>Ingeniero civil</i> | <i>Ingeniero geógrafo</i> | <i>Ingeniero arquitecto</i> | <i>Ingeniero de minas</i> |
|---------------|-------------------|------------------------|---------------------------|-----------------------------|---------------------------|
| Cantidad      | 24                | 80                     | 114                       | 15                          | 71                        |

FUENTE: “Nómina alfabética de los ingenieros recibidos en la Universidad de Chile, actualmente en ejercicio de la profesión”, en *Anales del Instituto de Ingenieros*, 1902, t. II, núm. 12, pp. 594-599.

<sup>32</sup> DE VOS EYZAGUIRRE, *El surgimiento*, pp. 53-70.

<sup>33</sup> VILLALOBOS, *Historia de la ingeniería*, p. 282.

<sup>34</sup> La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile entregó el primer título de agrimensor a José Zegers Montenegro el 13 de julio de 1840. El primer ingeniero geógrafo fue Abelardo Donoso, titulado el 22 de abril de 1863, y Ramón Nieto, el primer ingeniero civil, quien recibió su título el 18 de diciembre de 1876. Destaquemos que entre 1892 y 1895 se titularon la mayor cantidad de ingenieros civiles. Y esto guardó relación con el gran número de obras civiles llevadas a cabo por el Estado.

presencia de éstos logró suplir las innovaciones implementadas. Mencionemos a Luis Cousin, Carlos König, Alfonso Nogues, Jacobo Krauss y Alberto Obrecht.<sup>35</sup> Si en 1902 sobresale la titulación de ingenieros geógrafos (tabla 1), posteriormente, entre 1903 y 1906, se impondría la especialidad de la ingeniería civil.<sup>36</sup>

Pero, aun así, resalta el hecho de que en las provincias salitreras la presencia de ingenieros formados en Chile fue inicialmente pequeña; predominaba en la industria del salitre y después en la del cobre una mayoría de europeos, tal como expone la tabla 7 (exceptuando las inversiones y los ingenieros estadounidenses), aun cuando el número de egresados de las diversas ingenierías de la Universidad de Chile creció desde el establecimiento de la Escuela de Ingeniería, en enero de 1919.<sup>37</sup> Una estadística para las tres primeras décadas del siglo xx (tabla 2) muestra un crecimiento de la cantidad de titulaciones de ingenieros en el periodo (duplicación entre 1900 y 1920, total indiferenciado de especialidades), y su disminución a partir de entonces, con una caída en el primer lustro de la década de 1930:

La crisis mundial y salitrera de 1929-1930 influyó en esta merma.<sup>38</sup> Aun así, los ingenieros que formó la Universidad de Chile durante ese periodo fueron significativos para el primer impulso del desarrollo nacional, sobre todo en la construcción de puentes, ferrocarriles, puertos en el centro y sur del país. Cabe acotar que la Universidad Católica de Chile había comenzado a entregar el título de ingeniero civil en 1892 y sus primeros titulados datan de 1897. En 1900 creó la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas, que acogió la ingeniería civil. En 1926 inauguró el Laboratorio de Hidráulica, el primero de América del Sur.

TABLA 2. Ingenieros titulados de la Universidad de Chile

| <i>Años</i> | <i>Total</i> | <i>Promedio</i> |
|-------------|--------------|-----------------|
| 1900-1909   | 134          | 13.4            |
| 1910-1919   | 289          | 28.9            |
| 1920-1929   | 229          | 22.9            |
| 1930-1934   | 75           | 15.0            |

FUENTE: MARÍN VICUÑA, "D. Domingo", p. 606.

<sup>35</sup> MARÍN VICUÑA, "D. Domingo", p. 600.

<sup>36</sup> "Ingenieros", pp. 41-42.

<sup>37</sup> CAMPOS, *Desarrollo*, p. 139.

<sup>38</sup> La crisis mundial de 1929-1930 tuvo serias consecuencias en Chile. Se considera que fue el país más afectado a escala internacional. En lo que atañe a las provincias salitreras, sus efectos fueron devastadores, pues el cierre de operaciones de decenas de oficinas salitreras dejó a miles de obreros con sus familias cesantes. La población que vivía en las salitreras en 1920 constituía el 7.7% del total de las provincias de Tarapacá y Antofagasta que se redujo en 1930 a 6.8%. Véase RIVERO, CANTILLANO, y otros, "The Demographic".

LOS INGENIEROS ENTRE EL DEBATE DE SU PLAN DE ESTUDIOS  
Y EL DESARROLLO NACIONAL

El control de Chile sobre el territorio salitrero y la industria de este mineral tuvo lugar al término de la guerra del Pacífico (1879-1884). Por entonces surgió la inquietud de los ingenieros de mejorar los planes y programas de estudios de su disciplina, ante los sensibles cambios en los procesos metalúrgicos mineros, la introducción de nuevas fuentes de energía y el desafío de innovaciones tecnológicas. A esto se añadía la importancia de vincular los conocimientos teóricos con una práctica realmente útil, conectada con la influencia del nitrato de sodio, como palanca del programa de desarrollo al que se comprometió el gobierno de Balmaceda (1886-1891). El país consolidaba su incipiente industrialización por medio de las obras viales; la política económica impulsaba la construcción de infraestructura. Esta estrategia tuvo el apoyo de las sociedades empresariales, las agencias fiscales y las organizaciones corporativas profesionales. Se conjugaron así tres desafíos para las ingenierías. Primero, la actualización de las especialidades ingenieriles y la estructuración de nuevos planes de estudios que fijaran nuevas currículas universitarias de especialización capaces de incorporar las novedades tecnológicas. Vinculado con este punto, se procuró acopiar experiencia de los paradigmas de enseñanza de los países más avanzados en la materia, analizando planes de estudios, viajes a fábricas y centros universitarios. Un segundo asunto fue la participación ingenieril en el debate sobre el desarrollo nacional. Esto fue resultado de la constatación de una nueva coyuntura en la industria del salitre a mediados de la década de 1910, por la baja ley del nitrato, la competencia del salitre sintético y la emergencia de una profunda crisis social observada desde el ámbito político como “cuestión social” de la pampa salitrera, todo lo cual se sumaba al declive del nitrato como fuente de ingresos del erario fiscal. Así, el tercer desafío para la ingeniería fue el estudio y el debate de la coyuntura crítica en la industria del salitre.

*Especialidades y planes de estudios.  
Entre la teoría y la práctica*

La Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile había estructurado los planes de las ingenierías desde 1853.<sup>39</sup> A mediados de 1890 se abrió un debate acerca del porcentaje de cursos vinculados directamente con la ingeniería. Enrique Labatut sintetizó la enseñanza de ésta entre “lo que se le da de más” y “la manera como se le da lo que debe saber”. La conclusión de la formación del ingeniero estaba en la fábrica.

<sup>39</sup> “Plan de Estudios”, p. 199.

Había que interesarlo por la práctica, con ramos científicos y técnicos.<sup>40</sup> La demanda de otros nuevos cursos se planteó a lo largo de los años hasta los primeros lustros del siglo xx.<sup>41</sup>

Una reforma importante de este plan de estudios, introducida el 22 de enero de 1898, determinó que los ingenieros civiles y los de minas debían cursar los tres primeros años junto con los agrimensores (tabla 3).

El plan contemplaba una secuencia de horas de clases directas, las que se han señalado, complementadas por horas semanales de ejercicios que, en los cursos de especialización, alcanzaban más peso que las teóricas. En mayo de 1899 se acordaron los requisitos que debían cumplir los estudiantes para aspirar a los títulos respectivos, fuese en la especialidad civil o de minas.<sup>42</sup>

Finalmente, este plan de estudios estuvo en vigor durante todo el auge de la industria salitrera. Sin embargo, pasados sus primeros 10 años de vigencia, comenzó a ser cuestionado. Se discutió si la preparación ingenieril debía ajustarse a los tiempos imperantes en el mundo y en la sociedad nacional. Se argumentó que el plan de estudios debía actualizarse para acoger el pensamiento dominante en el mundo europeo, el evolucionismo, y por ende orientarse en tal filosofía, ya que lo teórico todavía prevalecía sobre lo técnico. La ingeniería era un *medio* para “resolver los *problemas económicos*”.<sup>43</sup> Si no había nexo entre la vida, el trabajo y la técnica, la ingeniería quedaría en un mero oficio. Hubo quienes cuestionaron el exceso de asignaturas de matemáticas.<sup>44</sup> No faltaron los que apuntaron a no descuidar la formación integral de los futuros ciudadanos, jefes de familia, por lo que les parecía deseable incluir la formación moral en la universidad, puesto

<sup>40</sup> LABATUT, “Consideraciones”, pp. 419-433.

<sup>41</sup> A modo de ejemplo, pues el tema es extenso, se puede mencionar la necesidad del curso de Mecánica Aplicada, en 1895; la Metalurgia General, en 1892; la Electro-Técnica, en 1911. El ingeniero francés Alfonso Nogués, profesor de la Universidad de Chile, abogó tempranamente por la enseñanza de geología para los ingenieros. NOGUÉS, “Sobre la necesidad”, pp. 531-554.

<sup>42</sup> Después de los cinco años, los de civil realizaban una prueba final consistente en la ejecución de un proyecto, determinado de común acuerdo con los profesores de puente y ferrocarriles, de resistencia de materiales y de hidráulica, además de presentar los planos correspondientes y una memoria justificativa del proyecto que contuviera los datos necesarios, y contestar a la interrogación teórica respecto al trabajo presentado; asimismo, los de minas entregaban un proyecto fijado por los profesores de explotación de minas, de metalurgia y de química general y docimasia, que debía rendirse en las mismas condiciones establecidas para los ingenieros civiles y podía durar el mismo tiempo. Véase “Sesión 8 de mayo de 1899”, *Anales de la Universidad de Chile*, pp. 74-75.

<sup>43</sup> SUBERCASEAUX, “Los ingenieros”, pp. 390-393. La introducción del curso de Economía Política en la Escuela de Ingeniería tuvo lugar en 1922; su anterior omisión “inexplicable ha podido apreciarse como causa visible del alejamiento del ingeniero de aquellas actividades de carácter económico y directivas”. SIMON, “La ingeniería”, pp. 65-68.

<sup>44</sup> TORRES, “Necesidades”, pp. 345-352.

