

RONALD D. CROZIER

LA INDUSTRIA DEL YODO  
1815-1915

## INTRODUCCIÓN

El yodo ha sido controvertido desde su descubrimiento por Bernard Courtois en 1811 y del anuncio del mismo por Nicolás Clément en 1813. El reconocimiento de que era un elemento nuevo se atribuye a Gay-Lussac, pero bien podría haber sido obra de Sir Humphry Davy. Ambos lo bautizaron simultáneamente: *iode* en francés y *iodine* en inglés.

Hayes (1840), basado en muestras de mineral tomadas por Blake (1843) en Iquique en 1837, fue el primero en anunciar la existencia de yodo en el caliche. Blake, hacia 1830, informó que migas de pan se tornaban azules en las aguas madres de las paradas, lo que delataba la existencia de yodo, pero no identificó al descubridor. Durante cincuenta años (1815-1865) el yodo sólo se fabricó en Europa, siempre a partir de algas marinas. La primera producción europea fue en Glasgow, Escocia. En 1866, Jorge Smith comenzó a extraerlo de los caliches de Tarapacá en La Noria.

A partir de 1874, y por casi un siglo, Antony Gibbs & Sons dirigieron el monopolio mundial en el comercio del yodo.

## 1. LAS ALGAS Y EL SALITRE POTÁSICO EN FRANCIA

Baumé (1793, página 99) —el inventor de la escala Baumé de densidad— fue uno de los primeros en sospechar la existencia de yodo en las aguas madres del salitre el 24 de marzo de 1792. Informó que había identificado sales de potasio en éstas, las que, tratadas con ácido sulfúrico concentrado, efervecían, dando vapores brillantes, con un penetrante olor a “ácido marino oxigenado o aqua regae”. ¿Sería yoduro de potasio el producto que se descompuso?

Lavoisier (1793) publicó estadísticas que demuestran el aumento en la demanda de salitre en Francia en los años 1783 a 1791, a partir de las compras

de varec<sup>1</sup> o algas marinas de la Refinería de Salitre del Arsenal en París, que se detallan en el Cuadro 1.

CUADRO 1  
 COMPRA DE VAREC DE LA REFINERÍA DE PARÍS  
 1783-1791  
 EN LIBRAS FRANCESAS

Año	Productores de París	Rurales	de Nitriére	Total comprado	Rendimiento informado
1783	754.631	276.698	17.281	1.048.610	32,5%
1784	741.474	275.194	10.281	1.026.949	34,5%
1785	741.401	284.411	24.943	1.050.755	30,0%
1786	770.366	310.112	7.714	1.088.192	30,0%
1787	790.459	301.090	1.334	1.092.883	30,0%
1788	775.557	293.880	1.131	1.070.568	30,0%
1789	840.748	267.580		1.108.328	30,0%
1790	869.247	256.848	282	1.122.377	30,0%
1791	937.779	250.124		1.187.903	30,0%

Para entender este incremento debemos tener presente los efectos de la revolución en Francia a partir de 1789. La producción de salitre aumentó, especialmente después de 1791. De acuerdo a Prieur (1797), la producción de nitrato de potasa llegó a 16.754.039 libras francesas en 12 meses de los años II/III de la República, y la refinería, conocida por el nombre de l'Unité, en la

<sup>1</sup> La palabra "varec" en francés y "kelp" en inglés tienen significados confusos en la literatura, designando en algunos casos la alga marina misma (fucacea o laminaria) o más correctamente la ceniza del alga después de calcinación. Las variantes de varec incluyen: varech, warec, werek, verek, vrec, etc. El *Dictionnaire Universel de Commerce*, París, 1805, habla de VARECH o VRAICQ como el "nombre dado en Normadía a una hierba que crece sobre las rocas, cortadas y cosechadas, o recogidas de las playas después de tormentas. En Bretaña esta hierba se llama también 'gouesmond', y en la región de Aunis 'far'. En algunas regiones se emplea como fertilizante; pero su principal uso, en Normandía, es quemarla para hacer un tipo de soda que se designa soda de varech o soda de Cherbourg. Grandes cantidades se emplean para fabricar vidrio ordinario, para la mesa o vasos, pero sólo la soda de Alicante se emplea para vidrio de ventanas, ya que el varech colorea el vidrio." EL Oxford English Dictionary, bajo KELP, da culp, kilpe, y kilp, sin etimología. Con significado "nombre general para algas grandes de la familia Fucacea o Laminaria, que se queman para utilizar sus cenizas; o cenizas calcinadas empleadas comercialmente por su ceniza de soda, yodo u otras sustancias que contiene". Es interesante que la cita más antigua que dan la toman de *Philosophical Transactions* XII. p. 1054, 1678: "Kelp se fabrica de una alga llamada 'Tangle', que llega a Londres adherido a ostras".

Abadía de Saint-Germain en las afueras de París, estaba purificando 30 toneladas de salitre diariamente.<sup>2</sup>

El efecto de las guerras napoleónicas sobre el mercado de insumos para la pólvora se aprecia también en los precios del kelp en Escocia, informados por Robert Jameson (1800). Dice:

La industria del kelp primero se practicó en la isla de Uist, por un noble escocés McLeod, quien importó la tecnología de Irlanda, donde se empleó por años. El método que usó fue deficiente, ya que se limitó a sólo quemar las algas. Su método duró poco, y fue reemplazado por la fusión de las sales producidas. El precio del kelp desde 1740 a esta fecha ha sido

1740-1760 precio promedio por tonelada fue	£ 2:5s
1760-1770	£ 4:4s
1770-1780	£ 5:0s
1780-1790	£ 6:0s

Desde 1791 el precio ha crecido enormemente a £ 11/tonelada, por la guerra que impide la importación de la barilla.<sup>3</sup>

El médico escocés Andrew Fyfe (1820), escribiendo en junio de 1816, después de la derrota de Napoleón en Waterloo, nos indica los precios contemporáneos y el procedimiento empleado en ese tiempo en Escocia para fabricar el kelp.

Kelp se prepara incinerando varias especies de algas, principalmente *Fucus Nodosus*, *F. Vesiculosus*, *F. Serratus*, y *F. Digitatus*. Se cortan en mayo, junio y julio, dejándose secar al aire, cuidando que no se expongan a lluvias. Luego se queman en hoyos cavados en la arena, o sobre la superficie, con un muro de piedras sueltas, simulando una calera. Un fuego alimentado con turba se construye en el fondo del hoyo o calera, y el alga se agrega lentamente hasta que el fuego cubre toda la superficie. El alga se esparce y luego se agregan cargas pequeñas adicionales. Las cenizas que dejan se acumulan hasta que estén semi-fundidas al final del día, cuando se revuelven con un rastrillo. La quema sigue por el número de días necesarios para que se llene la calera.

<sup>2</sup> Este informe de Prieur sobre la industria bélica en Francia indica que durante un mes las fundiciones produjeron 597 cañones de bronce y 452 de hierro, y que su capacidad anual de fabricación era de 7.000 cañones de bronce y 12 a 13.000 de hierro. Señala que la enorme usina de pólvora de Grenelle, en las afueras de París, produjo 1.500 toneladas de pólvora en 5 meses, pero fue destruida por una gran explosión el 14 de Fructidor del año II (1 de septiembre de 1794).

<sup>3</sup> La mayoría de las citas en inglés y francés han sido traducidas al castellano por el autor. Las pocas cartas e informes del archivo originalmente en castellano se reconocen por la ortografía antigua, principalmente el empleo de la "i" en vez de "y", por ejemplo en la palabra 'iodo'.

En la segunda mitad del siglo XVIII, los principales científicos franceses que jugaron papeles importantes en la industria del yodo llevaron a cabo sus actividades en la ciudad de Dijon, en Borgoña, donde existía una fábrica de pólvora desde 1582 y una refinera de salitre desde 1725. Como Dijon está en una región calcárea, es un lugar ideal para una plantación nitrera; así, tan pronto se redujo el suministro de salitre desde la India, la actividad salitrera cundió en la región. En 1775, en respuesta a leyes reales incentivando la producción de salitre, la Academia de Dijon ofreció premios de 4,000, 1,200 y 800 libras por el mejor proyecto de fabricación de salitre, nombrando una comisión integrada por Lavoisier, Baumé, Macquer, Sage y d'Arcy para servir de jurado en la competencia. En vista que no hubo una respuesta adecuada, el monto de los premios se duplicó en 1782.

Mientras tanto, en Dijon, la refinera de Argentieres se amplió, y en 1780 se puso a cargo de ella a un funcionario de la Academia, Jean-Baptiste Courtois. En los dos primeros años él trató 7,000 metros cúbicos de tierra y produjo 45,000 libras de salitre potásico. En 1789, Courtois trasladó su domicilio desde la Academia a la refinera, y los rendimientos mejoraron a un kilogramo por metro cúbico de tierra. Courtois mantuvo su sueldo en la Academia hasta 1791. No está claro si Courtois operó una o dos refineras, porque la notaría de M. Villot documenta el siguiente contrato con fecha 25 de junio de 1788:

Louis-Bernard Guyton de Morveau, Consejero Real, y Procurador General del Parlamento de Borgoña, y Jacques-Pierre Champy, de Boiserand, Escudero, Secretario del Rey, domiciliado en Dijon, venden a Jean-Baptiste Courtois, comerciante de Dijon, y a señora Marie Belley (?), su esposa, el establecimiento conocido como la nitrera de Saint-Medar-lez-Dijon.

Su hermano Pierre figura operando esta refinera desde 1804, como también en los años 1812 al 1815, si bien en 1814 los austríacos quemaron la fábrica. En 1815, el polvorín de Dijon, parte de este complejo, sólo tenía capacidad para almacenar 5,000 libras de pólvora. Más tarde, Pierre Courtois, por cuenta propia, aparece suministrando salitre al gobierno francés desde 1821 a 1825.

## 2. BERNARD COURTOIS Y EL DESCUBRIMIENTO DEL YODO

Jean-Baptiste Courtois se trasladó de Dijon a París el 12 de junio de 1802. Primero se hospedó con M. Luny, comisionario, mientras compraba a la viuda Dartigne un sitio ubicado en el número 39 de la rue de Sainte-Margarite, en el Faubourg Saint-Antoine, para la instalación de una refinera de salitre.

En 1803, Courtois volvió a Dijon a vender sus propiedades, que se supone incluyeron la nitrería de Saint-Medard. Desde este momento la situación de Jean-Baptiste Courtois se torna muy confusa. El *Almanach du Commerce de Paris* lo registra como productor de salitre en los años 1804, 1805 y 1806, en la rue de Sainte-Margarite, pero sabemos que estuvo en la cárcel de deudores parte del año 1805, durante todo 1806 y casi todo el año 1807. Esto se deduce de un documento notarial fechado 20 de diciembre, donde descarga su quiebra, disculpando su demora por haber estado en la cárcel 26 meses. Este documento, fechado cuando él tenía 59 años, es la última noticia que tenemos de Jean-Baptiste Courtois.<sup>4</sup>

En 1791, Bernard Courtois, hijo de Jean-Baptiste, se trasladó a París, y por intermedio de su padrino obtuvo empleo en el laboratorio de Fourcry. En 1794, a los 17 años, fue llamado al ejército como farmacéutico, sirviendo hasta 1798, cuando entró a trabajar en el laboratorio de Louis-Jacques Thenard, en la Ecole Polytechnique.

Es interesante que el principal acreedor en la quiebra fue Guyton de Morveau, con residencia en el N° 63 de rue de Lille, París. Puede ser que, cuando Courtois padre vendió la propiedad en 1803, quedó adeudando parte del precio de la compra original de la refinería de Saint-Medard en 1788. Al descargar su quiebra, Jean-Baptiste dio como su residencia otra fábrica de salitre situada en Sainte-Ambrose N° 9. De acuerdo al *Almanach*, esta propiedad estaba en manos de M. Lamiru en 1807 y 1808, y luego fue propiedad de Bernard Courtois entre 1809 y 1821. Los archivos muestran un dato adicional sobre la administración de estas dos refinerías; en febrero de 1806, en otro documento, Bernard Courtois, dando su domicilio en St. Margarite 39, avalaba las deudas de su padre, y en 1809 el *Almanach* muestra esta fábrica como operada por un M. Delande.<sup>5</sup>

Tomando en cuenta que los datos del *Almanach* son entregados a fines del año anterior a su publicación, podemos deducir que la refinería de St. Margarite, que era propiedad de la viuda Dartigne antes de 1802, probablemente fue arrendada por Courtois en 1803, y fue operada en 1804 y parte de 1805 por Courtois padre, hasta que cayó a la cárcel. Luego fue operada por su hijo, Bernard Courtois, en 1806 y 1807, y posiblemente parte de 1808, cuando el arriendo fue traspasado a M. Delande. En 1808 Bernard Courtois se casó con Eulalie Morand (nacida en París el 16 de enero de 1788), y con ayuda de la dote aportada por ella, saldó las deudas de su padre y compró la refinería de St. Ambrose N° 9, donde vivió con su mujer hasta 1821.