TABLA 3. Plan de estudios de los agrimensores, ingenieros civiles e ingenieros de minas (1898)

| <i>Plan de estudios de los<br/>agrimensores, ingenieros civiles<br/>e ingenieros de minas</i> | <i>Plan de estudios<br/>de ingeniería civil</i>                     | <i>Plan de estudios<br/>de ingeniería<br/>en minas</i>           |
|-----------------------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| <i>Primer año</i>                                                                             | <i>Cuarto año</i>                                                   | <i>Cuarto año</i>                                                |
| Jeometría analítica de 2 o 3 dimensiones / 4½ h                                               | Arquitectura / 3 h                                                  | Arquitectura (primer semestre) / 3 h                             |
| Álgebra superior/ 3 h                                                                         | Construcción jeneral e industrial, tecnología, segunda parte / 1½ h | Esplotación de minas, primera parte / 3 h                        |
| Jeometría descriptiva i aplicaciones / 4 h                                                    | Cimientos, puentes, túneles / 4½ h                                  | Docimasia / 1 h                                                  |
| Física jeneral, primera parte / 3 h                                                           | Hidráulica, primera parte / 2 h                                     | Metalurgia, primera parte / 3 h                                  |
| Química jeneral, primera parte / 3 h                                                          | Resistencia de materiales, segunda parte / 3 h                      | Resistencia de materiales, segunda parte (primer semestre) / 3 h |
| Dibujo a mano alzada/ 3 h                                                                     | Máquinas, segunda parte / 2 h                                       | Máquinas, segunda parte / 3 h                                    |
| <i>Segundo año</i>                                                                            | <i>Quinto año</i>                                                   | <i>Quinto año</i>                                                |
| Cálculo diferencial e integral / 3 h                                                          | Administración i economía / 2 h                                     | Administración i economía / 2 h                                  |
| Mecánica racional i grafostática / 3 h                                                        | Ferrocarriles i caminos / 4½ h                                      | Esplotación de minas, segunda parte / 3 h                        |
| Mineralojía (un semestre) / 3 h                                                               | Hidráulica, segunda parte / 5 h                                     | Metalurgia, segunda parte / 3 h                                  |
| Física jeneral, segunda parte / 3 h                                                           | Química industrial / 2h                                             | Química industrial / 2 h                                         |
| Química general, segunda parte / 3 h                                                          | Máquinas, tercera parte / 2 h                                       | Máquinas, tercera parte / 2 h                                    |
| Topografía / 3 h                                                                              |                                                                     |                                                                  |
| <i>Tercer año</i>                                                                             |                                                                     |                                                                  |
| Construcción general e industrial, tecnología, primera parte / 3 h                            |                                                                     |                                                                  |
| Física industrial / 4 ½ h                                                                     |                                                                     |                                                                  |
| Jeología (un semestre) / 3 h                                                                  |                                                                     |                                                                  |
| Máquinas, primera parte / 2½ h                                                                |                                                                     |                                                                  |
| Química analítica/1 h                                                                         |                                                                     |                                                                  |
| Jeodesia i astronomía/ 2 h                                                                    |                                                                     |                                                                  |
| Resistencia de materiales, primera parte/2 h                                                  |                                                                     |                                                                  |

FUENTE: “Sesión de 14 de marzo de 1898. Decreto de 22 de enero de 1898. Aprueba el presente Plan de Estudios Superiores de la Facultad de Ciencias Físicas i Matemáticas”, pp. 13-16.

que ésta no se adquiría en la Iglesia y tampoco en el hogar.<sup>45</sup> Otros propusieron, siguiendo a V. Karapetoff, profesor de electrotécnica experimental de la Universidad de Cornell, que, en la formación del ingeniero, se distinguiese las asignaturas formativas y de cultura general, que pudieran conducir al nuevo profesional a servir mejor en la sociedad, de aquellas otras materias específicas de su educación especializada.<sup>46</sup>

El ingeniero Carlos Hoerning introdujo la perspectiva alemana basado en la visión de Max Foerster, profesor de la Universidad Técnica de Dresde. Foerster era partidario de la reducción de las clases de matemáticas y física y del reforzamiento de los ramos profesionales. Propugnaba que el alumno de ingeniería estuviera al tanto de la economía política, la administración, la legislación obrera, la legislación social y la historia, mediante su concurrencia a cursos, seminarios y conferencias. También Guillermo Subercaseaux en 1910 planteó estos cambios en las materias. Para Hoerning, los programas europeos no podían copiarse sin más, pues se debían tomar en cuenta los múltiples problemas técnicos que se presentaban en Chile, el medio social y el carácter de la raza.<sup>47</sup>

Al compás de las transformaciones económicas globales, se había expandido el campo ingenieril y diversificado sus especialidades. En 1920, Alejandro Bertrand contabilizaba 23 especialidades o variedades de ingeniería.<sup>48</sup> En 1923 se aprobó el plan de estudios de la Escuela de Ingeniería, que dos años más tarde se resolvió modificar. La reforma consistió en la reducción del tiempo de clases y ejercicios a tres horas semanales como norma general y la separación (desde el tercer año, a fin de facilitar la especialización) de los cursos de ingeniería de minas, de ingeniería química y metalurgista, y de ingeniería civil.<sup>49</sup> De esta manera, la profesión de ingeniero se desplegó en tres carreras: química y metalúrgica, en minas y civil.<sup>50</sup>

La separación de las especialidades de la ingeniería entre las de minas y las civiles llevó a formar programas de estudios que respondieran a los desafíos tecnológicos y la ampliación de los saberes vinculados con la ciencia y su aplicación.<sup>51</sup> La exposición de las novedades técnicas y las

<sup>45</sup> LIRA, "El curso de ingeniería civil", pp. 421-428.

<sup>46</sup> KARAPETOFF, "El sistema", pp. 521-531.

<sup>47</sup> FOERSTER, "Observaciones", pp. 7-12.

<sup>48</sup> BERTRAND, "Evolución", p. 268, nota.

<sup>49</sup> También se dispuso la limitación "de las horas de clase y aplicación en el sexto año de ingeniería civil de modo que los alumnos dispongan de tiempo para seguir conjuntamente la especialidad de Electricista dentro del máximo de 36 horas o bien para que sea posible desarrollar uno de los temas del proyecto de prueba para obtener el título de Licenciado". Véase "Modificación", p. 805.

<sup>50</sup> LIRA, "El curso de ingeniería química", pp. 130-131.

<sup>51</sup> Estar en conocimiento de los adelantos de la ciencia y la tecnología, iría en beneficio directo de los estudiantes a los que el gobierno les sufragaría traslado y manutención hacia Europa, para seguir accediendo a "los últimos métodos y novedades propias de su

innovaciones producidas por la ciencia aplicada, procedentes del mundo anglosajón —Inglaterra y los Estados Unidos—, de Francia o de Alemania, develó la necesidad de que el ingeniero se manejara en los idiomas del mundo industrial. Ello trajo a colación los modelos de enseñanza europeos y un amplio debate sobre éstos en el país, tanto en las instancias académicas como en las organizaciones de ingenieros. Antes de 1880, Francia, Bélgica e Inglaterra centraron la atención como destino para los jóvenes becados por el Estado para profundizar sus experiencias. Sin embargo, el rápido avance de la ciencia y la tecnología alemanas —con su influencia en el Instituto Pedagógico de la Universidad de Chile en 1889—<sup>52</sup> incorporó a varias universidades germanas como opciones de la enseñanza científico-tecnológica (el denominado “embrujo alemán” en Chile).

Se desarrolló una interesante pesquisa de modelos que pudiesen funcionar en Chile. El ingeniero Ernesto Lyon tradujo la obra del inglés W. E. Dalby, su comparación de los estudios ingenieriles en los Estados Unidos, Alemania y Suiza.<sup>53</sup> El cotejo del plan nacional con los europeos evidenció las debilidades del país. En 1917 el ingeniero Ricardo Simpson expuso el “estado de la cuestión” entre los modelos europeos y el de los Estados Unidos con base en diversas fuentes. El tema principal de su intervención fue el lugar que ocupaban los laboratorios en las escuelas de ingenierías:

En las discusiones habidas en la Société de Encouragement pour l’Industrie Nationale de Francia se ha hecho notar que hay deficiencias en la instrucción superior y que los laboratorios al revés de lo que pasa en Alemania, que son sostenidos por los industriales, puesto que ellos aprovechan sus investigaciones, en Francia sirven en su mayor parte sólo de adorno de las universidades, y los industriales no tienen relaciones con ellas. En América, el país que más se ha preocupado de la instrucción, ha sido Estados Unidos. Una de sus principales instituciones, la fundada

---

profesión y puedan aplicarlos sin dilación a su regreso”. LEIGHTON, “Perfeccionamiento del ingeniero”, pp. 65-66. Era lo que se había observado en la transformación de Japón y se enfatizaría en los despachos diplomáticos nacionales acreditados en Tokio. Véase GONZÁLEZ, “Semblanza de Alfredo Irarrázaval”. Y también acceder a la literatura técnica, pues, como argumentó A. Bertrand, las revistas técnicas modernas tenían “la utilidad *inmediata* de una publicación de carácter técnico, y su aprovechamiento ulterior y utilidad *permanente*”. BERTRAND, “Observaciones” pp. 308-323. Con mucha anterioridad, Enrique Labatut reparó en el manejo de idiomas, principalmente inglés y alemán, para imponerse en los avances de la electrotecnia. LABATUT, “Sobre la enseñanza”, pp. 882-889.

<sup>52</sup> Véase SERRANO, PONCE DE LEÓN y RENGIFO, *Historia de la educación*, pp. 348-357; SILVA, *Historia social*.

<sup>53</sup> Dalby enfatizó dos aspectos: por un lado, la concordancia entre la libertad de los estudiantes de seleccionar sus clases en Alemania, semejante a la libertad académica en Oxford y Cambridge, y, por otro, la amplia oferta de cursos que caracterizaba a las universidades estadounidenses, ejemplificada por el MIT, que tenía 13 cursos. DALBY, “La educación”.

TABLA 4. Comparación de la enseñanza de la ingeniería en Europa y en Estados Unidos

| <i>Tema</i>              | <i>Francia</i>   | <i>Alemania</i>   | <i>Bélgica</i>   | <i>Suiza</i>     | <i>Estados Unidos</i> | <i>Inglaterra</i> |
|--------------------------|------------------|-------------------|------------------|------------------|-----------------------|-------------------|
| Duración de la enseñanza | 3 años           | 4 años            | 5 años           | 3-4 años         | 4 años                | 3 años            |
| Característica           | No especializada | Muy especializada | Especializada    |                  | Especializada         | Especializada     |
| Disciplina               | Severa           | —                 | —                | —                | —                     | —                 |
| Estadía en usinas        | Poco organizada  | Exigida 1 año     | Exigida          | No               | Exigida               | Exigida           |
| Trabajo en laboratorios  | Desarrollado     | Muy desarrollado  | Muy desarrollado | Muy desarrollado | Desarrollado          | Desarrollado      |

FUENTE: TORRES, “Necesidades”, p. 347.

por Carnegie, tiene desde hace algunos años una sección destinada al fomento de la enseñanza.<sup>54</sup>

Los franceses reconocían una diferencia principal con el sistema alemán que León Guillet expuso en 1916 en el Instituto de Ingenieros Civiles de Francia —donde la enseñanza era completamente libre—. El estudiante buscaba a los profesores más reputados de cada especialidad, la formación se concentraba en cuatro años, dos de ciencia pura y dos de técnica industrial; todo alumno debía hacer una estadía industrial de por lo menos un año en la especialidad que optara, sobresaliendo la preparación práctica de los laboratorios. El número de horas era considerable. El propio Guillet hizo una comparación de la instrucción de las ingenierías, como se aprecia en la tabla 4.

Años más tarde, al concluir la Primera Guerra Mundial, el propio León Guillet volvió sobre el tema, contrastando el sistema francés o latino con el germánico. Para el ingeniero francés, la diferencia estribaba entre la enseñanza de los conocimientos generales y la de los conocimientos especiales, principalmente “en la estimación de este límite”. Los alemanes y los anglosajones se planteaban

Como hombres prácticos, para los cuales “Time is money”. La cultura general en los pueblos de educación germánica o anglo-sajona se detiene inmediatamente que terminan los estudios que corresponden a nuestra enseñanza secundaria. Es entonces cuando principia para los estudian-

<sup>54</sup> SIMPSON, “Nuevas orientaciones”, p. 292.

tes la especialización, la cual en la enseñanza técnica se lleva a nuestro juicio, hasta la exageración, sacrificándose en forma casi absoluta la cultura general.<sup>55</sup>

Para Guillet, el meollo del asunto consistía en que, si bien el ingeniero alemán podía emplearse inmediatamente en la fábrica, su especialización le restaba posibilidades de trabajo y, además, era posible que ésta no fuera la que requería el país. En contraste, el sistema francés descansaba en una formación muy sólida de la enseñanza secundaria y una rigurosa selección para las ingenierías, lo que respondía a las necesidades nacionales y mantenía el estatus del ingeniero. La vasta cultura general dotaba al ingeniero galo de una adaptabilidad a cualquier desafío. Se consideraba que el sistema francés constituía una nivelación superior al seleccionar a los mejores elementos capaces de alcanzar una educación superior, en lo intelectual y moral. Mientras, el modelo inglés se estimaba una nivelación por abajo, donde no primaba la selección observada en la universidad francesa. El asunto no era menor en cuanto a la especialización y los requerimientos que demandaba el país.

La experiencia británica aportó elementos de comparación. Se ha indicado la pugna entre las prácticas en talleres y laboratorios y los meros conocimientos teóricos que rodeó a la ingeniería británica en la primera mitad del siglo XIX. Hubo variaciones entre las regiones: Glasgow o Manchester estaban más avanzadas en la disciplina de la ingeniería civil que, por ejemplo, Londres, que comenzó a mejorar hacia fines del siglo XIX y tomó el liderazgo a inicios del siglo XX.<sup>56</sup> También había marcadas diferenciaciones sociales entre los ingenieros civiles, cuyo reclutamiento recaía en la clase media consolidada, y los mecánicos, que procedían más bien de la clase media baja y la clase obrera. Los ingenieros civiles se dotaron de una estructura asociativa en 1818, y los ingenieros mecánicos (ingenieros industriales, de manufacturas y de ferrocarriles) lograron formar su institución en 1847. Se estima que, para mediados de la década de 1910, la enseñanza de la ingeniería británica había conciliado la modalidad teórica con la experiencia práctica.<sup>57</sup> En cambio, en Francia, los ingenieros trabajaban para el Estado en la tarea de alcanzar el progreso transforman-

<sup>55</sup> GUILLET, "Consideraciones", p. 289.

<sup>56</sup> BUCHANAN, "The Rise".

<sup>57</sup> HIROSE, "Two Classes", ha podido demostrar cómo evolucionó la enseñanza de la ingeniería en Gran Bretaña en los siglos XIX y XX a través del análisis de los formularios de membresía; subraya que a los ingenieros mecánicos les fue aceptado su ingreso también por competencia educacional, y que quienes fueron aprendices de ingeniería a los 16 años constituyeron una proporción importante. Los ingenieros civiles exigieron a partir de 1897 una examinación completa para su ingreso, toda vez que su enseñanza fue la primera a tiempo completo entre las ingenierías, la que fue incorporada por los ingenieros mecánicos en 1907.

do la naturaleza, pues su formación apuntaba al servicio público, en contraste con los ingenieros ingleses, orientados a vincularse con la iniciativa privada. De acuerdo con observaciones de Hippolyte Taine, los franceses se inclinaban hacia las ideas, las teorías y el método deductivo, y los ingleses eran afectos a lo práctico e instrumental y al método inductivo.<sup>58</sup> De igual modo, se tenían dos modalidades distintas en cuanto a relacionar el trabajo, la profesionalización y la duración de la enseñanza en los modelos francés y alemán.<sup>59</sup>

Este panorama diverso era conocido por las autoridades universitarias en Chile y en el Instituto de Ingenieros, donde, como hemos visto, se manifestaron los puntos de vista y las bondades de los sistemas examinados. Y esto se relacionó con un aspecto que comenzó a interesar vivamente a los ingenieros en general. El predominio de los profesionales extranjeros en el campo de la ingeniería civil. El censo de 1895 mostró cuantitativamente tal incidencia: ingleses 166, alemanes 87, franceses 44 y estadounidenses 18. No obstante, este censo señaló el estancamiento de la población de ingenieros ingleses que se mantuvo a lo que había arrojado el censo de 1885. Entre ambos conteos, el número de ingenieros chilenos se incrementó al pasar de 394 a 527 y los extranjeros desde 295 a 413.<sup>60</sup>

En el debate académico e institucional se pusieron de manifiesto las disonancias cognoscitivas tanto como otras limitaciones en el país. En el mundo industrializado, las ingenierías prosperaron en un entorno global, en el que el progreso de las ciencias y las tecnologías iba aparejado con el desarrollo económico y social de las naciones. Su eventual adopción en las universidades de Chile no era posible, a pesar de los esfuerzos en inversión educativa; fue limitada la atención estatal a la investigación científica y tecnológica. La aseveración de Hoerning se mantenía vigente; además, eran manifiestos los desajustes del mundo rural y latifundista chileno — que contenía la mayor densidad poblacional — y una urbanización con índices de mortalidad infantil y analfabetismo, distante de las economías industriales. Ello, por más que el Estado apostó por la educación primaria en 1920.<sup>61</sup> Sin embargo, me atrevo a afirmar que los profesores que intervinieron en la discusión de esos distintos paradigmas pudieron introducir reformas en sus propias asignaturas, según fuesen más propensas a la teoría o a las aplicaciones. También gravitó el cambio generacional en el esta-

<sup>58</sup> PICON, “Technological”.

<sup>59</sup> “Le modèle allemand combine l'apprentissage sur le lieu de travail et une scolarité à temps partiel; le modèle français est construit sur une scolarisation professionnelle à temps complete”. BODÉ, “État français”, p. 111, nota 3. La vinculación del sector público con el empresariado de la industria y el comercio en la construcción del sistema de enseñanza francés, en BRUCY y TROGER, “Un siècle de formation”.

<sup>60</sup> PARADA, “La profesión”, pp. xxxii-xxxiii.

<sup>61</sup> Véase ILLANES, *En el nombre*; YÁÑEZ, *Estado*; DESHAZO, *Trabajadores urbanos*; SERRANO, PONCE DE LEÓN y RENGIFO, *Historia de la educación*.

mento académico que trajo nuevas ideas a los programas educativos.<sup>62</sup> El alumnado universitario provenía, por entonces, de sectores medios consolidados y de la clase alta.

*Los ingenieros y la controversia sobre el desarrollo nacional:  
la escuela industrial del salitre*

Desde fines del siglo XIX los ingenieros chilenos estuvieron convencidos de su lugar para contribuir al progreso nacional. Factores externos a la academia crearon incentivos para el estudio de las ingenierías, al abrir un mercado de trabajo —el de las obras públicas— que se estimaba como campo propicio del ejercicio de la profesión. No bastaba la iniciativa del Instituto de Ingenieros, que en 1902 estableció un ítem específico para pensionar ingenieros en Europa,<sup>63</sup> ni tampoco la adopción de una norma similar a la establecida en los concursos públicos existentes en el Viejo Continente —que propuso el instituto en 1900— para poder ofrecer alternativas a los individuos de talento participaran en los proyectos de construcción y en grandes obras: se reclamaba mayor transparencia en las selecciones y una “representación más equitativa del trabajo, evitando el nepotismo, el monopolio, estimulando al mismo tiempo el interés por los estudios profesionales”.<sup>64</sup>

Los ingenieros no fueron pasivos ante las dificultades que aquejaban al país. Su ámbito de trabajo les permitió conocer los problemas económicos vinculados con la explotación de los recursos naturales y el papel del Estado; de igual modo, pudieron tomar conciencia de las condiciones socioeconómicas del sector obrero y pensar en las reformas que exigía la denominada “cuestión social”. Fue imperativo, para algunos, cuestionar el curso de la industria minera en el país, sostén significativo del erario en las décadas de 1910-1920. Sobre todo, las tensiones que exponía la llamada cuestión social coincidían con la problemática económica del salitre: desde 1916 declinaban las exportaciones de nitrato y disminuía su contribución fiscal al erario (tabla 5).

Esta situación puso de relieve la influencia de los capitales extranjeros en la industria del salitre y abrió curso al cuestionamiento de la enajenación de los recursos naturales que contribuían a las arcas fiscales en el norte chileno por un sector de los ingenieros. Hacia 1910, en el cantón del Toco, la Compañía Salitrera Alemana de H. B. Sloman era propietaria de todas las oficinas salitreras (Prosperidad, Rica Aventura, Empresa, Grutas,

<sup>62</sup> Este aspecto se consigna en las actas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile. Véase *Actas Históricas de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas*, 1890 a 1962.

<sup>63</sup> GUEVARA, “Estudios practicados”.

<sup>64</sup> EHLERS, CASANOVA y LYON, “Los concursos”.

TABLA 5. Exportaciones de nitrato de sodio y aporte del salitre al erario fiscal, 1916-1924

| <i>Periodo exportaciones julio a junio</i> | <i>Exportaciones en quintales de salitre*</i> | <i>Año de exportación del salitre</i> | <i>Porcentaje con que ha contribuido a las rentas ordinarias</i> |
|--------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------------|------------------------------------------------------------------|
| 1916-1917                                  | 62 249 529                                    | 1916                                  | 60.13                                                            |
| 1917-1918                                  | 63 323 382                                    | 1917                                  | 50.43                                                            |
| 1918-1919                                  | 39 007 083                                    | 1918                                  | 44.84                                                            |
| 1919-1920                                  | 47 977 583                                    | 1919                                  | 24.37                                                            |
| 1920-1921                                  | 44 581 079                                    | 1920                                  | 40.97                                                            |
| 1921-1922                                  | 13 339 948                                    | 1921                                  | 33.54                                                            |
| 1922-1923                                  | 21 032 697                                    | 1922                                  | 31.35                                                            |
| 1923-1924                                  | 21 746 994                                    | 1923                                  | 40.61                                                            |
| 1924-1925                                  | 25 659 131                                    | 1924                                  | 39.80                                                            |

\*Un quintal métrico = 100 kg

FUENTE: “Exportaciones de qq. de salitres”, en GONZÁLEZ MIRANDA, “Las inflexiones”; “Exportación y porcentaje al erario”, en CARIOLA y SUNKEL, *Un siglo de historia*, p. 138.