---

<sup>4</sup> Citado por Torande (1921), Archives du Seine, cartón 111.

<sup>5</sup> *Ibid.*, Carton bilans, dossier N° 10057.

Una de las razones por las cuales la refinación del salitre potásico se concentró en París fue el empleo de las cenizas de algas marinas como materia prima potásica debido a alzas en el costo de la leña. La urgencia en aumentar la producción de salitre resultó en el reemplazo de las aguas madres y la concentración del yodo contenido en el varec. Luego Bernard Courtois pudo descubrir, en 1811, el compuesto X, porque sus tinajas se estaban destruyendo por corrosión. El descubrimiento que éste era el yodo no se anunció hasta fines de 1813, desgraciadamente, sin que se diera la fecha exacta en que Bernard Courtois aisló su producto X. Los dos químicos que lo anunciaron conocieron a Bernard Courtois como niño, ya que ambos nacieron en Dijon—Charles-Bernard Désormes el 3 de junio de 1777, y Nicolás Clément el 12 de enero de 1779.<sup>6</sup>

### 3. BAUTISMO E IDENTIFICACIÓN DEL NUEVO ELEMENTO ¿GAY-LUSSAC O DAVY?

La fama opacada de Courtois como descubridor del yodo, y probablemente la falta de apoyo económico que tuvo en los años después de la caída de Napoleón, se debe en gran parte a la pelea entre los gigantes de la química—Gay-Lussac y Sir Humphry Davy— sobre cuál de ellos determinó que el compuesto X de Courtois era un nuevo elemento, y quién fue el que primero lo bautizó con el nombre de *iode* en francés o *iodine* en inglés. El relato de este encuentro entre egos es de interés, ya que nos da un cuadro poco conocido sobre la cooperación y la eficiente comunicación científica que sobrevivió los odios generados por la Revolución Francesa y las ambiciones territoriales de Napoleón.

Exactamente cuál fue la secuela del descubrimiento que el compuesto X de Courtois era un nuevo elemento es casi imposible de establecer, porque la

---

<sup>6</sup>Désormes (Dijon, 3 Junio 1777- Verberie, Depto. Oise, 30 agosto 1862) fue nombrado corresponsal de la Academia de Ciencias en 1819, y construyó una fábrica química en Verberie (Oise). Nicolás Clément (Dijon, 12 enero 1779 - Paris, 21 Noviembre 1841) se tituló médico y químico, y fue profesor en el Conservatorio de Artes y Oficios. Ha habido mucha confusión en la literatura sobre la existencia de un señor Clément-Désormes, que firma el anuncio del descubrimiento del yodo por Courtois. Aun Torande (1921), quien escribió la historia de los primeros cien años del yodo, comisionado por la ciudad de Dijon, y quien documenta cuidadosamente la vida y nacimiento de Clément y de Désormes, habla en la página 256 del nacimiento de M. Clément-Désormes en Dijon en 1779, y su muerte el 21 de noviembre de 1841, además de decir (pág. 307) que el Profesor Clément-Désormes fue asesor del baron d'Aigremont en la construcción de una fábrica de yodo en 1824. En ambos casos se trata de Nicolás Clément. Partington (1964) explica la confusión: "he married the daughter of Charles Bernard Desormes, .... and took the name Clément-Desormes. Clément and Desormes owned a chemical works in Verberie".

documentación está en los volúmenes 88 y 89 de *Annales de Chemie* que fueron editados posteriormente por Gay-Lussac. Por ser complicada la secuencia, la resumimos en el Cuadro 2.

## CUADRO 2

## CRONOLOGÍA DEL DESCUBRIMIENTO DEL YODO: 1811 A 1814

Nov. 1811	Descubrimiento del compuesto X en el varec por Courtois, un sólido metálico negro que desprende vapores color violeta.
Mayo 1812	Courtois entrega muestras y los resultados de su investigación a sus amigos, señores Clément y Désormes, para terminar su trabajo.
Nov. 23, 1813	Sir Humphry Davy llega a París con un pasaporte de Napoleón, para viajar en tránsito por Francia en un viaje a Italia.

Fechas de las reuniones del Institute	ANNALES DE CHIMIE volúmen 88, 1813
Dic. 6, pp. 304 al 310	"Découverte d'une substance nouvelle dans le Vareck" par Bernard Courtois -incluye "substance nouvelle, que depuis on a nommée <i>iode</i> à cause de la belle couleur violette de sa vapeur", con la nota leído al instituto por M. Clément. Esta nota contiene información obtenida posteriormente. Por ejemplo, en la última página dice: "Des expériences postérieures à celles-ci et qui sont dues à M. Gay-Lussac, portent à croire que l'iode est une substance simple analogue au chlore (gaz oximuriatique)..." con la muy importante nota al pie: "Cette opinion sur la nature de l'iode est encore confirmée par des recherches que M. Davy a faites sur cette matière."
Dic. 6 pp. 311 al 318	"Sur un nouvel acide formé avec la substance découverte par M. Courtois; extrait du <i>Moniteur du 12 décembre</i> " par l'Editeur (¿Gay-Lussac?). Dice: "La nouvelle substance à laquelle on pourrait donner le nom d' <i>iode</i> , possè de à un haut degré les propriétés électriques de l'oxigène et de l'acide muriatique oxigéné."
Dic. 13 pp. 322 al 318	Carta fechada diciembre 11, 1813, de Humphry Davy al Chevalier Cuvier -idéntico título que la nota anterior parte con "Je vous ai dit, il y a huit jours [el 3 de diciembre], que je n'avais pas pu découvrir l'acide muriatique dans aucun des produits de la nouvelle substance"
Dic. 20 pp. 319 al 321	por Gay-Lussac "Note: Sur la combinaison de l'iode avec l'oxigène". Nota al pie dice: "L'étain parvenu de mon côté à la connaissance de ces el détonnant de l'iode; mais M. Davy l'annoncé avant moi"

## ANNALES DE CHIMIE volúmen 90, 1814

Marzo 21, pp. 87 al 100	"Sur les combinaisons de l'iode avec substances végétales et animales" por MM. Colin et H. Gaultier de Claubry." parte con " <i>Dans leurs differents travaux sur l'iode, MM. Clement, Gay Lussac et Davy</i> , y luego describe el color azul que da el yodo con almidón y atribuye a Pelletier este descubrimiento.
-------------------------	---

## ANNALES DE CHIMIE volúmen 91, 1814

Agosto 1, pp. 5 al 268	"Memoire sur l'iode; par M. Gay-Lussac". Se atribuye el invento de iode basado en el <i>Moniteur</i> de diciembre 12, 1813, y de ser autor de la nota en página 311 del volumen 88. Este monumental trabajo, fruto de breves meses de experimentación, que describe la química del yodo extensamente, termina con una historia tergiversada de los primeros pasos en la identificación del yodo como elemento.
------------------------	--

Comenzaremos con la última publicación citada en el Cuadro 2, el tratado sobre yodo de Gay-Lussac (1814), que tiene su versión de esta historia. Las fechas no cuadran con las fechas en que se leyeron los artículos citados en nuestro cuadro. Primero, dice Gay-Lussac que Clément anunció el descubrimiento del compuesto X el 29 de noviembre, pero la fecha en la publicación misma (página 304) dice 6 de diciembre. Esta discrepancia es clave porque la versión de Gay-Lussac de la historia dice:

*El 6 de diciembre yo leí una nota que fue publicada en el Moniteur del 12 de diciembre, y más tarde en los Annales de Chimie, tomo 88, página 311. Yo no les recordaré que los resultados que esta nota contiene asegura que yo determiné las propiedades de esta sustancia, indicando que es un cuerpo simple análogo al cloro: nadie hasta ahora ha contradicho que yo no fuera el primero en publicar la naturaleza del yodo, y que M. Davy no publicó sus resultados hasta más de ocho días después que conocí los míos (Ann. de Chimie 88, 322).*

Con esta declaración empieza a aclararse por qué la carta de Davy leída el 13 de diciembre fue compaginada después de la nota anónima de Gay-Lussac, leída el 20 de diciembre, y que las fechas reales de estos documentos son claves para determinar prioridades entre ellos, especialmente en vista que la carta de Davy dice que hacía ocho días (el 3 de diciembre) que el señor Cuvier le había recomendado que presentara sus resultados por escrito al Instituto. Es interesante que la publicación que Gay-Lussac cita como suya y como prueba de su prioridad de publicación fue anónima, y habla del trabajo de Gay-Lussac como ser de un tercero. Además, no está claro quién presentó este trabajo.

Importante en este desacuerdo es la afirmación de Gay-Lussac que el yodo es análogo al ácido oxymuriático y no menciona al elemento cloro. El concepto de ácido oxymuriático es el verdadero causante de esta extraña animosidad, ya que es una antigua controversia entre Davy y Gay-Lussac. En 1774, Scheele encontró que si se disolvía óxido de manganeso en lo que en ese tiempo llamaban ácido marino, se forma una solución parda que al calentarse desprende un gas de color verde amarillo. Scheele llamó a este gas ácido marino desflogistonado. Berthollet (1785), más tarde, al abandonar la teoría del flogistón, supuso que este gas era ácido muriático oxigenado (o ácido oxymuriático), ya que se formaba cuando un oxidante (dióxido de manganeso) actuaba sobre ácido muriático (ex marino). La confusión se reforzó porque sus soluciones puestas al sol se descomponen con la evolución de oxígeno, dejando una solución de ácido muriático (el cloro reacciona con el agua en presencia de rayos ultravioleta). Mientras tanto, Laviosier extrapoló y propuso que todos los ácidos contenían oxígeno. Luego en 1809, Gay-Lussac y Thenard obtuvieron hidrógeno cuando pasaron el gas de ácido muriático sobre sodio metálico caliente, que los hizo suponer que el gas tenía que contener agua,

conclusión que mantuvieron aunque no pudieron oxidar carboncillo al rojo con este gas. Un año más tarde Davy no pudo sacar oxígeno del gas o del ácido muriático, y llegó a la conclusión que era un elemento nuevo que él llamó 'chlorine' (cloro). Esto aclara por qué Davy habla en su carta que no había podido detectar ácido muriático en el gas violeta, y probablemente Sir Humphry, el 3 de diciembre, ya había sugerido a M. Cuvier el nombre "iodine" para el compuesto X, recalcando que el empleo habitual del nombre oxymuriato por Gay-Lussac indicaba que éste todavía no aceptaba del todo la existencia del cloro.<sup>7</sup>

La conclusión salomónica es atribuir el descubrimiento de que el compuesto X era un nuevo elemento a Gay-Lussac y Davy conjuntamente, siendo que ambos, en forma independiente, lo bautizaron "iode", en francés, y "iodine" en inglés. Indudablemente Gay-Lussac tiene el honor de haber sido el más acucioso en investigar las propiedades del nuevo elemento, y su Memoria de agosto de 1814 tiene primicia sobre la gran mayoría de las propiedades químicas de éste.