Buena Esperanza). Lo mismo se apreciaba en el cantón de Taltal, donde la Compañía Salitrera Alemana mantenía cinco oficinas (Chile, Alemania, Moreno, Salinitas, Atacama) y donde radicaban inversiones del italiano Pedro Perfetti (Flor de Chile). En el cantón de Boquete-Aguas Blancas destacaban las inversiones croatas y británicas a través de la Compañía Salitrera Boquete, con su par de oficinas (Domeyko y Pissis), Lautaro Nitrate Co. (Santa Luisa, Ballena, Lautaro, Santa Catalina), Alianza Co. Ltd. (Alianza, Slavonia). En el cantón central o boliviano se hallaba la única empresa chilena de la zona salitrera, la Compañía de Salitres de Antofagasta (Puelma, Ossa, Edwards), que hacia fines del decenio de 1910 levantó otras oficinas (Prat, Pinto, Condell, Sargento Aldea) en consorcio con la firma inglesa Inglis Lomax; a través de la compañía. Salitrera El Loa fue propietaria de cuatro oficinas en el mismo cantón (Anita, Candelaria, Curicó, Luisis) y las inversiones italianas de Eduardo Cavallero (Aconcagua, Ausonia). El panorama de fuerte presencia de la inversión extranjera motivó temores de los ingenieros por una desnacionalización, temores que fueron redoblados con la llegada de las inversiones norteamericanas a Chuquicamata en 1912, con los Guggenheim, cuya explotación comenzó en 1915.<sup>65</sup>

<sup>65</sup> Datos de CARIOLA y SUNKEL, *Un siglo de historia*, pp. 127-128; GONZÁLEZ PIZARRO, “La Compañía”. Un estudio sobre las fortunas salitreras de los Edwards y Baburizza,

En consecuencia, en esos años comenzó a cuestionarse la injerencia de los capitales extranjeros en la minería nacional. La admiración por lo que significaba la formidable tecnología, el uso de la energía fósil y la electricidad se trastocó en una inquietud por la inercia del Estado y sus instituciones ante el riesgo de desnacionalización. Y, al lado, fueron los ingenieros los que levantaron la voz por una asociación del progreso material con el desarrollo social.<sup>66</sup> Santiago Marín Vicuña fue el más entusiasta en acometer una visión crítica sobre la política económica. En un lustro de gran convulsión e incertidumbre, como lo fue el de 1915-1920, en el orden económico, social y político, advirtió sobre la pérdida del control nacional no solamente en la industria del nitrato, sino en la naciente del cobre. Abogó por la nacionalización de la industria minera justo cuando se inauguró el yacimiento de Chuquicamata, en 1915. Detrás de la algarabía gubernamental se escondía el entreguismo, la apatía ante la riqueza nacional, por lo que era necesaria una reacción:

La reacción se impone. Una nación joven y vigorosa como la nuestra, que años atrás se singularizó por su empuje y fe en el trabajo y su espíritu de empresa; que exploró un desierto para arrancarle sus secretos y sembrar sus desoladas pampas de Oficinas y centros de actividad minera, no puede, ni debe cruzarse de brazos, ni menos entregar a extraños la explotación de sus riquezas. Es necesario que el espíritu nacionalista bien meditado y mejor guiado, sacuda la inercia que nos embarga y nos detenga en la pendiente trazada por mercaderes miopes e incapaces de mirar el porvenir. Ayer vendimos el salitre, después de conquistar su monopolio; hoy empezamos a enajenar los yacimientos de cobre y fierro diseminados en sus antros.<sup>67</sup>

Lamentaba Marín Vicuña cómo iban desapareciendo las empresas nacionales; la única compañía “chilena digna de citarse” que quedaba era “la de Gatico” (en la costa del desierto de Atacama). Mientras las inversiones francesas tomaban el control de las minas de El Salado y las Ánimas, Naltagua y Catemu, los cuantiosos capitales estadounidenses se hacían visibles en las minas de Lo Aguirre, Potrerillos, El Teniente, Guayacán y Panulcillo, Caldera y Carrizal y Chuquicamata, la principal mina de cobre de rajo abierta del mundo.

---

en LLORCA-JAÑA, MILLER y BARRÍA, *Capitalist*. Importante es lo expuesto por SOTO, *Influencia británica*.

<sup>66</sup> La preocupación de los ingenieros por que las obras públicas fueran del Estado o de particulares se refleja en las páginas de los *Anales del Instituto de Ingenieros*; al respecto, véase PARADA, “La profesión”, p. LV, gráfico de distribución de artículos.

<sup>67</sup> MARÍN, “La nacionalización”, p. 165. Aquello despertó un cruce de columnas con el ingeniero Javier Gandarillas Matta, que cuestionó las aseveraciones de Marín Vicuña. GANDARILLAS, “Crítica”.

Chile se convertía en un espacio de desafío para las potencias. Marín observó en 1915 que los ingenieros de sindicatos japoneses recorrían el país con vistas a establecer “usinas que rivalicen en potencialidad con las ya establecidas por los mismos norteamericanos”.<sup>68</sup> Para Marín esto quedaba meridianamente claro por la combinación de las actitudes de los capitalistas nativos (de descapitalización), la política del gobierno (la inercia) y la acción estadounidense: “tendiente a *economizar* en lo posible sus reservas nacionales y paralelamente ir *acaparando* los yacimientos mineralizados del extranjero, en especial, los del Sud América para llenar con ellos los *déficits* del mercado mundial”.<sup>69</sup> Desde su perspectiva, esta situación podía remediarse encomendando a los ingenieros los trabajos pertinentes, con la creación del Cuerpo de Ingenieros de Minas y cambios en la enseñanza minera.

El declive de la industria salitrera se evidenció no sólo en la marcha de las exportaciones, sino en su contribución fiscal y en el despoblamiento del desierto. Alejandro Bertrand, una autoridad en la industria salitrera, expuso un contrapunto entre la clase obrera y la clase intelectual.<sup>70</sup> Si los primeros exhibían gran vigor nacional y capacidad de adaptación natural a cualquier trabajo, también estaban aprisionados por hábitos antihigiénicos, apatía congénita, poca perseverancia, puntualidad y afición al trabajo; los sectores acomodados se inclinaban hacia el foro, la política, el negocio de “comisión” bajo todas sus formas, lo que se denominaba “parasitismo”. Para Bertrand, la clase pudiente exhibía rasgos, como el oportunismo, lo intuitivo, la oratoria, que la alejaba del cultivo de las ciencias y la técnica. Las observaciones de Bertrand pusieron al descubierto la otra faz del problema salitrero: su dimensión social, las condiciones laborales y de existencia del naciente proletariado, frente a las de los inquilinos y peones de las haciendas rurales.<sup>71</sup> La conciencia de clase del obrero salitrero se canalizó tempranamente en organizaciones protosindicales, las mancomunales, en sus reivindicaciones sobre su trabajo, salario, accidentes y jornada laboral

<sup>68</sup> MARÍN, “La industria”, p. 16. Nueve años más tarde, Ramón Salas Edwards reiteraba que los ingenieros debían prepararse “para el cumplimiento integral de su misión de progreso y nacionalismo”. SALAS, “La misión” p. 321. La data del artículo nos conduce al periodo de mayor incorporación de ingenieros al aparato estatal, durante el gobierno/dictadura de Carlos Ibáñez del Campo (1927-1931), cuando para Adolfo Ibáñez Santa María, los ingenieros comenzaron a lograr una “autovaloración y una autoconciencia del papel”. IBÁÑEZ, “Los ingenieros”. EDITORIAL, “El gobierno”.

<sup>69</sup> MARÍN, “La industria”, p. 16.

<sup>70</sup> BERTRAND, “Evolución”.

<sup>71</sup> Arnold Bauer contrapuso la eficiencia de las actividades mineras, principalmente del desierto de Atacama, con la forma de laborar en el campo. Para él, mientras los terratenientes no mejoraban sus haciendas en cuanto a la introducción de la tecnología, José Santos Ossa, el descubridor del salitre y empresario en el mineral de Caracoles, llevó la mentalidad minera a su propiedad, la hacienda El Porvenir, en Parral. BAUER, *La sociedad*, p. 220.

algunas de los cuales se expresaron en huelgas que fueron reprimidas de modo cruento.<sup>72</sup>

Bajo el sistema Shanks se distinguían grupos en la organización del trabajo: los de maestranza (con ingenieros y mecánicos), los de extracción (que reunía la mayor cantidad de mano de obra), los de acarreo y los de elaboración. Esta organización estuvo reglamentada desde 1890 por libretas de trabajo; el obrero era pagado por medio de fichas que sólo se empleaban en la empresa o en la oficina —por lo común en la pulpería, que fue el monopolio de abastecimiento de la empresa salitrera—. Su cambio por moneda corriente significó una pérdida en su valor nominal. Sin importar si era soltero, casado o con familia, el obrero dispuso de una habitación sin comodidad (baño y servicios higiénicos fueron públicos) y siempre estuvo sujeto a un control social y disciplinamiento laboral —su expulsión de una oficina le impedía su contratación en cualquier otra labor en el cantón—. El deceso de un trabajador —obrero o empleado— significaba el retiro de su familia de la casa y de la oficina salitrera. Cada ciclo de crisis de la actividad se reflejaba en el cierre de oficinas salitreras y en la desvinculación de todo el personal que laboraba sin indemnización ni cobertura por accidentes de trabajo, por lo menos hasta mediados de la década de 1920; todo ello originó movimientos de población. De modo paradójico, tuvo que producirse una masacre —en febrero de 1906 en Antofagasta— para que se promulgara la primera ley social ese año.<sup>73</sup> A mediados de la década de 1920 se introdujo la noción de bienestar social, y en 1931, el Código de Trabajo.<sup>74</sup>

En este contexto, Augusto Bruna Valenzuela, destacado ingeniero geógrafo, empresario salitrero y político liberal, además de senador por las provincias de Tarapacá y Antofagasta en el periodo 1915-1921, reaccionó frente a la carencia de mandos medios técnicos en la industria salitrera y desde el Congreso abogó por la creación de una Escuela Industrial del Salitre, que se fundó en Antofagasta el 24 de abril de 1918. El ingeniero de minas Horacio Meléndez dirigió el establecimiento desde 1918 hasta 1948. Lo secundó como subdirector el ingeniero de minas Alfredo Reppening Ehbels.<sup>75</sup>

<sup>72</sup> La literatura es amplia al respecto. La tipología del trabajo salitrero bajo la modalidad Shanks ha sido examinada por GONZÁLEZ MIRANDA, *Hombres y mujeres*; GONZÁLEZ MIRANDA, *Matamunqui*, pp. 481-596; GONZÁLEZ PIZARRO, *La pampa salitrera*; GONZÁLEZ PIZARRO, “La normativa”.

<sup>73</sup> GONZÁLEZ PIZARRO, “La huelga/masacre”.

<sup>74</sup> ARTAZA, “El reverso”.

<sup>75</sup> Los estudios conducían al título de conductores de trabajos mineros y salitreros, destacándose el periodo de práctica profesional en los laboratorios de la escuela, las industrias de Antofagasta, las oficinas salitreras y los yacimientos cupreros de Chuquicamata, Potrerillos y El Teniente. Véase PANADÉS y OVALLE, “Antofagasta”; AHUMADA y RIVERA, *Facultad de Ingeniería*. Las experiencias de quienes habían obtenido grados técnicos fueron reconocidas posteriormente por la Universidad Técnica del Estado, como ingenieros en ejecución.