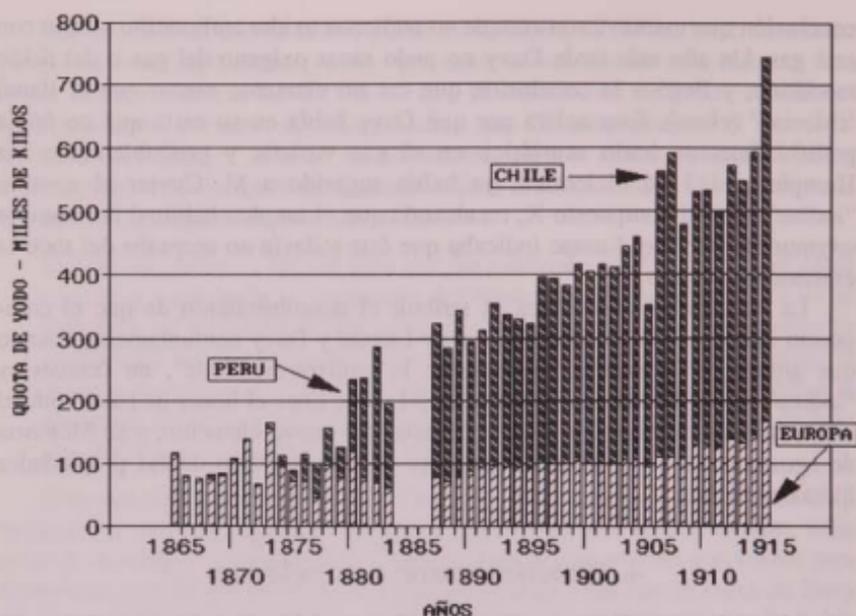
#### 4. DESCUBRIMIENTO DEL YODO EN IQUIQUE

Al igual que en Francia, el yodo en Tarapacá fue descubierto en las aguas madres del salitre, en este caso no el potásico, sino el sódico, que ya en 1825

---

<sup>7</sup>Sir Humphry Davy (1814) escribió una carta el 10 de diciembre de 1813, desde París, a la Royal Society en Londres. Esta fue leída en la sesión de 20 de enero de 1814, con el título de "Algunas observaciones y experimentos sobre una nueva sustancia que forma un gas color violeta al calentar". En esta carta resume el descubrimiento del compuesto X por Courtois, a fines de 1811, en su ingenio de salitre. En la carta dice: "El nombre "ione" se ha propuesto en Francia para este compuesto por el color violeta de sus gases, y el compuesto con hidrógeno se ha llamado ácido hidroiónico. Este nombre, en inglés, causará confusión, ya que sus compuestos se llamarían "iónicos". Si se le denomina "iodine", de la palabra griega 'violacea', se eliminaría esta confusión, y el nombre calzaría con "chlorine" (cloro), y "fluorine" (fluor)". Esta publicación forma la base para asignarle a Davy el honor de ser el que primero bautizó el nuevo elemento. Es significativo que no le asigna el descubrimiento a Gay-Lussac, ni se lo auto-atribuye. El texto indica que, cuando fue invitado a dirigirse a la Sociedad Filomática de París, en presencia de Humboldt, Ampère, Cuvier, y Chevreul, inmediatamente después de su llegada a esa capital, el 28 de noviembre Ampère le dio una pequeña muestra de la sustancia, y Clément le pidió que la analizara. La carta de Davy más o menos da por entendido que estos caballeros suponían que se trataba de un nuevo elemento.

Cuvier, en "Notes sur une nouvelle substance découverte par M. Courtois", en los *Archives des Decouvertes* de 1814, después de describir los experimentos de Gay-Lussac y sus ideas sobre el ácido oxymuriático, dice: "d'après la nouvelle manière de voir de M. Davy, la regarder ainsi que le chlorine, comme une substance simple qui donnerait un acide en se combinant avec l'hydrogène." y, más importante del punto de vista de quién bautizó el nuevo elemento, dice "Lorsque la nouvelle matière (que l'on parait être convenu de nommer iode, d'après la couleur de son gaz) ...", que confirma que su recomendación a Davy de poner por escrito la conversación del 3 de diciembre fue porque habría controversia sobre el bautizo.



se conocía en Europa como salitre chileno. Bermúdez (1963) ha publicado lo medular de este descubrimiento, pero por no tener acceso a algunos de los documentos originales, especialmente las numerosas publicaciones de Bollaert, vale la pena ahondar en los detalles. Courtois, en París, descubrió yodo por sus efectos dañinos sobre su equipo; en Iquique el yodo se descubrió porque migas de pan cayeron en las aguas madres de una parada. John H. Blake (1843), quien visitó Iquique y Tarapacá en 1837/38, dice:

Las aguas madres de algunas de las refinerías en la pampa son muy ricas en sales yódicas; su presencia primero se delató al observarse el color azul oscuro producido cuando cayeron algunas migas de pan en las tinajas.

La información es escueta: sólo su observación de la reacción clásica del yodo con almidón. Blake no identifica el descubridor; sin embargo, el inglés George Smith (que ya en 1837 era dueño de la Oficina 'La Noria' y exportador importante de salitre), por ser casi el único de habla inglesa en ese puerto, indudablemente fue anfitrión de Blake y organizó sus visitas a la pampa, y fue por lo menos su informante.

Los hombres suficientemente educados que pudieron ser descubridores del yodo incluyen a los De la Fuente, dueños de la mina de plata de Huantajaya

durante un siglo, u otros peruanos cultivados como eran Juan Alma (o Alba), dedicado a la refinación de salitre, quien obtuvo (según Bermúdez), un permiso para exportar salitre desde Iquique el 28 de mayo de 1828. También pudo serlo el francés Héctor Bacque y el chileno Santiago de Zavala, ex dueños de La Noria, quienes, en 1830, fueron los primeros en exportar salitre a Europa con éxito.

Con todo, los descubridores más probables son el dúo inglés formado por William Bollaert y George Smith, que tuvieron una amplia oportunidad para estudiar la provincia, ya que en 1827, a pedido de Ramón Castilla, Intendente de Tarapacá y futuro Presidente de Perú, prepararon mapas y llevaron a cabo un catastro etnográfico, geográfico y geológico de la provincia entera.<sup>8</sup> Su trabajo fue publicado por la Royal Geographic Society, de Londres, y ambos fueron elegidos miembros de número de esa sociedad. Su mapa fue utilizado para preparar el atlas de Arrowsmith, empleado por Fitz-Roy en el *Beagle*, y por Sir Woodbine Parish en sus exploraciones en el cono sur de América. Para aquilatar el posible descubrimiento del yodo por don Jorge Smith, debemos notar que la década del veinte fue un período de mucha especulación británica en la minería de la plata en Sudamérica, especialmente en Bolivia y Perú. Luego, no sorprende que hubieran otros ingenieros ingleses en Tarapacá, así, por ejemplo, sabemos por Bollaert (1853), que "a dos leguas al sureste de Santa Rosa estaba el pique de los ingleses, cavado en 1826 por una empresa inglesa", y que "en 1827 ésta o una otra casa inglesa trató de exportar salitre desde Iquique sin éxito".

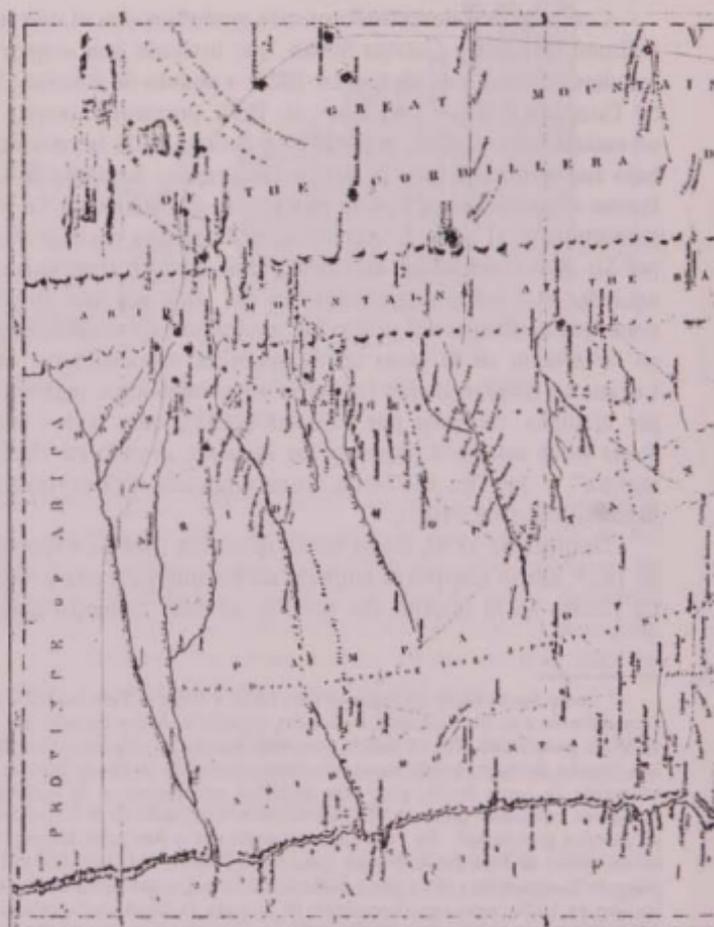
Después de 1830, Jorge Smith quedó en Iquique exportando salitre. Antes de 1835, Smith compró la empresa de Bacque y Zavala y reconstruyó la parada La Noria, en el distrito del mismo nombre. Sabemos que tenía capitales y

---

<sup>8</sup> Jorge Smith nació en Inglaterra en 1802, y llegó al Perú en 1821, cuando tenía 19 años, acompañando a su tío Archibald E. Robson, capitán de barco. Se sabe que estuvieron en Iquique en 1822, pero Smith sólo se radicó permanentemente en este puerto en 1826, al mismo tiempo que llegaba Bollaert, recién nombrado laboratorista de la Royal Society. Sabemos poco de la educación de Jorge Smith, pero más tarde fue un pionero en la tecnología de salitre, lo que presupone habilidad química. William Bollaert, entrenado en la Royal Society en Londres, era un químico profesional. En 1825 fue contratado por la Arequipa Mining Company para trabajar en sus minas de Perú [en el Geogr. Soc. J. XXI (1851) Bollaert dice que Berghaus atribuye el mapa de Tarapacá de 1831 a dos caballeros de Potosí, y que debiera leer de Arequipa]. Llegó en Iquique en 1826 como superintendente de la mina de Huantajaya, probablemente puesto como condición de aportes de capital a los esfuerzos mineros de la familia De la Fuente. Era amigo de Darwin, ya que éste leyó un trabajo de Bollaert [Silver in the Huantajaya Mine, Proceeding of Geologic Soc. II, 1838] ante la sociedad geológica de Londres en 1838. Probablemente se conocieron después que Bollaert abandonara Tarapacá a fines de 1829, zarpando de Valparaíso el 11 de febrero de 1830 en el 'Adventure', Capitán Philip Parker King, de la flotilla del *Beagle*, que llegó a Londres mucho antes que Darwin zarpara en su famoso viaje el 27 de diciembre de 1831.

## CUADRO 3

MAPA DE TARAPACÁ, DE BOLLAERT Y SMITH (1851)

*(Dibujado en 1828, publicado en 1832 y puesto al día por Jorge Smith en 1850)*



actuó en el negocio de la plata, porque, en 1837, fue estafado por un francés, Alexandre Cochet, quien lo convenció invertir en un horno de reverbero para refinar minerales de plata, que jamás funcionó, y que resultó en una importante pérdida de capital para don Jorge.

Tenemos sólo una referencia, algo ambigua, que atribuye el descubrimiento de yodo a Jorge Smith. Escribiendo en 1852, Bollaert dice:

La pampa de Tamarugal, al sur de una planicie ubicada a una altura entre 3 y 4 mil pies, donde desde 1831 se han exportado a Gran Bretaña 240,000 toneladas de salitre (una importante parte por mi gran amigo y compañero de andanzas, el Sr. Smith) ... Boratos de calcio y sales de yodo fueron descubiertos en este llano por el Sr. Smith.

En la misma publicación encontramos la siguiente anotación que confirma que Bollaert no está confundiendo el descubrimiento del yodo en los caliches por Smith con la publicación hecha por Hayes (1840), porque ésta dice:

Hayes encontró que muestras de caliche contienen 0.63% de sales de yodo, principalmente yodato de sodio y cloro-yodato de magnesio. En noviembre de 1851, el precio de yodo puro fue 6 1/2 a 7 d. por onza, mientras en los mismos meses de 1852, había subido a entre un chelín 3d. y un chelín 6 d./oz. Luego con estas sales de Tarapacá tenemos otra fuente de yodo.