TABLA 6. Plan de estudios anual de la Escuela Industrial del Salitre

| <i>Primer año</i>     | <i>Segundo año</i>              | <i>Tercer año</i> | <i>Cuarto año</i>      | <i>Quinto año</i>        |
|-----------------------|---------------------------------|-------------------|------------------------|--------------------------|
| Conducta              | Conducta                        | Conducta          | Conducta               | Conducta                 |
| Taller                | Álgebra                         | Química Aplicada  | Topografía             | Explotación<br>Minas     |
| Aritmética            | Castellano                      | Taller            | Construcción           | Preparación<br>Mecánica  |
| Geometría             | Dibujo Técnico                  | Álgebra           | Química analítica      | Metalurgia               |
| Castellano            | Física<br>Industrial            | Construcción      | Explotación<br>Minas   | Tecnología<br>de Salitre |
| Historia              | Geometría                       | Dibujo Técnico    | Explotación<br>Caliche | Máquinas                 |
| Dibujo                | Gimnasia                        | Física aplicada   | Máquinas               | Electrotecnia            |
| Instrucción<br>Cívica | Historia<br>Educación<br>Cívica | Inglés            | Laboratorio            | Topografía<br>Mensura    |
| Química               | Inglés                          | Mineralogía       | Mineralogía            | Contabilidad             |
| Inglés                | Mineralogía                     | Mecánica          | Electricidad           | Legislación              |
| Gimnasia              | Química                         | Química analítica | Inglés                 | Inglés                   |
|                       | Talleres                        | Trigonometría     | Metalurgia             | Gimnasia                 |
|                       |                                 | Laboratorio       | Dibujo Técnico         | Música Canto             |
|                       |                                 | Gimnasia          | Canto                  |                          |
|                       |                                 |                   | Gimnasia               |                          |

FUENTE: AHUMADA y RIVERA, *Facultad de Ingeniería*, p. 152.

La experiencia de este núcleo de ingenieros se plasmó en un plan de estudios para la nueva Escuela Industrial del Salitre que recuperaba en los cursos superiores las asignaturas que se impartían en la Escuela de Ingeniería (tabla 6).

Los talleres eran las asignaturas más importantes en los tres primeros años. El estudio del idioma inglés durante cinco años era congruente con el hecho de que toda la maquinaria y la tecnología provenían del mundo anglosajón, por lo que se exigió un inglés técnico aceptable. El grado de técnico se proponía hacer de sus egresados mediadores entre los ingenieros, los manuales técnicos y el mundo obrero. Por último, la asignatura de Conducta estaba dirigida a formar el comportamiento en el rigor y la disciplina, y en la responsabilidad y puntualidad en el trabajo. Si bien los imaginarios pedagógicos de esta escuela (que una década después se con-

virtió en la Escuela de Minas de Antofagasta) han sido ya objeto de otro estudio, merece destacarse aquí que fue la única iniciativa nortina dirigida a la formación de recursos humanos especializados en la minería del salitre y en las industrias extractivas, orientada a brindar horizontes laborales más atractivos para la juventud dentro de la zona minera y contribuir así al desarrollo de la región de Atacama en el país.<sup>76</sup>

#### LA PRESENCIA DE LOS INGENIEROS EN LA PAMPA SALITRERA Y LA INVESTIGACIÓN CIENTÍFICA Y TECNOLÓGICA

Como se ha mencionado, dos aspectos distintivos de la explotación salitrera fueron, por un lado, el numeroso contingente de ingenieros europeos y chilenos (en menor medida) que convocó tanto para la industria del salitre como para la construcción de infraestructura de conectividad y servicios; y, por otro, los sistemas tecnológicos de explotación del mineral, que fueron modificándose a lo largo del tiempo, pero que en el periodo de estudio se caracterizaron por la preeminencia del sistema Shanks.

Es bien conocida la evolución de los capitales y modos de trabajar en la industria salitrera;<sup>77</sup> sin embargo, me interesa destacar aquí la presencia de grupos de ingenieros extranjeros y nacionales: ¿Cuál fue la presencia demográfica de los ingenieros en el desierto de Atacama, su cuantificación? Con base en los censos de la época —no siempre indicaron la nacionalidad de las profesiones—, comenzando con los de 1885 y 1895, pueden obtenerse datos pormenorizados de las profesiones de extranjeros. En el censo de 1885, la región de Antofagasta (compuesta por los departamentos de Antofagasta y Tocopilla) contaba con 10 ingenieros chilenos, 10 británicos, cinco alemanes, tres estadounidenses y cinco franceses, estos últimos en Tocopilla. El censo de 1895 (convertido el territorio de Antofagasta en provincia en 1888, incorporó al departamento de Taltal) localiza 105 ingenieros chilenos —mayoritariamente en el departamento de Antofagasta, que discurre desde el océano Pacífico hasta la cordillera de los Andes—, 14 británicos, seis alemanes, dos franceses (tabla 7). Los ingenieros británicos fueron atraídos por los negocios ferroviarios, y hacia la primera década del siglo xx, acompañaron la importante inversión británica en oficinas salitreras.<sup>78</sup>

<sup>76</sup> Al respecto, véase GONZÁLEZ PIZARRO, “El imaginario”. En 1952 la escuela pasó a formar parte de la Universidad Técnica del Estado, fundada en 1947.

<sup>77</sup> BERMÚDEZ, *Historia del salitre, desde sus orígenes*; BERMÚDEZ, *Historia del salitre, desde la Guerra del Pacífico*, 1984. GONZÁLEZ PIZARRO, *La épica*.

<sup>78</sup> Acerca de los británicos en la zona de Atacama desde 1879, véase GONZÁLEZ PIZARRO, LUFIN y GALENO, *Británicos*, donde analizan más de 660 de fichas procedentes de los archivos de extranjería, pp. 182-183.

TABLA 7. Ingenieros extranjeros y chilenos en la región de Antofagasta, 1885-1920

| <i>Año censal</i> | <i>1885</i> | <i>1895</i> | <i>1907</i> | <i>1920</i> | <i>Total</i> | <i>Porcentajes</i> |
|-------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|--------------|--------------------|
| Chilenos          | 10          | 105         | 111         | 105         | 331          | 47%                |
| Extranjeros*      | 21          | 22          | 146         | 185         | 374          | 53%                |
| Total             | 31          | 127         | 257         | 290         | 705          | 100%               |
| Porcentajes       | 4.4%        | 18%         | 36.5%       | 41.1%       | 100%         |                    |

\*Se contabilizan británicos, alemanes y franceses.

FUENTE: OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA, "Sesto Censo", pp. 384-401; OFICINA CENTRAL DE ESTADÍSTICA "Sétimo Censo", tomo I, pp. 121-131; *Memoria presentada*, pp. 71-109; DIRECCIÓN GENERAL DE ESTADÍSTICA, *Censo de población*, pp. 421-426.

Cabe destacar que el censo de 1920 contabiliza 1 682 ingenieros chilenos frente a 1 051 extranjeros, lo que implica que cerca de 20% de los ingenieros extranjeros estaban en la región de Antofagasta.

En la pampa salitrera hubo empresas que mantuvieron un equipo técnico altamente cualificado, compuesta no sólo de ingenieros sino también de químicos y mecánicos; en ello sobresalieron las empresas alemanas y las británicas.<sup>79</sup> En este sentido, destaca la presencia de los capitales alemanes en el salitre de Henry. B. Sloman, en el cantón del Toco, y Folsch y Martin, en Taltal.<sup>80</sup> Ello no muestra correlación con la gran cantidad de ingenieros germanos vinculados a la industria salitrera en la región de Antofagasta, a diferencia de las inversiones británicas y chilenas, que, siendo segunda y primera en inversiones en la industria, mantuvieron menor presencia de ingenieros. Los capitales franceses fueron menos relevantes y esto se reflejó también en el número de ingenieros en la región, como puede apreciarse en la tabla 8.

Repárese en que determinadas especialidades no existían como tales en Chile, en contraste con los expertos que llegaban a Atacama del extranjero, como los ingenieros eléctricos alemanes y británicos y lo mismo vale para la especialidad de ingeniería mecánica. Los datos censales reafirman que, en cuanto al mercado laboral salitrero, los ingenieros europeos se impusieron a los nacionales, no solamente por estar asociados a las innovaciones tecnológicas de sus compatriotas inversionistas alemanes y británicos, así como croatas, en sus empresas y oficinas salitreras, sino en la mantención de las maquinarias introducidas. La inmigración croata, por

<sup>79</sup> GONZÁLEZ PIZARRO, LUFIN y GALENO, "Británicos".

<sup>80</sup> GONZÁLEZ PIZARRO, LUFIN y GALENO, "Los alemanes".

TABLA 8. Ingenieros alemanes, ingleses y franceses en la región de Antofagasta, por especialidad, 1880-1930

| <i>Profesión</i>           | <i>Alemanes</i> | <i>Británicos</i> | <i>Franceses</i> | <i>Total</i> | <i>%</i> |
|----------------------------|-----------------|-------------------|------------------|--------------|----------|
| Ingeniero                  | 32              | 0                 | 6                | 38           | 44.2     |
| Ingeniero civil            | 5               | 6                 | 0                | 11           | 12.8     |
| Ingeniero de minas         | 0               | 0                 | 1                | 1            | 1.2      |
| Ingeniero eléctrico        | 4               | 5                 | 1                | 10           | 11.6     |
| Ingeniero armador mecánico | 1               | 0                 | 0                | 1            | 1.2      |
| Ingeniero maquinista       | 1               | 0                 | 0                | 1            | 1.2      |
| Ingeniero mecánico         | 13              | 11                | 0                | 24           | 27.9     |
| TOTAL                      | 56              | 22                | 8                | 86           | 100      |
| PORCENTAJES                | 65.1%           | 25.6%             | 9.3%             | 100%         |          |

FUENTE: Archivo de la Universidad Católica del Norte, Archivo de Extranjería del Servicio del Registro Civil e Identificación de Antofagasta, Alemania, cajas 1-8; Francia, cajas 129-130; Gran Bretaña, cajas 116-127.

su parte, no contó con personal cualificado tan numeroso como el alemán o el británico.<sup>81</sup>

Como se ha dicho, el segundo componente de la economía salitrera fueron los sistemas tecnológicos de explotación. Las ventajas del sistema Shanks destacaron en la industria durante su pico exportador.<sup>82</sup> Ello demoró la búsqueda de alternativas tecnológicas que fue tardía y surgió en distintos contextos de crisis de la actividad extractiva, los cuales involucraban aspectos diversos de la economía del salitre.

Un primer momento crítico tuvo lugar cuando la producción de salitre comenzó a declinar, entre 1916 y 1917. La Primera Guerra Mundial (1914-1918) demandó un aumento de la producción de nitrato para la elaboración de pólvora, lo que acarreó a dos consecuencias que afectaron decididamente a la industria salitrera. La primera fue el boicot de las empresas alemanas por parte de Gran Bretaña, que presionó al gobierno de Chile para impedir la exportación del nitrato de las oficinas germanas, obstaculizando o confiscando sus *clippers* o veleros salitreros. Esto provocó que Sloman vendiese sus activos invertidos en el cantón del Toco, y que Folsch y Martin hicieran lo propio con sus oficinas en Taltal. Al lado, la invención del salitre sintético en los laboratorios alemanes en el curso de la guerra

<sup>81</sup> GONZÁLEZ PIZARRO, LUFIN y GALENO, "Estratificación".