Sin embargo, no podemos determinar la fecha ni siquiera en forma aproximada, ya que después de abandonar el Perú en 1829, Bollaert no volvió a Sud América hasta 1853. Sin embargo, se mantuvo en correspondencia continua con Jorge Smith, quien le entregó muchos de los detalles relativos al salitre que aparecen en sus publicaciones de la década del cincuenta.

## 5. EVOLUCIÓN DE LA INDUSTRIA DEL YODO

La tradición atribuye a Bernard Courtois ser el primer productor industrial de yodo, pero su trayectoria después de 1815 pone esto en duda. Volviendo al *Almanach du Commerce*, anuario en el que insertó su aviso profesional cada año, no figura como productor de salitre en 1815, 1816 y 1817, condición *sine qua non* para ser fabricante de yodo, y sólo aparece como comerciante en yodo entre 1818 a 1821.

En 1821, cuando tenemos noticias de la instalación de una fábrica de yodo por los señores Cournerie en Cherburgo, Courtois cambia de domicilio, y en su

anuncio en el *Almanach* de 1822 se autodescribe por primera vez como fabricante.<sup>9</sup> El aviso dice:

3, quai de la Cité: Bernard Courtois, fabricante de reactivos químicos. El descubridor del yodo fabrica esta sustancia y todas sus sales. También vende reactivos químicos, incluso los más complicados, y los purifica a niveles requeridos por estudiosos y laboratorios.

No tenemos noticias de las materias primas que pudo haber empleado para la fabricación de yodo en París en ese año. Quizá compró soluciones o yodo crudo a Courmerie.

En la edición de 1823 del *Almanach* cambia nuevamente de dirección a 36, rue de Trois-Couronnes, con una línea de ventas idéntica a la del año anterior. En 1824, registra la misma dirección pero el aviso se limita a señalar que es "fabricante de yodo y sus sales". En 1825, incluye la venta de reactivos químicos, posiblemente por una mejora en su disponibilidad de capital, y en 1826 nuevamente dice que es el descubridor del yodo. En los *Almanach* de 1827 al 29, agrega que tiene una bodega en rue Jacob N° 15, la que cambió al N° 17 de rue Jean-de-l'Épine en 1830 al 32. En 1833 y 34 no figura con bodega, pero sí aparece como agente de la casa Lecreux, dando como dirección el N° 6 de la Rue des Enfants-Rouge. En 1835 aparece Coutourier & Cie como dueña del establecimiento en rue des Trois-Couronnes, y Courtois se cambia a una muy modesta habitación en el N° 12 de la rue de l'Impasse des Recollets, donde muere en 1838. Junto con el fallecimiento de Courtois, Coutourier desaparece de la rue des Trois-Couronnes.

Los archivos de defunción del quinto y sexto arrondissement de París (Folio 125, N° 59) registran la siguiente partida: Courtois (Bernard), químico, 27 de septiembre, 1838, edad, 62. Casado con Madelaine-Eulalie Morand. No se declaran bienes. En el mismo año el *Journal de Chemie Medicale, de Pharmacie, de Toxicologie*, París, página 596, bajo defunciones, tiene: "Bernard Courtois, descubridor del yodo, murió en París el 27 de septiembre, dejando a su viuda desamparada".

La Enciclopedia Espasa también atribuye a Courtois de ser el primer fabricante de yodo sin citar causa, diciendo:

Al cabo de poco tiempo de haberse descubierto el yodo principió a obtenerse en cantidades bastante grandes. Courtois, descubridor del yodo, en la época del bloqueo continental obtuvo mucho provecho en el concepto económico; pero al

<sup>9</sup> Ver Muspratt (1860) vol. 2, p. 388. Muspratt de todos modos supone que Courtois fue el primer productor de yodo industrial.

volverse a abrir al comercio los puertos franceses no pudo competir con el nitro que llegaba a ellos procedente de las Indias Occidentales, ni con el de otros mercados. Quedó entonces sin valor la fábrica que había montado [de nitro], sacrificando toda su fortuna, y trató de recobrar las pérdidas que había sufrido con la obtención industrial de yodo.

Esta conclusión del autor del artículo en la Enciclopedia no es lógica, porque para poder producir yodo tiene que procesar varec, y, como vimos, el *Almanach* de París no respalda esta declaración de la Enciclopedia, ya que muestra a Courtois vendiendo yodo sólo después de la primera fábrica de yodo en Cherburgo. Courtois pudo haber comercializado salitre en París después de 1820 para su tío Pierre, quien, como vimos, operó la refinería en Dijon desde 1804 hasta 1814, cuando los austríacos la quemaron; pero Pierre nuevamente figura vendiendo nitro al gobierno entre 1821 y 1825. Aún así, Pierre no pudo haber sido el proveedor de materia prima para extraer yodo, ya que en Dijon las cenizas empleadas para fabricar salitre serían de madera y no de varec.

Espasa no menciona a los señores Courmerie, de Cherburgo, pero atribuye a Tissier una fábrica de yodo en Cherburgo en 1824 como "la primera .. que consiguió trabajar con alguna regularidad". Agrega que "Couturier fundó otra en 1829, que más tarde se unió a la primera y después pasó a poder de la casa Courmerie", y que "en 1830 Tissier instaló una tercera fábrica en Conquet, llegando a ser ésta una de las más importantes en Francia".

Podemos obtener una idea del mercado del yodo en Francia, y la probable primicia de Escocia como productor, a través de Pelletier (1827) quien nos cuenta:

El peligro de sobre-dosis en el empleo medicinal del yodo ha disminuido notoriamente su consumo; se fabrica en Francia como medicina pero no se receta en Inglaterra o Alemania. Pero (a falta de otros datos) creo que la siguiente observación comprueba su uso industrial. Durante un viaje que hice a Inglaterra el año pasado (1826?), constaté que se producen grandes cantidades de yoduro de mercurio, que se venden con la designación 'English vermilion', que es empleado principalmente para la fabricación de papeles murales, y en la impresión de telas y calicots; pero no pude averiguar como lo aplican.

De regreso en Francia, Pelletier analizó muestras de 'English vermilion' registrando el siguiente resultado: hidroyodato de potasio 65 partes, yodato de potasio 2, y yoduro de mercurio 33 partes. Agregó que "esta mezcla parece venderse a 100 francos el kilogramo en Escocia, mientras que no debería costar más de 36 francos en Francia, si uno considera el precio del yodo a 40

francos". De esto podemos concluir que la onza de yodo en Francia en 1827 estaba a 1.24 francos, o casi un chelín inglés. Según Bollaert (1853), en 1840, el precio en Inglaterra era la mitad, 5 a 6 peniques la onza, pero había aumentado a 1s.3d o 1s.6d. en 1852.

## 6. PRIMERA PRODUCCIÓN INDUSTRIAL: ¿FRANCIA O ESCOCIA?

Numerosos textos químicos ingleses atribuyen la producción de yodo en Escocia al Dr. Ure; pero como veremos fue el Dr. William Hyde Wollaston (1766-1828) el primer industrial del yodo en Glasgow, posiblemente en el año 1815 o 1816. La documentación para atribuirle a Wollaston y/o Dr. Ure la primera producción de yodo en Escocia está en la reedición de Ure de *Nicholson's Chemical Dictionary* (1824), que da la siguiente versión sobre la producción del yodo:

"YODO: .... se obtiene industrialmente de las algas marinas calcinadas, el kelp o varec. El Dr. Wollaston fue el primero en publicar un proceso adecuado para su liberación de las soluciones de varec; v.g. concentrar el líquido por evaporación y filtrar los cristales obtenidos. Separar el líquido que queda, ponerlo en un recipiente limpio y agregarle un exceso de ácido sulfúrico. Luego el líquido se hierve un buen tiempo, durante el cual se precipita azufre, y se libera ácido muriático. El líquido se decanta y se filtra con lana de oveja, luego se pasa a otro recipiente y se le agrega igual peso de óxido negro de manganeso y de ácido sulfúrico. Adáptele un tubo de vidrio cerrado en su otra punta, aplique calor y el yodo se sublima condensándose en el tubo de vidrio. El agua de mar no rinde yodo por este método.

Cuando yo repetí este método con cuidado, obtuve cantidades tan diferentes de yodo de diferentes muestras de kelp, que efectué una serie de experimentos en 1814 (sic) para detectar la causa de las anomalías y desarrollar un método más eficiente. Mis resultados, que tuvieron éxito, los comuniqué en el volumen 50 de la *Philosophical Magazine*. Aquí daré el resumen de mi método: *Como los fabricantes escoceses de jabón emplean preponderantemente el kelp como alkali para sus jabones duros, se me ocurrió que sus residuos serían ricos en yodo, y, efectivamente, después de algunos estudios encontré un líquido aceitoso café que supuse serviría; luego puse en marcha una serie de experimentos para afinar el método de extracción...*

En la publicación mencionada, la *Philosophical Magazine* de 1817, hay una carta de Ure al editor con el método ya descrito. No aclara muy bien quién fue el primer productor de yodo en el mundo porque tiene una nota al pie, escrita por Tilloch (el editor), o posiblemente del mismo Dr. Ure, que dice: "El

yodo vendido en Londres viene principalmente de importaciones de París, como me ha informado un eminente práctico químico”.

Con esto sólo podemos decir que es probable que el primer productor en el mundo de yodo a escala industrial fue el Dr. William Hyde Wollaston (1766-1828), probablemente en cooperación con el Dr. Ure de Glasgow.<sup>10</sup>

Stanford (1862), una autoridad sobre la industria de las algas en Escocia, es categórico sobre la primicia de los escoceses como productores de yodo, pero sin darnos una fecha, sino sólo la siguiente pista para indicar quién podría haber sido (página 285):

Aunque, como muchos inventores, Courtois nunca se benefició por sus hazañas; un finado distinguido químico inglés disfrutó del descubrimiento, ganando una gruesa suma comprando todas las aguas madres de las refinerías de kelp escocesas, y recuperando su yodo.

El único químico trabajando en Glasgow en 1815 que fuera inglés y que podía calificarse como distinguido era el Dr. Hyde Wollaston; el Dr. Ure era escocés.

La importancia de la industria del varec en Escocia, en el período que Courtois anunció su descubrimiento del yodo en Francia, se puede deducir de las actividades de la Royal Highland Society of Scotland que, en enero de 1815, ofreció un premio para el mejor ensayo sobre el valor comparativo del kelp y la barilla. El trabajo tenía que estar basado en un trabajo experimental, y debía ser entregado antes del 10 de noviembre de 1816. Probablemente el Profesor Ure formó parte del jurado, ya que era miembro de dicha sociedad.

El primer premio de 50 guineas lo obtuvo el médico Dr. Andrew Fyfe, y el segundo, de 25 guineas, lo ganó Samuel Parkes F.L.S., miembro de la Geological Society of London y de la Sociedad Botánica de Edinburgo. Ambos trabajos se publicaron en 1820 en el volumen 5 de las Transacciones del

---

<sup>10</sup> En el Diccionario Biográfico inglés hay la siguiente cita referente a Wollaston: "In 1814 he made a visit to France, immediately on the conclusion of peace,... which gave him *the greatest amount of satisfaction that can be compassed in three weeks*". De acuerdo a la edición de 1879 de la *Encyclopaedia Britannica*, el Dr. Wollaston nació en East Dereham, Norfolk, el 6 de agosto de 1766. Se educó en Charterhouse, y se recibió de médico de Caius College, Cambridge, en 1793, y practicó medicina durante varios años. Fue elegido a la Royal Society el mismo 1793, indicando que sus investigaciones en Cambridge fueron importantes. Lo eligieron Secretario en 1804, y sirvió en este puesto hasta 1816. En 1804 descubrió cómo purificar industrialmente el platino, y obtuvo lo que en ese tiempo era una gran fortuna de £ 30,000 de su proceso secreto. Fue el primero en detectar paladio y rhodio en el platino crudo (1.804/05). Anticipándose a Jacobus van't Hoff y Joseph Le Bel, pronosticó la necesidad de describir lo reactivos químicos con estructuras tridimensionales de átomos. Hizo importantes contribuciones a la ciencia de la óptica, y en mineralurgia uno de los silicatos de calcio se designa wollastonita.

Highland Society y dan una buena idea de la actividad científica sobre la industria de las algas marinas en Escocia en 1815. Fyfe (1820, p. 14) dice:

Esta sustancia (yodo), descubierta últimamente en el kelp, se obtiene fácilmente evaporando la solución de kelp al seco, agregando ácido sulfúrico a las sales y calentando; se desprenden vapores violeta que se condensan en las superficies frías del equipo donde se depositan cristales brillantes metálicos en forma de agujas.