<sup>82</sup> Podría excluirse aquí al grupo de ingenieros británicos que no cuestionaron el modelo que emplearon las empresas británicas en su proceso de lixiviación.

creó condiciones para el declive de la competitividad del salitre frente a sus sustitutos. Los ingenieros alemanes, que construyeron el tranque Sloman y otras obras de infraestructura, e hicieron una eficiente gestión en las oficinas salitreras, no se centraron en diseñar alternativas al modelo Shanks, a la vista de estas posibilidades nuevas brindadas por la industria química. Al retirar sus inversiones en la industria, Alemania produjo el fertilizante que compitió con el salitre chileno en todos los mercados, imponiéndose y sobreviviendo a la crisis mundial de 1929. La segunda consecuencia fue la tardía reacción nacional y, principalmente, de la Asociación de Productores de Salitre ante varias situaciones adversas, unas inherentes al mineral y otras a los mercados: la competencia del salitre sintético, el agotamiento del modelo Shanks —independiente de los efectos de la Primera Guerra Mundial— y, sobre todo, el decrecimiento de la ley del nitrato en los nuevos terrenos calicheros por explotar.

A la luz de lo anterior, en este apartado me centraré en los esfuerzos de los ingenieros chilenos por dotarse de infraestructura de investigación científica, así como en los proyectos de la Asociación de Productores de Salitre para desarrollar un programa de investigación tecnológica. Cuestión central del examen de los distintos planes de estudios extranjeros fue el incentivo a la investigación científica. No era solamente la estrecha visión estatal —el Estado sólo se ocupó inicialmente de promover la publicidad del nitrato con el fin de abrir nuevos mercados— de asociar los modelos de extracción con la investigación científica aplicada a la minería. Hubo dificultad para orientar los estudios ingenieriles hacia ese ámbito, por la carencia de infraestructura de investigación en ciencias puras y ciencias aplicadas. También, se argumentaba entonces, la idiosincrasia nacional era poco inclinada a incursionar en ese nicho.<sup>83</sup> En esta materia, se insistió hacia 1918 en la relevancia de la “investigación científica personal” pero vinculada durante los estudios a la preparación del proyecto de tesis,<sup>84</sup> enfatizando que el saber matemático debía conjugarse con el hábito de investigar los factores conducentes a resolver los problemas que todo ingeniero enfrenta.<sup>85</sup>

Fue el ingeniero Alberto Letelier quien en 1927 abordó de modo incisivo la vinculación de la ingeniería y su papel con la explotación del nitrato de sodio. Letelier, académico de la Universidad de Chile y con vasta experiencia en la pampa salitrera, planteó el dilema de la profesión y la industria del caliche: “¿Son necesarios o no, son siquiera útiles los ingenieros en la industria salitrera? ¿Por qué los salitreros no los han llevado a colaborar con ellos en la industria?”. Para Letelier, la ausencia se había

<sup>83</sup> Coincidimos con Paul Marr cuando afirma que el colapso del salitre fue multicausal, puesto que existió una interacción entre las empresas privadas, el gobierno, la tecnología y factores externos. Véase MARR, “Technology”.

<sup>84</sup> SALAS, “Ideas”.

<sup>85</sup> MARDONES, “Sobre la educación”.

traducido en la falta de innovaciones, desde la organización del trabajo que planteaba Henri Fayol, respecto a prevenir, organizar, ordenar, coordinar y controlar el proceso general del trabajo en la usina calichera, hasta los elementos especializados por considerar al determinar la ley del nitrato.<sup>86</sup> En su concepto:

Una oficina salitrera es un conjunto de obras de ingeniería; ahí, existen ferrocarriles a veces con pequeños puentes y alcantarillas, grandes fundaciones para resistir la máquina de elaboración [...] existen enormes enrejados de fierro que soportan los cachuchos, existen obras de ferretería con estanques grandes y pequeños [...] casas de fuerza, maestranza, etcétera.<sup>87</sup>

En su pormenorizado examen de la participación del ingeniero en la explotación del salitre, Letelier reparó en determinados momentos en que la presencia ingenieril era imprescindible, como en la introducción de los elementos mecánicos en la extracción (perforadoras, palas mecánicas, etcétera). Letelier propuso ideas para “abrir camino a nuestros ingenieros en la pampa”, lo que demandaba cambios en la Escuela de Ingeniería, extender el curso de Tecnología de Salitre y Yodo al ciclo escolar anual, en vez de las dos horas semanales, incluir ejercicios prácticos en el curso de Ingeniería Civil y modificar el sistema de trabajos prácticos del curso de Minas no sólo en las dos horas semanales, así como examinar distintos minerales desde la química analítica vinculada con la tecnología del salitre. No satisfecho con tales propuestas, Letelier expuso la necesidad de una legislación que favoreciera la contratación de ingenieros titulados universitarios para la administración de las oficinas salitreras y que prohibiese el ejercicio profesional de ingenieros no universitarios; asimismo, la dirección de las oficinas debía estar en manos de los ingenieros “por razones de orden nacional”.<sup>88</sup>

El imperativo de asociar la investigación aplicada con el aparato productivo salitrero se fue imponiendo, al menos en la retórica corporativa de los ingenieros y gradualmente en la acción universitaria, aunque estuvo ausente el Estado —lo que fue denunciado por Belisario Ossa— por razones presupuestarias. No fue sino hasta que la presencia chilena en la industria del salitre del desierto de Atacama comenzó a retirarse —en 1925 la Compañía de Salitres de Antofagasta pasó a ser propiedad de Pascual Baburizza—, cuando todas estas cuestiones alcanzaron el debate público.<sup>89</sup>

<sup>86</sup> Diagnóstico al que se sumarían el desempleo y las externalidades de unidades productivas dispersas y de baja tecnología. Véase FERNÁNDEZ y ARRIAZA, “Lecciones”.

<sup>87</sup> LETELIER, “Los ingenieros”, p. 31.

<sup>88</sup> LETELIER, “Los ingenieros”, p. 31.

<sup>89</sup> SOTO, *Influencia británica*, pp. 51-52. Se ha puntualizado que la presencia de los capitales extranjeros o chilenos debe examinarse: si estaban en consorcio, si el empresario extranjero se quedó en Chile —el caso de Baburizza, por ejemplo— o si sus inversiones

Veamos algunos antecedentes. Hacia 1908, los industriales del nitrato, por medio de Jorge Jeffery, plantearon la conveniencia de que en algunas oficinas salitreras “se hicieran experimentos con el fin de perfeccionar la elaboración del salitre y reducir el costo de ella”. La idea era que esa oficina estuviese bajo el control de una comisión de administradores, ingenieros y químicos competentes, ampliamente entendidos de la realidad salitrera de los distintos cantones y que informara “sobre los inventos”; empero, el fisco se limitó a ofrecer un terreno, por lo que la Asociación de Productores de Salitre asumió el financiamiento de la investigación.<sup>90</sup> Para López, uno de los temas de la investigación apuntaba a que la “generalidad de los inventos o nuevos procedimientos para la elaboración del salitre, se refieren a la lixiviación”.<sup>91</sup>

En cuanto al apoyo de infraestructura, mencionaré dos iniciativas fundamentales para la investigación. La primera consistió en la entrega de los nuevos pabellones a la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad de Chile en 1922, uno de los cuales se destinó a Química y Tecnología de Salitre, con amplios y completos laboratorios de enseñanza,<sup>92</sup> principalmente para la formación de los ingenieros. La segunda fue la creación del Instituto Científico e Industrial del Salitre por la Asociación de Productores de Salitre; el instituto contó con un laboratorio denominado “Chorrillos” en Valparaíso, para lo cual se contrataron tres químicos europeos.<sup>93</sup> Ambas iniciativas, como se podrá apreciar, surgieron cuando la industria del salitre sufría los efectos de una tecnología que no solucionaba los costos/beneficios ante la baja ley del nitrato en los nuevos mantos calicheros.

Por su parte, la Asociación de Productores de Salitre vinculó al instituto la edición de la revista *Caliche* desde 1919, o sea, desde su fundación, ofreciendo sus páginas a toda iniciativa científica o invento que sirviese de progreso a la industria homónima. Pero, antes de adentrarnos en la contribución de la Asociación de Productores de Salitre a la investigación en pro de la industria, cabe mencionar que el ingeniero a cargo de la revista y

---

se vendieron —caso de H. B. Sloman—, lo que cuestionaría la desnacionalización absoluta del salitre.

<sup>90</sup> LÓPEZ, “Consideraciones”, núm. 9.

<sup>91</sup> LÓPEZ, “Consideraciones”, núm. 8.

<sup>92</sup> MARÍN, “D. Domingo”, p. 603. Los laboratorios para Química y Tecnología del Salitre fue la respuesta del Estado a la sugerencia del ingeniero R. Lorsch, quien estimó que el programa de investigaciones formulado por el ingeniero Dr. F. G. Doonan, de la Universidad de Londres, en 1921, de la creación de laboratorios, debían localizarse en la universidad estatal.

<sup>93</sup> Las investigaciones de la Asociación de Productores de Salitre mediante su laboratorio fueron conducidas por dos químicos alemanes y un químico inglés “de alta preparación científica y de experiencia en industrias similares a las del salitre”, además de tres ingenieros mecánicos o electricistas “para el control del trabajo de los calderos, motores y demás instalaciones”. LÓPEZ, “Consideraciones”, núm. 9, p. 439.

promotor de las diversas iniciativas de procedimientos e innovaciones tecnológicas, Belisario Díaz Ossa, planteó en 1926, *ad portas* de la crisis de la industria, su desaliento y molestia ante el gobierno: “La nota discordante en este concierto de cooperación y trabajo, la han dado el gobierno y los ministros de Hacienda, pues a pesar de haber prometido ayudar al Instituto con una modesta subvención, hasta hoy no han contribuido con la más mínima suma, esto es lo que se llama proteger la industria salitrera”.<sup>94</sup>

Como se explicó, el sistema Shanks predominó hasta inicios de la década de 1920. Para entonces parecía urgente la innovación en la tecnología de extracción del salitre, y los esfuerzos de empresarios e ingenieros convergían en esa dirección. Fue el ingeniero noruego Elías Anton Cappelen Smith quien inventó para los hermanos Guggenheim el procedimiento que se denominó sistema Guggenheim; éste fue instalado en la oficina salitrera María Elena, en Antofagasta, en el cantón del Toco, en 1926.<sup>95</sup> Este nuevo sistema tecnológico no fue percibido con preocupación por los ingenieros, quienes, al contrario, lo consideraron una solución a los problemas de la industria. Como un dato absolutamente desconocido, hubo otro invento debido a Holstein, Loram y Leontic, que firmaron contrato con Baburizza, Lukinovic y Cía. en enero de 1927. Se trató de un invento basado en la lixiviación en frío y la evaporación solar, y, como lo denunció el senador Salvador Allende, habría recuperado a la industria del salitre. Los hermanos Guggenheim, que lograron hacerse del contrato y no lo cumplieron, fueron demandados por los inventores y sentenciados por la Corte Suprema a indemnizarlos.<sup>96</sup>

Pero ¿en qué fallaba el sistema Shanks? Por una parte, empleaba gran cantidad de mano de obra, que fue aumentando en relación con la disminución de la ley de nitrato, y, por otra, como refiere una especialista:

En cuanto a la elaboración del salitre, el problema fundamental consistió en el ahorro de energía térmica, que se empleaba para el movimiento de las máquinas, la circulación de los líquidos y la temperatura de los cachuchos. De acuerdo con el sistema Shanks era necesario calentar la legía hasta el punto de ebullición. Teóricamente se necesitan 200 calorías para la producción de un kilogramo de salitre. Se calienta la lejía simultáneamente con el material insoluble; una parte del salitre no puede separarse de éstas, de manera que no se obtiene un rendimiento superior

<sup>94</sup> DÍAZ OSSA, “La labor”, p. 173.