En la página 45 sigue:

Los desechos de las aguas madres del jabón contienen yodo, y pueden usarse como materia prima, *por esta razón frecuentemente han sido comprados de los jaboneros para este propósito.*

Parkes, en la página 114 dice:

El único otro producto importante, derivado del kelp, es el yodo, un material extraordinario de reciente descubrimiento, que tiene la característica de formar sales cristalinas y un gas brillante color violeta. Algún día este singular producto tendrá uso en tinturas y la impresión sobre telas de calico, u otros usos industriales.

No se ha dado importancia a estos dos trabajos porque se citan como publicados en 1821; en realidad es fácil documentar que estas palabras se escribieron a fines de 1815 o a más tardar a principios de 1816. Según Ure (1824), es posible que, ya en 1814, se hubiera producido algo de yodo en Glasgow, y que la producción en 1815 era suficiente para justificar un suculento premio destinado a incentivar una investigación que identificara otras aplicaciones (¿tintas sintéticas?) para aumentar el mercado del yodo.

Contemporáneamente hubo mucha actividad salitrera en Sud América. Oscar Bermúdez documenta una producción considerable de salitre en Tarapacá en el período hasta 1820, que se vendía a la fábrica de pólvora de Lima. Estos datos salen principalmente en una petición de restitución interpuesta en 1869 ante el Congreso Chileno por los herederos de las familias De la Fuente y Ugarrisa. La petición alega que Matías de la Fuente y Sebastián de Ugarrisa habían instalado un ingenio para refinar caliche y fabricar jabón en caleta Tumbes en la bahía de Talcahuano, que eventualmente fue requisado, sin compensación, por las fuerzas chilenas durante la guerra de la independencia. Además, Bermúdez informa sobre la historia de la Oficina "Buen Retiro"

también en base a documentos legales presentados para respaldar un litigio sobre dominio, los cuales indican que la Oficina estaba operando antes de 1830; fue comprada ese año por Hermenegildo García Manzano, quien contra-ajo compromisos con Manuel Baltazar de la Fuente y con Anastasio Tinaxas para explotarla, operación suficientemente estable para haber generado aguas madres con contenido de yodo detectable.

La empresa escocesa Aikman tuvo sus veleros en esta costa desde 1825, y, según datos de Bermúdez, uno de estos barcos llevó a Europa un cargamento de 50 toneladas de salitre en 1830. No es de extrañar que el capitán escocés se hubiera interesado en las faenas de purificación, ya que el empleo de salitre como fertilizante era ampliamente divulgado en Escocia,<sup>11</sup> y siendo que ya en 1830 las aguas madres de Buen Retiro habían producido 20,000 qq de salitre, debían contener una cantidad significativa de yodo, los que permitiría que fuese este marino el descubridor del yodo en las paradas.

La secuencia de la divulgación científica de la existencia de yodo en Tarapacá tiene la siguiente cronología. Al volver a Boston en 1838, Blake mandó muestras de caliches y otros minerales a un médico amigo, el Dr. A.A. Hayes de Roxbury, para que las examinara y analizara. Indudablemente que le indicó la probabilidad de que contenían yodo, y además le indicó los análisis aproximados de nitratos, sulfatos y cloruros. También le dijo que había perdido sus libros de apuntes y no podía identificar el origen de cada muestra. Hayes (1840A) analizó las muestras y mandó una nota fechada 17 de marzo de 1840 al *Boston Journal of Natural History*, una revista provincial de aparición esporádica, con los resultados de sus análisis, y la misma nota fue despachada con la misma fecha al *American Journal of Science*, cuyo editor, el Profesor Silliman, agregó la nota a la última página del volumen 38 de su revista como un favor a Hayes.

Antes que salieran estas dos publicaciones, Hayes se dio cuenta de la importancia de su primicia en la descripción de un nuevo mineral con contenido de yodo, o tuvo noticias del interés francés en el yodo de Tarapacá, por lo cual escribió otra memoria, más extensa, fechada 18 de marzo, 1840, para que

---

<sup>11</sup> El Dr Francis Home, *Principles of Agriculture and Vegetation*, Edinburgh, 1756, p. 89) declara: "It appears that saltpetre, in the proportion of one ounce to 6 lb of earth, rather retarded than promoted vegetation. This indeed surprised me as I generally believed nitre to be of a very fruitful nature; nay, the very cause of fertility. It does not seem to have been employed in too great a quantity neither. Its great reputation for fertility would make one cautious in doubting that effect, without a sufficient number of experiments to support that opinion.

Archibald Cochrane, Earl of Dundonald, padre de Lord Cochrane, repite la idea sobre la utilidad del nitró en la agricultura, en *A treatise shewing the intimate connection that subsists between Agriculture and Chemistry*, Nueva Edición, Londres, 1803 (la primera edición se publicó en 1797). Sir Humphry Davy incluyó estos conceptos en sus clases semanales al Royal Institute entre 1804 y 1810, recopiladas y publicadas en 1813.

lo leyera el Dr. M. Gay en la próxima reunión de la American Society. Este trabajo, publicado en el número siguiente de la revista de Silliman, contiene el primer análisis detallado del caliche, incluyendo su contenido preciso de yodo (sales 0,63%). El trabajo de Hayes también tiene la primera descripción detallada del proceso empleado para extraer y refinar salitre de los caliches en Tarapacá, obviamente sobre la base exclusiva de las observaciones de Blake.

Casi simultáneamente, científicos en Francia habían notado que el ácido nítrico fabricado con salitre sódico importado de Tarapacá era considerablemente más corrosivo que el nacional francés. En consecuencia, se estudió el problema, y Lambert (1842) en 1841 detectó la existencia de yodo en los ácidos, llegando a la conclusión que provenía del salitre, y que tenía que existir en el mineral. Confirmó esta teoría cuando obtuvo muestras de caliche.

#### 7. EL MERCADO MUNDIAL DEL YODO: 1841-1883

Nuestro conocimiento del mercado mundial del yodo en la primera mitad del siglo pasado es escueto. Los archivos Gibbs contienen un informe (MS 11118A) escrito en Londres en 1884 por J.I. Smail, que detalla el mercado mundial del yodo para el período 1841 a 1883. Los datos europeos fueron suministrados por Leisler Bock y Cía., instalados en la década del cuarenta en Glasgow, quienes habían actuado como agentes generales de los productores escoceses en el mercado continental de Europa, y que continuaron después de 1880 como el brazo distribuidor de las combinaciones de productores formada por Gibbs, que funcionó por cerca de otro siglo. Los datos hasta 1883 se muestran en el Cuadro 4.

Stanford (1862) estima que en 1860 los franceses estaban procesando 25,000 toneladas métricas anuales de ceniza de algas, y los escoceses 10,430 toneladas, con un rendimiento en el caso de estas últimas, de algo más de 5 libras de yodo por tonelada de varec. Para las "siete usinas francesas" más grandes detalla una producción de 60,000 kg de yodo como yoduro de potasio, y 2,500 kg de bromo, es decir, un contenido equivalente a más o menos 55,000 kg de yodo. Luego, en base a un rendimiento de 5 lb/tonelada, las 10,430 toneladas de kelp rendían a Gran Bretaña 23,700 kg de yodo. La suma es algo superior a las cantidades informadas por Smail para el total de yodo embarcado por Francia y Escocia en 1860 (67,122 kg). Según cifras publicadas por Lyday (1986), en 1841, la relación entre el tonelaje de yodo embarcado por Francia a la producción de Escocia era muy similar (14,000/6,000 kg). Otro historiador, Bernard (1939), estima la demanda francesa de yodo en 1838, entre 3,500 y 4,000 kg, y que ésta alcanzaba a 60,000 kg. en 1861.

## CUADRO 4

MERCADO MUNDIAL DEL YODO 1841-1883  
 Precio de fábrica de los productores, en peniques (d) por onza (oz)  
 (Archivo Gibbs)

Año	Total kg.	Precio d/oz.	Año	Total kg.	Precio d/oz.	S. Amer. kg.	Inglat. kg.	Francia kg.
1841	20,340	3,75	1860	67,122	6,35	0	22,385	45,500
1842	17,289	3,50	1861	93,564	5,25	0	46,782	46,782
1843	18,306	4,50	1862	90,513	4,25	0	45,257	45,257
1844	27,968	9,00	1863	119,498	3,75	0	68,648	50,850
1845	54,918	23,31	1864	102,463	6,25	0	56,698	45,765
1846	32,544	16	1865	118,481	5,75	0	67,631	50,850
1847	36,104	8,25	1866	80,852	7,50	0	45,257	35,595
1848	39,663	8,25	1867	77,801	9,00	0	42,206	35,595
1849	42,917	8,5	1868	83,140	9,50	5,594	41,951	35,595
1850	103,734	8	1869	85,937	9,75	4,577	45,765	35,595
1851	66,614	6,5	1870	109,734	9,25	0	79,224	30,510
1852	49,325	11,5	1871	138,719	12,00	0	108,209	30,510
1853	58,986	11,5	1872	68,241	20,00	0	37,731	30,510
1854	42,714	9	1873	167,144	12,00	10,170	95,954	61,020
1855	42,714	10	1874	114,667	9,00	17,798	66,359	30,510
1856	42,714	10,25	1875	88,326	6,50	15,408	47,494	25,425
1857	78,309	9,25	1876	116,396	5,50	43,680	47,291	25,425
1858	73,733	7,82	1877	100,937	8,50	54,664	25,425	20,849
1859	74,241	7,25	1878	157,788	10,159	58,986	68,292	30,510

Año	Total kg.	Precio d/oz.	S. Amer. kg.	Inglat. kg.	Francia kg.	Noruega kg.
1879	127,684	12,425	49,172	42,917	30,510	5,085
1880	237,114	7,429	117,616	80,343	35,595	3,560
1881	238,029	5,778	159,211	50,850	22,883	5,085
1882	288,625	4,222	303,575	40,680	22,883	5,085
1883	196,383	3,76	293,455	35,595	20,340	5,085

## 8. LA EVOLUCIÓN DE LA TECNOLOGÍA DE EXTRACCIÓN: 1815 A 1860

El proceso que empleó el señor Courmeric en su fábrica, inaugurada en 1821, está descrito en términos muy generales en el texto clásico de Jean-Baptiste Dumas, escrito en 1840 y traducido al castellano en 1845. En Chile, Crosnier (1846) repetía las técnicas descritas por Dumas en sus clases en el Instituto Nacional.

La descripción más antigua de un proceso que estamos seguros fue empleado como proceso industrial, está en la patente francesa emitida el 22 de mayo de 1835 a M. Couturier (1846):

Primero – *Extracción del Yodo de la sosa de vareck*: Después que el agua madre de la sosa ha llegado a su máxima concentración se deja reposar en un tiesto para que deposite las sales foráneas por una lenta cristalización. Las aguas se decantan y la pequeña cantidad de carbonato que queda se neutraliza con ácido sulfúrico (verificando la cantidad con papel tornasol). Frecuentemente se encuentra que el agua madre contiene cantidades significativas de hipo-sulfitos que precipitan azufre, y cuya descomposición libera ácido sulfuroso; en cual caso se ajusta este exceso agregando pequeñas cantidades de ácido sulfúrico hasta que cesa la precipitación de azufre.

Una vez terminado este tratamiento el líquido clarificado se trasvasija a un tiesto grande donde puede agitarse de tiempo en tiempo. A este se le hace pasar lentamente *gas de cloro* directamente al fondo del tiesto, para no perder mucho cloro. Este reacciona con los yoduros en el agua madre, los satura y el yodo se separa. Primero aparece como una sustancia roja que enturbia el líquido, pero muy rápidamente forma floculaciones pardas que caen al fondo del tiesto. El término de la reacción se verifica con una pequeña muestra del líquido al cual se le agrega una solución concentrada de yodo, gota a gota. El producto se separa, se seca y se sublima en retortas.

Este proceso, descrito en 1835, es casi igual al que se emplea hoy en Japón y Estados Unidos para recuperar yodo de las salmueras petrolíferas. El proceso fue galardonado con la medalla de plata entregada a Couturier en 1846 por la Sociedad de Incentivo a la Industria de París. El empleo de cloro para liberar yodo, descrito por Muspratt, se conoce también como el proceso Barruel.

Muspratt (1860), escribiendo en 1858, resume los principales procesos para la industria del yodo. Dice que el proceso de ácido sulfúrico se empleaba en Escocia:

no importa cuál método se emplee para separar las aguas madres de sus sales, siempre queda en solución yoduros y bromuros alcalinos, sulfuro de sodio, hiposulfito de sodio, y grandes cantidades de cloruros... Para recuperar el yodo los productores escoceses le agregan un séptimo de su volumen de ácido sulfúrico concentrado (de gravedad 1.845), y después de agitar el conjunto, se deja reposar por 36 a 48 horas. Durante este período desaparecen los compuestos sulfurados que se convierten en sulfatos, se desprende ácido sulfuroso, y se precipita azufre.

Luego se pone el líquido restante en una retorta y se calienta hasta 140°F. Al llegar a esta temperatura, se le agrega bióxido de manganeso, y se expelle el yodo, manteniendo la mezcla al punto de ebullición.

Muspratt describe el proceso de precipitación de yoduro de cobre atribuyéndolo a Souberain, sin cita. Señala que el residuo que queda en la retorta después del tratamiento con ácido sulfúrico aún contiene yodo, que puede recuperarse agregando sulfato de cobre, filtrando el precipitado, y tratando nuevamente el líquido que queda con limaduras de fierro y más sulfato de cobre. Estos pasos se repiten hasta que la solución pierda el olor característico del yodo.

El proceso Souberain de precipitación con cobre es el que Gamboni declara haber patentado en 1866 (Arrieta, 1887), fue empleado por Gildemeister en 1872 y por la Cía. de Salitres de Antofagasta en 1883. Por otro lado (Gibbs MS 11472), sabemos que el proceso empleado en 1866 en La Noria se basó en la cortadura de yodo con ácido sulfuroso o con bisulfito de soda.

Muspratt describe otro proceso que es interesante porque ha sido empleado en los Estados Unidos y Rusia para recuperar yodo de salmueras. Es el proceso con carbón activado, que Muspratt declara que fue propuesto por el Profesor Bechi para recuperar yodo de soluciones débiles provenientes de aguas termales. El proceso consiste en acidificar las aguas con ácido sulfúrico o nítrico y pasarlas por un filtro de carbón activado donde se atrapan las partículas de yodo.

Jacquelain (1855) documenta la razón del interés de los franceses por el yodo contenido en los caliches de Tarapacá. Estaba defendiéndose de una acusación de plagio hecha por Barruel, quien había sacado una patente sobre la recuperación de yodo de aguas madres del salitre en conjunto con Louis Fauré el 15 de diciembre de 1852. Jacquelain indica que el proceso de Barruel y Fauré no tuvo éxito comercial, y agrega que, en diciembre 1853, M. Seigneuret, un industrial químico, le trajo muestras de aguas madres producto de caliches importados a Francia, diciendo que no había podido eliminar el yodo de estas soluciones, y que había pedido ayuda a Fauré para solucionar este problema. Y continúa:

Impactado por la riqueza de las aguas madres entregadas por M. Seigneuret, a pesar de que el salitre crudo sólo mostraba trazas de yodo, llegué a la conclusión que habría interés en traer desde Chile (sic) las rocas de nitrato de sodio crudo, convencido que purificar este mineral en Europa se pagaría fácilmente con el valor del yodo recuperado. M. Fauré, comerciante en fármacos, encargó este salitre natural, y como durante mi investigación llegó a mano una pequeña cantidad desde Chile, estuve encantado en encontrar 1,75% de yodo en este producto

bruto. Este fue el origen de mi proceso de la recuperación del yodo contenido en el nitrato de soda bruto de Chile (un mineral completamente desconocido en el comercio). El proceso patentado en Francia (No. 18587) a nombre de MM. Jacquelain y Fauré, se base en la aplicación de técnicas químicas conocidas.

Fauré solicitó una patente en Inglaterra para el proceso Jacquelain el 14 de febrero de 1854. La Patente Británica N° 355 fue expedida el 11 de julio de 1854, con el título *Mejoras en el proceso de fabricación de Yodo*. El texto da una descripción muy clara de su método, e indudablemente fue conocido por Gamboni. Siendo que éste fue el proceso que finalmente llegó a ser generalmente aceptado en Tarapacá, vale la pena describirlo *in extenso*:

Yo empleo el siguiente procedimiento con el nitrato de soda bruto y las aguas madres provenientes, para la extracción del yodo contenido en el estado de ácido yódico combinado con soda, cal y otras bases.

Tomo aproximadamente un litro del agua madre del nitrato de soda que tiene una potencia de 36 o 37 grados en el aerometro de Baumé; le agrego una pequeña cantidad de ácido sulfuroso disuelto en agua, empleando un tubo de ensayo graduado, agitándolo continuamente hasta que el precipitado de yodo se separa del líquido. Cuando el líquido, que tiene un leve tinte, pierde inmediatamente su color, y no da señas de más precipitado de yodo al agregar otra gota del ácido sulfuroso, se anota la cantidad de ácido sulfuroso empleado. Esta prueba debe repetirse con una muestra de unos 10 litros, y si los dos resultados corresponden, se pueden tratar 500 a mil litros con confianza, empleando la cantidad apropiada de ácido sulfuroso.

El recipiente empleado debe ser circular y fabricado de ladrillos impermeables, bien sellado y luego forrado en cemento hidráulico. El diámetro superior debe ser considerablemente más chico que el inferior, y el recipiente debe estar herméticamente sellado con una tapa de madera bien ajustada y forrada por dentro con un paño de vidrio. El líquido en este recipiente se agita con un eje vertical equipado con aspas inclinadas fabricadas de piedra, y distribuidas para generar una fuerte agitación al líquido cuando se agrega el ácido sulfuroso.

Cuando las burbujas de gas que mantienen en la superficie las partículas de yodo se han disipado, dejo descansar el licor. Luego saco el líquido superior con un sifón de piedra química y lo concentro para recuperar el nitrato y sulfato de soda, y los cloruros de sodio y potasio.

El precipitado de yodo se pasa a una fuente de piedra con fondo filtrante, constituido por capas sucesivas de cuarzo finamente molido y tamizado para tener las capas, yendo de grueso al más fino de arriba para abajo. Una vez que se ha

escurrido el líquido del yodo, lo saco con cuidado y traspaso a un cajón fabricado de yeso, cerrado por una tapa que corre en un surco. Esta tapa debe ser lo suficientemente gruesa (pero porosa) para permitir que absorba toda el agua. Cuando está bien seco el yodo se traspasa a retortas de piedra donde se cristaliza por sublimación.

Los químicos alemanes también estaban muy interesados en las oportunidades para producir yodo en Tarapacá. Ya en 1852/3 H. Grüneberg (1853) había analizado aguas madres de salitre, y descubierto que el yodo estaba en solución como yoduro de magnesio, mientras que Reichard (1858) encontró que las aguas madres que él analizó contenían 4,44 gramos por litro de yodo. Krafft analizó diversas muestras de caliche y determinó un contenido promedio de yodo de 0.059%, cercano a los valores que se obtienen con caliches modernos.

Como puede verse, tanto los químicos europeos —franceses, alemanes e ingleses— como también los norteamericanos estaban bien enterados de que los caliches de Tarapacá y las aguas madres de las paradas eran ricos en yodo. Sabían que el método más efectivo para desplazar los yoduros contenidos en las soluciones provenientes de algas marinas era con ácido sulfúrico o con cloro, y que el yodo de Iquique era diferente, puesto que se hallaba en la forma de yodatos, para cuales el reactivo más efectivo era el ácido sulfuroso. Sabían también que, en todo caso, el yodo en bruto debía ser purificado por sublimación en retortas.

## 9. GAMBONI Y LA PRODUCCIÓN DE YODO EN IQUIQUE

En la década del cincuenta no hubo producción significativa de yodo en Tarapacá.<sup>12</sup> La primera noticia criolla sobre la existencia del yodo en los caliches fue de Francisco Puelma (1855), quien, en su memoria para obtener su título de ingeniero en la Universidad de Chile, describe la geografía y geología de Tarapacá, los minerales y el proceso de extracción de salitre, tras un viaje de exploración a ese distrito. Dice:

---

<sup>12</sup> Belisario Díaz Ossa (1914) declara que Francisco Puelma con Enrique Jecquier "en 1852 iniciaron los primeros ensayos para extraer el yodo de las aguas madres: debido al poco consumo de yodo i el imperfecto método usado, la extracción fue paralizada ese mismo año". No cita el origen de esta información, pero en su artículo de 1929 en la revista *Caliche* repite la fecha indicando que el experimento se llevó a cabo en Antofagasta, por lo cual la fecha no puede haber sido antes de 1867 u 8.

Cuatro son las variedades de salitre bruto: 1° el blanco, cuya contextura es casi semejante al mármol; rara vez este caliche es puro, pues siempre le acompaña la sal común; tiene el inconveniente de ser difícil su disolución: 2° caliche blanco poroso; su contextura es semejante a la de azúcar molida; se disuelve con mucha facilidad, pero tiene el inconveniente de perderse casi todo en el momento de explotación, i además su cocimiento ofrece mucha dificultad para aclararse, pues no deja precipitar la parte terrosa sino al cabo de un largo rato, lo que orijina una pérdida de salitre que queda en el depósito mezclado con tierra: 3° caliche achancacado, su color es semejante al de la azúcar prieta i su contextura es un término medio entre los anteriores; este caliche que es el más común, es reputado también como el más cómodo para beneficiar: 4° caliche canario, color amarillo i muy hermoso i contextura igual al caliche blanco macizo; es el más raro de todos; espuesto al sol pierde su color al cabo de algún tiempo i se vuelve blanco. Las dos últimas especies contienen iodo en gran cantidad.

Por su parte, Bollaert entrega la siguiente descripción en el *Geographical Society Journal* (1851), la que, sabemos, está basada en una carta de George Smith escrita en 1850:

"Hay varios tipos de caliche, los siguientes son los principales:

1. Blanco compacto, contiene 64 por ciento.
2. Amarillo, causado por sales de yodo, 70%.
3. Gris compacto, tiene algo de fierro y trazas de yodo, 46%.
4. Gris cristalino, el más abundante, contiene desde 20 a 85%, con trazas de yodo, y 1 a 8 por ciento tierra.
5. Blanco cristalino - parece salitre refinado".

Comparando Puelma y Bollaert podemos especular que Puelma obtuvo su descripción de los caliches directa o indirectamente de don Jorge Smith. Ambos trabajos fueron publicados antes de 1856, fecha que Pedro Gamboni Vera dice haber descubierto que las aguas madres de las Paradas contenían yodo. Esta declaración de Gamboni, respaldada por Billinghamurst, ha sido aceptada por la mayoría de los historiadores chilenos.

El mito Gamboni se basa casi exclusivamente en una carta de Guillermo Billinghamurst escrita en 1885, a expreso pedido de Gamboni, como testigo en un pleito sobre vulneración de patentes de Gamboni, entablado en contra de la firma alemana Fölsch y Martin (Agustín Arrieta, 1887).

Iquique, 5 de marzo de 1885

Señor don Pedro Gamboni

Mui señor mío:

"Correspondiente a la favorecida de V. fecha de ayer, me es grato hacer la esposición siguiente:"

"La presencia del iodo en las aguas madres del salitre fue descubierta por V. en el año 1856. El químico Mr. Girdwood que trabajaba en el establecimiento de don Jorge Smith, en La Noria, hacía tiempo que procuraba cerciorarse de este hecho; pero no fue tan feliz como V."

"Por decreto de 26 de junio de 1866, es decir después de diez años de perseverantes estudios de parte de V., el Gobierno Peruano le concedió privilegio exclusivo para la extracción del iodo por el término de diez años y según el procedimiento adoptado por V."