<sup>95</sup> GLASER-SCHMIDT, “The Guggenheims”, analiza el procedimiento y las inversiones en la industria salitrera. Contribuyeron con Cappelen-Smith, Paul H. Mayer y C. L. Budock y un equipo de 15 personas, entre científicos y técnicos. Véase SOTO, *Influencia británica*, pp. 378-412, donde se analiza la reacción diplomática británica ante el invento norteamericano.

<sup>96</sup> Sobre este episodio, véase GONZÁLEZ PIZARRO, *La pampa salitrera*, pp. 218-220. Por lo general, ha sido omitido en las historias sobre los hermanos Guggenheim y en particular en Chile.

al 75% (según Foster Bain). Las borras impiden, además, obtener altos rendimientos y un salitre de buena calidad.<sup>97</sup>

La actividad ingenieril orientada a modificar el sistema Shanks generó gran número de procedimientos, que fueron variantes de ciertas operaciones. Con relación a este punto, Belisario Díaz Ossa abogó por establecer la diferencia entre descubrimiento e invención. La legislación chilena resguardaba la propiedad del inventor hasta amparar el “secreto de la invención”. En opinión de Díaz Ossa:

La patente de invención debe reservarse exclusivamente a la verdadera invención, es decir, a la creación de algo que no existía antes y debe tener además un carácter industrial tangible y palpable y estar caracterizada por la novedad u originalidad y por la veracidad. Por eso no puede patentarse el descubrimiento, o sea el conocimiento de un hecho o de un fenómeno existente, que había escapado a la sagacidad de los investigadores anteriores. Conforme a estas doctrinas no serán patentables: los descubrimientos científicos, las concepciones puramente teóricas, como son las leyes físicas o químicas, los métodos de enseñanza, los procedimientos de vigilancia y control; tampoco pueden patentarse las marcas de fábrica, los dibujos y los modelos.<sup>98</sup>

Hubo intentos de empresas por reformar sus procedimientos; fue el caso de la oficina Cristina, levantada hacia fines de la década de 1910 según el sistema Duvieusart, “distinto al que se encuentra en uso en toda la pampa salitrera”.<sup>99</sup> Sin embargo todas volvían al sistema corriente, Shanks, una vez que los procedimientos incorporados no rendían, como ocurrió con la oficina Castilla, a inicios de la década de 1910, cuando descartó los cachuchos del sistema Nordenflycht.<sup>100</sup>

Hemos visto que la Universidad de Chile respondió tardíamente a la adecuación de los planes de ingeniería respecto a su nexo con la minería. Veamos ahora cómo se ventiló en el seno del Instituto de Ingenieros la cuestión salitrera: cuándo la corporación de ingenieros chilenos comenzó a estudiar alternativas al modelo Shanks y de qué manera se plantearon los experimentos en las oficinas salitreras en procura de reemplazar dicho sistema Shanks.

Una primera inquietud fue analizar cómo se desenvolvía la industria salitrera en el marco del modelo Shanks y cuáles eran las perspectivas que ofrecía ante la introducción del salitre sintético —descubrimiento Haber-Bosch, de 1913—, como competencia en el mercado de los fertili-

<sup>97</sup> GARCÉS, “Evolución”.

<sup>98</sup> DÍAZ OSSA, “Observaciones”.

<sup>99</sup> SILVA, *Guía administrativa*, 1919, p. 307.

<sup>100</sup> SILVA, *Guía administrativa*, 1919, p. 298.

zantes, al promediar la Primera Guerra Mundial.<sup>101</sup> Estos debates pueden seguirse en los *Anales del Instituto de Ingenieros*. Manuel Ossa Ruiz —descendiente de José S. Ossa, descubridor del salitre— probó en 1919 procedimientos distintos, como la lixiviación en frío, la concentración de calderas y la evaporación solar, como variantes del Shanks.<sup>102</sup> También se publicaron en *Anales* noticias acerca de las perspectivas del salitre para la década de 1920, ante la pérdida de mercado y la poca eficiencia de la tecnología empleada, al lado de artículos que daban a conocer los muy numerosos experimentos en torno a procesos de lixiviación, y filtrado, en reemplazo del Shanks.<sup>103</sup>

La gran importancia de la investigación para la estabilidad de la industria salitrera fue advertida, como se explicó, por el ingeniero Belisario Díaz Ossa. En 1921 fue contratado por el instituto el ingeniero F. G. Doonan, para que formulara un programa de investigación en la industria salitrera. Doonan reparó en los defectos de la producción y la organización, como la falta de personal técnico adecuado, la calificación de los químicos como simples analistas cuando su verdadero papel era investigar, y la confusión respecto de la noción de abaratamiento de la producción mensual de salitre, entre otros aspectos.<sup>104</sup>

Los esfuerzos de las empresas salitreras por combinar los adelantos tecnológicos y los experimentos científicos, con vistas a introducir innovaciones en los procedimientos de lixiviación e ir contrastando la ley de los caliches, se pueden apreciar en la estrategia de cada oficina: en cuanto al número de técnicos directamente relacionados, sea con la administración, la casa de fuerza o la calidad de las extracciones.

Los ciclos salitreros de bonanza y crisis pusieron de relieve (tabla 9) cómo algunas oficinas desaparecieron y otras emergieron en el lapso de una década.

Cabe señalar que algunas de las ideas impulsadas desde el Instituto de Ingenieros, como la de incorporar ingenieros en la administración de las oficinas, fueron acogidas por los empresarios. La Compañía de Salitres

<sup>101</sup> El ingeniero Alejandro Bertrand, que a la sazón residía en París, se ocupó del tema en profundidad. BERTRAND, “El procedimiento”, pp. 548-556. Este asunto fue discutido también en 1922 por IRARRÁZVAL, “El misterio”. En la época Bertrand rivalizó con Belisario Díaz Ossa en materias salitreras, llegando hasta la enemistad de ambos.

<sup>102</sup> OSSA, “Procedimiento”.

<sup>103</sup> Hacia 1923, la Compañía de Salitres de Antofagasta contaba con 12 ingenieros y contrató siete más para las labores en el puerto de Antofagasta y en las numerosas oficinas en el desierto. Los ingenieros se constituyeron en la “mano visible” (Alfred Chandler) de la empresa. Entre 1907 y 1923 apoyaron innumerables procedimientos, métodos y sistemas, como Nordenflycht (1907), Gabella (1909), Butter (1915), Prache y Bouillon (1918), Poupin (1923), Allen y Claro (1923), Prudhomme (1924). GONZÁLEZ PIZARRO, “La Compañía”.

<sup>104</sup> DOONAN, “Programa”. El trabajo de Doonan continuó en el número de enero de 1922 y concluyó en febrero del mismo año. Una exposición detallada de los experimentos salitreros de la época en GONZÁLEZ PIZARRO, *La épica*, pp. 34-55.

TABLA 9. Oficinas salitreras en la región de Antofagasta, con especificación de propietarios y personal minero cualificado, 1911 y 1919

| <i>Oficina salitrera</i> | <i>Propietario 1911</i>       | <i>Personal</i>                                         | <i>Propietario 1919</i>     | <i>Personal</i>                                                        |
|--------------------------|-------------------------------|---------------------------------------------------------|-----------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Puelma                   | Cía. Salitrera de Antofagasta | —                                                       | <i>Idem</i>                 | Un electricista<br>Un ensayador                                        |
| Lastenia                 | Cía. Salitrera Lastenia       | —                                                       | <i>Idem</i>                 | Un electricista<br>Un ensayador                                        |
| Carmela                  | The Fortunate Nitrate         | —                                                       | <i>Idem</i>                 | Un electricista<br>Un ensayador                                        |
| J. S. Ossa               | Cía. Salitrera de Antofagasta | —                                                       |                             |                                                                        |
| Agustín Edwards          | Cía. Salitrera Antofagasta    | Un ingeniero y jefe de elaboración                      |                             |                                                                        |
| Ausonia                  | Cía. Salitrera Progreso       | —                                                       | Buburizza, Lukinovic y Cía. | Un químico<br>Un electricista                                          |
| Cecilia                  | The Aurelia Nitrate Co. Ltd.  | —                                                       | Cía. Salitrera El Loa       | Un ingeniero<br>Un electricista<br>Un ensayador                        |
| Anita                    | Cía. Salitrera Pampa Alta     | Un ingeniero                                            | Cía. Salitrera El Loa       | Un ingeniero eléctrico<br>Un químico general                           |
| Candelaria               | Cía. Salitrera Candelaria     | —                                                       |                             |                                                                        |
| Luisis                   | Cía. Salitrera Luisis         | —                                                       | Cía. Salitrera El Loa       | Un electricista<br>Un ensayador                                        |
| María                    | Cía. Salitrera El Loa         | Un ingeniero electricista<br>Un ingeniero<br>Un químico | <i>Idem</i>                 | Un ingeniero electricista<br>Un ingeniero electricista<br>Un ensayador |
| Curicó                   | Cía. Salitrera El Loa         | —                                                       | <i>Idem</i>                 | Tres ingenieros<br>Un electricista<br>Un ensayador                     |
| Filomena                 | Cía. Salitrera El Progreso    | Un electricista                                         | Baburizza, Lukinovic y Cía. | Un electricista<br>Un ensayador                                        |

(Continúa)

TABLA 9. Oficinas salitreras en la región de Antofagasta, con especificación de propietarios y personal minero cualificado, 1911 y 1919 (*Continuación*)

| <i>Oficina salitrera</i> | <i>Propietario 1911</i>       | <i>Personal</i>                                                                                                  | <i>Propietario 1919</i> | <i>Personal</i>                                         |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------|---------------------------------------------------------|
| Aconcagua                | Cía. Salitrera El Progreso    |                                                                                                                  |                         |                                                         |
| Eugenia                  | The Aguas Blancas Nitrato Co. | —                                                                                                                | <i>Idem</i>             | Un electricista<br>Un ensayador                         |
| Pampa Rica               | Cía. Salitrera Pampa Rica     | —                                                                                                                |                         |                                                         |
| Pepita y Cota            | Granja y Cía.                 | Un ingeniero                                                                                                     | <i>Idem</i>             | Un ingeniero electricista<br>Un ensayador               |
| Oriente                  | Cía. Salitrera Oriente        | —                                                                                                                |                         |                                                         |
| Castilla                 | Cía. Salitrera Avanzada       | —                                                                                                                |                         |                                                         |
| Bonasort                 | Granja y Cía.                 | Un electricista<br>Un químico                                                                                    |                         |                                                         |
| Domeyko                  | Cía. Salitrera El Boquete     | Un ingeniero, administrador general<br>Un ingeniero<br>Un químico                                                | <i>Idem</i>             | Un ingeniero<br>Un electricista<br>Un químico-ensayador |
| Pissis                   | Cía. Salitrera El Boquete     | Un ingeniero                                                                                                     |                         |                                                         |
| Savona                   | Cía. Salitrera El Boquete     | Un ingeniero constructor, gerente                                                                                |                         |                                                         |
| Rica Aventura            | Cía. Salitrera H. B. Sloman   | Un ingeniero<br>Un ingeniero electricista<br>Un ingeniero (Sección Petróleo)<br>Un químico general<br>Un químico |                         |                                                         |