"Por decreto supremo de 23 de junio de 1870 resolvió el Gobierno lo siguiente, respecto del privilegio de que V. estaba premunido:

"1° La producción de iodo en la provincia de Tarapacá es completamente libre; 2° Los productores de este artículo abonarán a don Pedro Gamboni, actual privilegiado, y por el tiempo que falta para la espiración de su patente, el derecho de 15 centavos por libra; 3° La venta de este artículo en los mercados extranjeros la hará una sola casa comisionada al efecto por el Gobierno con arreglo al Código de Comercio y con el premio que se le señalará; 4° La casa esportadora, abonará, por ahora, en la Aduana respectiva un derecho de 15 centavos por libra, que lo cargará a los productores quedando la esportación bajo la más estricta vijilancia del Fisco y del "privilegiado."

Los motivos que tuvo el Gobierno para dictar el decreto que precede están consignados en la memoria de Hacienda de 1870, y son los siguientes:

"El Gobierno dictatorial de 1866 premunió al industrial don Pedro Gamboni con una patente para la producción exclusiva de este artículo en Tarapacá por el período de diez años. A favor de ella Gamboni se entregó afanosamente a su industria, llegando a colocarse en condiciones de producir y esponder en los mercados extranjeros la "cantidad de 500,000 libras, término medio, al precio de un sol sesenta centavos cada una, con una utilidad libre de 400,000 soles: o sea un ciento por ciento del costo de producción."

"Un provecho de esta especie no podía menos que despertar el más vivo interés de parte de los demás industriales del lugar, que se veían privados de sus beneficios, en fuerza del privilegio concedido a Gamboni; y elevaron sus reclamaciones al Gobierno para que levantase aquel obstáculo, declarando libre la industria. La remunerada espropiación de los derechos de Gamboni era el único medio acertado, lejítimo y compatible con la apetecida libertad de aquella industria; y se ha realizado en las más favorables condiciones, por medio de un beneficio de 15

centavos por libra, concedido al patentado en la esportación del iodo, por el tiempo que falta para la espiración de su patente."

El decreto de 23 de junio de 1870 dejó a los salitreros en la más amplia libertad para elaborar y esportar iodo, por cualquier procedimiento. Sin embargo, tres años pasaron sin que se esportase de Tarapacá ni una sola libra de este artículo. La creencia en esta provincia fue de que los salitreros que habían reclamado al Gobierno para que se dejase elaborar iodo por otro procedimiento que no fuera el de V., no sólo no tenían ningún procedimiento nuevo, sino que aun ignoraban el procedimiento patentado en 1866.

En julio de 1877 comenzaron, sin embargo, a producir iodo, apelando según se dijo entonces al sistema adoptado por V. En julio se esportó 89 quintales 42 libras españolas; en agosto 41 qq 89 lb; en octubre 49 qq 8 lb; en noviembre 21 qq 54 lb y en diciembre 99 qq 15 lb.

Por resolución suprema de 29 de mayo de 1873 el Gobierno concedió a V. un nuevo privilegio por el término de cinco años, para la extracción de iodo. El procedimiento que mereció esta patente fue distinto de la patente anterior. El agente con que se propuso V. extraer el iodo de las aguas madres desde 1873 era el sulfito de soda que le dio mejores resultados que el reactivo anteriormente empleado. Al tramitar ante el Gobierno la solicitud para obtener su nueva patente, recuerdo que los señores J. Gildemeister y Ca. se presentaron oponiéndose a la nueva concesión, y manifestando que ellos poseían un nuevo invento; pero no pudieron justificar este acerto. No se tomó en consideración, tampoco, la oposición que hicieron los señores Gibbs y Hainsworth a quienes se les dejó en pleno goce del sistema que ellos adoptaron y que no fuera el de V. El privilegio de 1873 terminó en el año 1878. Hasta esta fecha el procedimiento adoptado por la jeneralidad denominado, también, LICOR. La máquina "Limeña" de Gibbs y Ca, según entiendo, es una de las pocas oficinas que no empleaban aquel reactivo.

El Gobierno del Perú amparó a estos productores, por decreto de 6 de marzo de 1874, en el procedimiento que tenían adoptado y que difería del empleado en las demás oficinas. Si las demás oficinas productoras de iodo hubiesen empleado un procedimiento distinto del referido de sulfito de soda, habrían obtenido igual amparo.

Creo que la esposición que precede bastará para el objeto que V. se haya propuesto al dirigirme su carta que contesto. Sin embargo, V. sabe que, ahora como siempre, tendré mucho gusto en poner a su disposición mi pequeño archivo para el esclarecimiento de cualquier punto que yo haya omitido."

*Guillermo E. Billinghamurst*

El dato más inverosímil que da Billinghamurst es que Gamboni vendió 500,000 libras al año (227,000 kg) en la década del sesenta, amparado por la

patente de 1866. Por Smail (Cuadro 4) vemos que el consumo total del mundo hasta 1870 no alcanzaba a la tercera parte de esta cifra, y que los embarques desde Iquique fueron minúsculos (10,171 kg). Los únicos datos coincidentes entre Smail y Billinghamurst son la falta de embarques de yodo en los años 1870, 1871 y 1872.

En vista que el pleito reclamaba una compensación pecuniaria para Gamboni, la inexactitud del testigo sobre los montos de producción impugna el resto de su testimonio. Si los datos de Kaempffer (1914) son correctos y Billinghamurst nació recién en 1851, su testimonio sobre el descubrimiento del yodo en las Paradas en 1856 no tiene validez, y con 15 años de edad, no es testigo confiable de la producción industrial de yodo diez años más tarde en la Nueva Noria. Hay otros antecedentes que ponen en duda la imparcialidad de sus publicaciones sobre la industria salitrera: por ejemplo, O'Brien (1982) impugna la veracidad del cuadro pintado por Billinghamurst en su monografía *Los Capitales Salitreros de Tarapacá* sobre la distribución de la propiedad salitrera, estimando las cifras incompletas y destinadas a respaldar su tesis política.<sup>13</sup>

La capacidad técnica de don Pedro Gamboni está evaluada en una carta contemporánea, de carácter privado, enviada en 1878 por el señor Read, Administrador General de las Oficinas de la empresa Gibbs a su superior, el señor Miller, sobre el tema del yodo en Tarapacá. La citamos extensamente por ser un interesante resumen de la primera década de la producción de yodo, y por dar detalles de los procesos empleados por otros pioneros del yodo en Iquique:

Gibbs, Guildhall Library MS.11,472 Read a Miller.

Oficina Limeña, 18 de octubre de 1878

Respecto al problema del yodo: yo nunca vi el proceso Gamboni operando, ya que el arreglo con ese señor había caducado cuando yo llegué, pero sé de que se trata y por qué fracasó. El reactivo empleado por Gamboni fue ácido sulfuroso, que obtenía quemando azufre y pasando los humos sobre el agua madre a tratar, y por dentro del líquido si fuere posible, pero su esquema no funcionó: (1) porque su equipo era tan incompleto que perdía más de la mitad de su ácido sulfuroso; (2) porque no podía controlar la cantidad de ácido sulfuroso que pasaba por el agua madre: si la dosis era insuficiente, una gran cantidad de yodo quedaba en

---

<sup>13</sup> Una carta en el Archivo Gibbs (MS11471/36) fechada junio 1889 dice: "Mr Billinghamurst is a gentleman where evidence in aught affecting Primitiva can hardly be taken as disinterested", sugiriendo una reputación muy ambigua sobre su veracidad.

solución; si la dosis era excesiva, el yodo (soluble en exceso, como se dice) se tornaba en ácido yodhídrico y se perdía por completo; (3) siendo que el agua madre no era tan concentrada como ahora, la cantidad de líquido que debía tratar era muy grande; (4) porqué el  $\text{SO}_2$  tornaba el agua feble ácida, al devolverla a la máquina ésta se dañaba; (5) por los defectos del proceso, el yodo crudo que obtenía era de muy baja ley, digamos 60%, y este producto de mala calidad tenía que cargar los mismos costos que uno puro como se hace hoy, ya que se obtenía un precio bajo en Europa ya que el comprador debía purificarlo otra vez antes de poder utilizarlo.

Chalmers y Walker trataron de mejorar este proceso afinando el aparato empleado en recoger los humos de azufre, y en vez de pasar el gas directamente al líquido, pasaron el ácido sulfuroso por una solución de ceniza de soda, obteniendo así una solución de sulfito de soda. Habiendo logrado esta solución y sabiendo exactamente, por análisis, cuanto yodo había en el agua vieja, y la concentración del sulfito de soda, podían regular precisamente la cantidad que se debía agregar sin correr el riesgo de tener muy poco, consecuentemente dejando yodo en solución, o demasiado sulfito, que transformaría el yodo en ácido yodhídrico. Además concentraron su agua vieja, así trataban menor volumen, y, o descartaban la solución tratada, o si la devolvían a la máquina, neutralizaban el ácido agregando un álcali como ser carbonato de soda. Filtrando y luego sublimando obtenían el producto puro a costo mínimo.

Como verá nuestros técnicos superaron las dificultades que tuvo Gamboni, quien no fue lo suficientemente competente ni práctico para resolverlas.

Debo indicar que antes que Gamboni abandonara la fabricación de yodo en La Noria, pasó el ácido sulfuroso por agua obteniendo una solución débil de ácido sulfuroso.<sup>14</sup> Con esta variante él tuvo la intención de poder controlar su mezcla de ácido sulfuroso en el agua vieja, pero como no empleó soluciones concentradas la cantidad de agua vieja débil devuelta a la máquina fue enorme.

El procedimiento de Guyard era diferente de los otros al emplear como reactivo el producto que se obtiene quemando una mezcla de azufre y carbonato de soda; esto resulta en una solución de hiposulfito de soda, que difiere del sulfito sólo en tener un átomo más de azufre, pero el hiposulfito tiene la característica que genera calor al reaccionar con los yodatos, y Guyard quiso aprovechar el calor, que, adicionado a un fuego lento, puede sublimar el yodo de inmediato. Guyard tuvo éxito con su proceso, pero tuvimos problemas vendiendo el producto en Inglaterra; así nos vimos obligados a re-sublimar, lo que, del punto de vista de

---

<sup>14</sup> Hay la siguiente nota al margen: "Chalmers dice que antes que Gamboni probara esto trató de pasar el gas por tambores llenos con ceniza de soda en colpas, rociando todo al mismo tiempo con agua, pero no tuvo mejor éxito que sus esfuerzos por hacer una solución de ácido sulfuroso."

costos, resultó igual que el proceso de Chalmers. Tomando en cuenta que concentrando nuestros líquidos al nivel que lo hacemos causa una gran pérdida de yodo que queda en los salitres cristalizados, considerando que las explosiones que ocurren cuando reacciona el hiposulfito con los yodatos también causan pérdidas de yodo, y que, además, no ahorramos el gasto de la resublimación, que devolvemos soluciones débiles y hasta agua de pozo a la máquina, y finalmente porque podemos fabricar en casa el sulfito de soda más fácilmente que el hiposulfito, me inclino a pensar que, a la larga, el proceso del sulfito es más económico. Encontraré esta opinión en algunas de mis cartas escritas antes de mi viaje a Inglaterra, pero con la incertidumbre de la duración de nuestro contrato salitrero [con el gobierno del Perú], no creí conveniente hacer gastos de alteración a la planta.

Durante mi ausencia en Inglaterra, con gran paciencia y esmero, Smail detalló todo esto, y ha podido, con material de deshecho, construir un pequeño establecimiento, en el cual ha simplificado el proceso considerablemente e introducido importantes mejoras, en especial el empleo de un ventilador a vapor para introducir el humo del azufre en las soluciones de carbonato de soda, y así reducir pérdidas.

El proceso de Smail se ha puesto en práctica aquí desde mi vuelta, y es sin duda un éxito desde el punto de vista del rendimiento de yodo, los costos tendrán que verse, pero confío en que no serán mayores que el proceso antiguo. Este es el mismo proceso que le hemos dado a la Compañía de Antofagasta, y si tienen yodo en sus soluciones, debería dar los mismos resultados que aquí, si no es así hay que investigar la causa.

Ahora, si el proceso de Gamboni es el mismo que han instalado, Chalmers, Walker, Clark, Eck y Cía., Hermann, y Smail, y el nuestro mismo, es cuestionable. Gamboni empleó ácido sulfuroso, todos los otros emplean sulfito de soda, y nosotros hiposulfito de soda, pero el compuesto activo del sulfito y el hiposulfito de soda, que reacciona con el yodo, sin duda es el ácido sulfuroso que contienen.