*(Continúa)*

TABLA 9. Oficinas salitreras en la región de Antofagasta, con especificación de propietarios y personal minero cualificado, 1911 y 1919 (*Continuación*)

| <i>Oficina salitrera</i> | <i>Propietario 1911</i>                      | <i>Personal</i>                                 | <i>Propietario 1919</i> | <i>Personal</i>                                                                                                                                      |
|--------------------------|----------------------------------------------|-------------------------------------------------|-------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Prosperidad              | Cía. Salitrera H. B. Sloman                  | Un ingeniero<br>Dos electricistas<br>Un químico |                         |                                                                                                                                                      |
| Empresa                  | Cía. Salitrera H. B. Sloman                  | Un electricista<br>Un químico                   |                         |                                                                                                                                                      |
| Grutas                   | Cía. Salitrera H. B. Sloman                  | Un electricista<br>Un químico                   |                         |                                                                                                                                                      |
| Santa Isabel             | The Anglo Chilian Nitrate & Railway Co. Ltd. | Un ingeniero<br>Un químico                      | <i>Idem</i>             | Un ingeniero<br>Un químico compartido con oficina peregrina                                                                                          |
| Peregrina                | Id.                                          | —                                               | <i>Idem</i>             |                                                                                                                                                      |
| Coya                     | The Anglo Chilian Nitrate & Railway Co. Ltd. | Un ingeniero constructor                        | <i>Idem</i>             | Un ingeniero mecánico<br>Un ayudante ingeniero mecánico<br>Un ingeniero civil.<br>Un electricista<br>Un químico ensayador<br>Un ayudante del químico |
| Iberia                   | Cía Salitrera Iberia                         | Un ingeniero<br>Un ensayador químico            | <i>Idem</i>             | Un ensayador                                                                                                                                         |
| Santa Fé                 | The Tarapacá and Tocopilla Nitrate Co.Ltd.   | Un químico                                      | <i>Idem</i>             | Un electricista<br>Un ensayador                                                                                                                      |
| Lautaro                  | The Lautaro Nitrate                          | Un ingeniero                                    | <i>Idem</i>             | Un ingeniero                                                                                                                                         |
| Ballena                  | The Lautaro Nitrate                          | —                                               | <i>Idem</i>             | -                                                                                                                                                    |

(Continúa)

TABLA 9. Oficinas salitreras en la región de Antofagasta, con especificación de propietarios y personal minero cualificado, 1911 y 1919 (*Continuación*)

| <i>Oficina salitrera</i> | <i>Propietario 1911</i>       | <i>Personal</i>              | <i>Propietario 1919</i>    | <i>Personal</i>                                                                  |
|--------------------------|-------------------------------|------------------------------|----------------------------|----------------------------------------------------------------------------------|
| Miraflores               | Sociedad Salitrera Miraflores | Un ensayador                 |                            |                                                                                  |
| Ghysela                  | The Ghyszela Nitrate Co. Ltd. | Un ingeniero                 |                            |                                                                                  |
| Flor de Chile            | Pedro Perfetti                | Un ingeniero                 | <i>Idem</i>                | Un ingeniero<br>Un electricista<br>Un ensayador                                  |
| Lilita                   | The Lilita Nitrate Co. Lt.    | Un ingeniero<br>Un ensayador |                            |                                                                                  |
| Angamos                  |                               |                              | Cía. Salitrera El Loa      | Un electricista<br>Un químico ensayador                                          |
| Araucana                 |                               |                              | Cía. Salitrera Antofagasta | Administrador:<br>Un ingeniero civil<br>Inspector de oficina: Un ingeniero civil |
| Alianza                  |                               |                              | Emilio Carrasco y Cía.     | Un electricista<br>Un ensayador                                                  |
| Aurelia                  |                               |                              | The Fortuna Nitrate Co.    | Un ingeniero<br>Un ensayador                                                     |
| Blanco Encalada          |                               |                              | Carrasco y Zanelli         | Un electricista                                                                  |
| Celia                    |                               |                              | The Fortuna Nitrate Co.    | Un ingeniero<br>Un electricista<br>Un ensayador                                  |
| Cristina                 |                               |                              | Cía. Salitrera Cristina    | Administrador:<br>Un ingeniero constructor<br>Un químico                         |
| Ercilla                  |                               |                              | Cía. Salitrera Cerillos    |                                                                                  |

(Continúa)

TABLA 9. Oficinas salitreras en la región de Antofagasta, con especificación de propietarios y personal minero cualificado, 1911 y 1919 (*Continuación*)

| <i>Oficina salitrera</i> | <i>Propietario 1911</i> | <i>Personal</i> | <i>Propietario 1919</i>      | <i>Personal</i>                                                              |
|--------------------------|-------------------------|-----------------|------------------------------|------------------------------------------------------------------------------|
| Higinio Astoreca         |                         |                 | Astoreca y Cía.              | Un ingeniero<br>Un ensayador                                                 |
| Lina                     |                         |                 | Jorge Sabioncello            | Administrador:<br>Un ingeniero civil<br>Un ayudante de ingeniero y dibujante |
| Santa Lucía              |                         |                 | The Lautaro Nitrato Co.      | Un químico<br>Un ensayador                                                   |
| Tricolor                 |                         |                 | Cía. Salitrera Pedro Pefetti | Un ensayador                                                                 |

FUENTE: SILVA NARRO, *Guía administrativa*, 1911, pp. 278-368; y *Guía administrativa*, año 1919, pp. 281-346.

de Antofagasta llevó a cabo —desde principios del siglo xx hasta su venta en 1925— varias iniciativas, como contratar científicos para los diseños en pro de una invención tecnológica, incorporar un fuerte contingente de ingenieros, mientras se adecuaba a los cambios en la estructura organizacional y emprendía una innovación tecnológica.<sup>105</sup> Aunque es bien conocida la distinción acuñada por Joseph Schumpeter entre invención, como acto de creatividad intelectual, e innovación, como decisión económica, para introducir la noción de innovación tecnológica como creación destructora, tendiente a resolver los problemas de la empresa y poder competir con ventajas para sobrevivir, puede decirse que esta noción tan difundida no se tradujo en Chile en el desplazamiento de los métodos tradicionales por las innovaciones tecnológicas: éstas no dejaron obsoletas —como lo advirtió David Edgerton en 2008— otras técnicas de explotación salitrera. De esta suerte, durante décadas convivió el funcionamiento de oficinas del sistema Shanks con el sistema Guggenheim.<sup>106</sup>

Finalmente, es posible afirmar que después de la Primera Guerra Mundial la crisis en la industria salitrera —causada por la fuerte compe-

<sup>105</sup> GONZÁLEZ PIZARRO, “La Compañía”.

<sup>106</sup> He abordado las ideas de Schumpeter y la de Edgerton en mi trabajo sobre la Compañía de Salitres de Antofagasta. Sobre la coexistencia de variados modelos de explotación y técnicas, remito a GONZÁLEZ PIZARRO, *La épica*.

tencia del nitrato artificial alemán, el agotamiento del sistema Shanks, que acompañó a la época del nitrato desde el siglo XIX como procedimiento de lixiviación, el uso de una excesiva mano de obra y el agotamiento de la ley de nitrato en los nuevos mantos calicheros— motivó una búsqueda frenética de innovaciones tecnológicas que fueron reemplazando parcialmente el sistema Shanks.

## CONCLUSIONES

El inicio de la formación universitaria de las ingenierías estuvo vinculado con la contratación gubernamental de ingenieros europeos, que cubrieron las asignaturas fundamentales de los planes de estudios de las ingenierías. Puede decirse que después de 1884, el dominio monopólico de Chile de la explotación salitrera, no sólo atrajo inversiones europeas, sino que coincidió con un reconocimiento social de los ingenieros en el progreso del país, por su papel en las obras públicas de infraestructura y de establecimientos educativos. El afianzamiento de la ingeniería de minas, al lado de la ingeniería civil y la ingeniería metalúrgica, despertó la inquietud por la casi permanente actualización de las asignaturas, cuando no de los planes de estudios. En esta preocupación confluyeron las entidades corporativas de las ingenierías con los académicos universitarios. El debate sobre la teoría y la práctica, así como de los modelos de enseñanza, derivó a principios del siglo XX en la necesidad de orientar las ingenierías hacia la investigación científica e incursionar en las innovaciones tecnológicas. Esta discusión no se correlacionó con una mayor atención presupuestaria a estas materias. Puede afirmarse que hubo una preocupación académica por reformar asignaturas y orientar los planes de estudios, patrocinados por el Instituto de Ingenieros y los docentes de la Universidad de Chile, que, en determinados momentos fue decisivo en ciertas innovaciones. De igual forma, puede sostenerse que el apoyo estatal no siempre fue constante e incluso podría señalarse que este fue tardío en la implementación de la infraestructura adecuada de talleres, laboratorios en la principal universidad del país.

Las inversiones en la industria de capitales británicos, croatas y alemanes atrajeron a un fuerte contingente de ingenieros europeos que posibilitaron la introducción de nuevas máquinas, la racionalización de la energía y la administración de algunas instalaciones industriales. Sin embargo, no hubo una preocupación constante por sustituir el sistema Shanks. La reacción de los capitales nacionales —principalmente por la Compañía de Salitres de Antofagasta— fue introducir una mayor intervención de los ingenieros tanto en gestión y administración de sus oficinas como en la búsqueda de innovaciones tecnológicas, que fueron replicadas en otras empresas. Después de la Primera Guerra Mundial y la crisis en la industria salitrera, causada por varios factores intrínsecos a la actividad extractiva

y al mercado mundial de nitratos (con la fuerte competencia del nitrato artificial alemán), tuvieron lugar algunas innovaciones tecnológicas que significaron reemplazos parciales del sistema Shanks. En las postrimerías de la década de 1920, cuando era irreversible la decadencia de la industria del salitre, la introducción del sistema Guggenheim, con las inversiones norteamericanas en la industria, acompañó la explotación del salitre hasta la irrupción de la crisis mundial de 1929-1930. Con esa triada conformada por las inversiones industriales en la minería salitrera, las actividades de los ingenieros y la preocupación académica por la educación y los contenidos de los planes de estudios universitarios de los ingenieros, a fin de acrecentar las labores productivas y contribuir al crecimiento económico y el desarrollo nacional desde una región, el desierto de Atacama constituyó una lección histórica en el devenir de la nación chilena.