La forma en que se aplica el ácido sulfuroso en los tres casos es diferente, el esquema y los equipos empleados son completamente diferentes a los que usó Gamboni, y son diferentes entre sí, y los resultados varían en función de la calidad del caliche de cada Oficina, y la eficacia de las diferentes plantas, pero de todos modos, el ácido sulfuroso es básico a todos ellos. El proceso nuestro es el que menos se parece al de Gamboni ya que emplea un reactivo con dos átomos de azufre, en vez de uno sólo que contiene el ácido sulfuroso y el sulfito de soda. Gamboni no descubrió que ácido sulfuroso libera yodo, sólo vio que el caliche contiene yodo, y empleó el ácido sulfuroso para liberarlo, y además sólo tiene una patente que ha caducado. Otros han empleado la misma información (que ácido sulfuroso libera yodo), y la han aplicado en una manera diferente y mucho mejor.

"Cuando caducó su privilegio Gamboni pidió nuevas patentes en Perú y en Boli-

via para amparar un método específico para fabricar yodo. ¿Cuál es ese método? yo no sé: puede ser el mismo antiguo modificado para parecerse al sistema de Chalmers, o uno completamente nuevo; si es el antiguo no puedo ver como la patente pueda ser válida, ya que Chalmers, Walker, y los otros han estado usando sus procesos antes que Gamboni obtuviera su patente; si es el proceso original suyo, nadie lo empleará y si es un proceso verdaderamente nuevo, nadie lo conoce y luego no puede estar vulnerándolo.

Creo haber cubierto todo en detalle, y espero que esto haya aclarado la posición de... [ilegible].

atte. J.R. Read

El número de patentes solicitadas por Pedro Gamboni es impresionante y, obviamente, fue incentivado por haber podido vivir por tres o cuatro años (1872 al 1877) de los 'royalties' sobre la elaboración de yodo, fruto del decreto peruano de 1870 que caducó su patente de 1866. Las patentes que obtuvo fueron:

Del Gobierno del Perú —el 26 junio 1866— el derecho exclusivo de producir yodo en Tarapacá por un plazo de 10 años empleando un procedimiento de su invención. En su testimonio en el pleito con Fölsch y Martin, Gamboni dice: "Entonces basé la explotación de este artículo en la afinidad que el iodato y ioduro tiene por la mayor parte de las bases metálicas ... como sulfato y nitrato de cobre.... Pero el uso de este sistema dio resultados poco favorables en su aplicación industrial". El 23 de octubre de 1870 el gobierno peruano canceló este derecho y dio libertad para producir yodo en su territorio, sujeto a un "royalty" de 15 centavos libra sobre el yodo embarcado. Esta cancelación de su patente coincidió con el abandono de la producción de yodo en La Nueva Noria en vista de la inoperancia del proceso Gamboni.

El 29 mayo 1873 recibió del gobierno peruano otra patente por 5 años para producir yodo por un nuevo proceso. Esta tuvo oposición de Gibbs (los sucesores de Jorge Smith) y de Gildemeister, que resultó en un decreto peruano, fechado 6 de marzo de 1874, reconociendo que los procesos de los opositores estaban exentos a la patente de Gamboni.

El 2 de octubre de 1873 Gamboni obtuvo una patente sobre el mismo proceso en Bolivia. Fue ratificada por otro decreto de ese país fechado el 19 de abril de 1876, y que Arce (1930) dice que contiene una descripción del proceso de cortadura con bisulfito.

El gobierno de Chile, el 28 de febrero de 1883, le concedió otra patente (número 537) sobre el empleo de sulfito de soda para la producción de yodo. En este caso, la memoria explicativa no se perdió, y Belisario Díaz Ossa (1914) que revisó el expediente, dice: "La patente Gamboni fue adquirida por la casa Gibbs y los salitreros de Tarapacá. He averiguado que las pequeñas modificaciones de detalle que patentó Gamboni, lo fueron después de conocer

perfectamente el procedimiento Puelma ya instalado en Antofagasta y que la Compañía de Salitres mantenía rigurosamente secreto”.

Su otro fracaso técnico fue su patente peruana de 1853 sobre el nuevo proceso de disolución con vapor. Muspratt (1860), escribiendo en 1859, nos da una descripción de este proceso de Gamboni y su fracaso:

El empleo de vapor en la purificación del salitre no ha tenido éxito. El aparato empleado para esto consiste en un tubo de fierro construido como un cono invertido, con ambos extremos abiertos.<sup>15</sup> Se llena con caliche y se introduce vapor abierto en el orificio inferior. La gran solubilidad del salitre en agua, y su higroscopía, ayuda a que se separe de la sal común; así una solución saturada de salitre sale del fondo del cono. Pero como tiene que emplearse colpas de caliche, todo el salitre en el interior de las colpas queda sin disolver, porque no le llega el vapor, luego gran parte del salitre queda en los ripios. Estas pérdidas son la razón por la que no se ha adoptado el proceso.

#### 10. JORGE SMITH, LA NORIA Y EL YODO EN LA INDUSTRIA DEL SALITRE

La Oficina La Noria fue comprada por Jorge Smith a Héctor Bacque y Santiago de Zavala en 1835, y ampliada en 1849, cuando se cambió el nombre a La Nueva Noria. En 1852, Smith se asoció con un español, José Sandes, como consta en la modificación de la escritura de Jorge Smith y Cía., en ese año (ver Bermúdez, 1966). En 1854, Milbourne Clark llegó de Inglaterra y entró como socio en la empresa (Gibbs MS11471/19).

En los archivos de Anthony Gibbs y Cía. (MS 11 471/1) hay dos cartas que dan algunos antecedentes sobre Smith:

Cuentas Anuales, Londres 8 de abril de 1859  
para los señores William Gibbs y Cía.  
Lima, Valparaíso, Arequipa y Tacna

*“George Smith & Co. Nos complace ver que este cliente ha resultado, aparentemente, tan bueno para Uds., y esperamos que así siga, pero para asegurar esto Uds. deben tener mucho cuidado de no sobrepasar los montos convenidos, y mantener todas las transacciones con ellos perfectamente en orden, porque cree-*

---

<sup>15</sup> M.B. Donald (1936) incluye una fotografía de este tipo de estanque en su monografía sobre la historia del salitre.

mos que Uds. deben estar al tanto de que el corresponsal anterior, Seymour Peacock & Co., tiene gran desconfianza en el señor Milbourne Clark, y hasta dice (por qué razón, no sabemos) que, si puede estafarlos, lo hará."

Londres, 29 de enero de 1864

"*George Smith & Co.* Vemos que Uds. avalúan esta deuda a 2 1/2%; pero considerando las negociaciones en curso con ellos podrían ponerle un descuento más alto...Creemos que esta firma es una de las empresas salitreras más antiguas en la costa, existiendo desde el tiempo del Capitán Robson. Frecuentemente han tenido problemas de caja, y muchas veces nos han estado debiendo fuertes sumas. ¿Qué cambio ha habido en sus negocios, y de qué se trata que hayan dado un auge tan grande en sus perspectivas para que puedan saldar sumas tan fuertes tan rápidamente; dos años en ojos optimistas del señor Smith? ¿Por qué, si su flujo de caja va ser tan fuerte, son tan tontos como para querer vender?"

El resultado de estas negociaciones fue que se formó en Tacna, Perú, la Cía. Salitrera de Tarapacá el 8 de noviembre de 1865, con un capital de £ 10,000. Las acciones se distribuyeron en la siguiente proporción: William Gibbs y Cía., 7/12; George Smith, 3/12, y el saldo Milbourne Clark.

El siguiente documento, escrito a principios de 1873 para la tasación de la Oficina Limeña, detalla el equipo existente y describe este nuevo proceso empleado en La Noria y sus ventajas:

Gibbs MS 11132

#### *La Máquina Principal*

"El sistema es enteramente nuevo i tiene contenido todas las ventajas de los sistemas que se conocen como de Máquina i de Paradas, a la que hai que agregar la muy particular ventaja sobre estos de que no sólo se aprovecha todo el calor que antes se perdía, gastando por consiguiente menos carbón, sino que se aprovecha también el agua dulce que se resaca, durante la operación principal".

"Una de las ventajas más notables del nuevo sistema es la de que en lugar de emplear Agua Vieja (Agua Madre) para disolver el caliche, botando por consiguiente el Ripio que contiene 18 a 25% de Salitre, se emplea Agua de Pozo, i se lava el ripio de tal manera que después de haber concluido la operación solamente queda en él como 3% de Salitre, pero queda un exceso de Agua Vieja, rica en Salitre i Iodo, i con el objeto de extraer dichas sustancias para (sic) la Agua Vieja a la caldera(?)".

CUADRO 5  
CONTABILIDAD DE OFICINA LA NORIA - 1868-1873

Año	1868	1869	1870	1871	1872	1873
Fecha informe	04.31.69	04.31.70	04.31.71	04.31.72	04.31.73	11.31.73
Meses/año	12	12	12	12	12	6
Salitre producido qq	205,487.74	197,725.22	220,561.66	301,023.73	300,148.69	74,782.69
Resumen de costos, soles/qq						
Caliche extraído			42.67	43.26	46.06	incl. Refin
Flete			8.50	9.64	9.65	idem
Molienda						
Refinación			48.23	36.15	47.38	97.87
Administración General			7.66	7.86	7.94	12.76
Extracción rípios			1.14	1.04	1.19	1.21
Salitre a puerto qq			163,820.68	349,690.89	347,910.01	114,450.33
Yodo a puerto qq						43.53
Caliche y rípio consumido			699,730.00	835,140.00	835,820.00	360,832.00
% nitrato contenido			31.5%	36%	36%	20.75%
Carbón consumido			30,776.82	37,553.33	42,159.71	15,624.14
Relación salitre/carbón			7.17	8.04	7.20	4.78
Salarios empleados			8,320.28	9,137.12	10,175.30	3,360.00
Gastos casa empleados			8,226.13	7,885.89	10,764.93	5,160.69
Agua dulce vendida, galones		7,229.25	10,162.79	10,212.75	6,942.25	
Ganancias Pulpería, soles <sup>16</sup>			5,624.99	8,563.50		
Pérdidas Pulpería, soles					2,518.51	8,043.23
De correspondencia						
Valor de yodo producido		1,364	25,738	45,593	18,566	nada
Libras calculadas		4,500	85,800	150,200	61,200	

### *Máquina de Evaporación*

"En donde por medio de una Máquina a Vapor especial, se evapora el Agua Vieja, hasta que tenga la misma densidad que el caldo formado en la primera operación. De dicho caldo se extrae el Salitre por el modo acostumbrado. El Agua Vieja que queda después de esta operación se pasa al departamento de Paradas a donde por segunda vez se evapora el líquido i se extrae todavía más de el Salitre que contenga".

<sup>16</sup> Es interesante que los costos misceláneos indican que antes de la Guerra del Pacífico las pulperías no ganaban o perdían en término medio; y algo que continuó hasta la gran crisis del año 1930, los sueldos de los empleados, y los "gastos casa empleados" (más tarde llamado 'el rancho del personal') que incluye alojamiento y comida era del mismo monto, lo que significaba que estos funcionarios podían ahorrar sus sueldos completos.

"El Agua Vieja que se forma de la segunda evaporación se encuentra en el estado preciso para la extracción del Iodo, i con este objeto se pasa el líquido al departamento para la elaboración del Iodo".

"Después de haber sacado el Iodo que contenga, se pasa el líquido otra vez a la máquina de Evaporación para con una tercera operación en ella, sacar todo el Salitre que aún contenga i el líquido que queda después de esto es muy denso, no contiene Salitre, sino todas las impurezas (sic) solubles que contenía el caliche".

Podemos cuantificar los detalles de este proceso en base a los formularios de producción de operaciones mensuales de la oficina La Limeña que se encuentran en el archivo Gibbs.<sup>17</sup> Estos indican que en 1872 todavía se estaba operando con una etapa de máquina y dos etapas de tratamiento por el proceso antiguo de las Paradas.

Hay pocos datos sobre las operaciones de La Noria anteriores a la compra de la empresa por Gibbs, y los que hay sólo son para los años posteriores a 1868 (Cuadro 5). Como se puede ver, la materia prima tratada fue una mezcla de caliche con ripio con una ley promedio de nitratos que fluctuó entre 31,5 y 36%, hasta la primera mitad del año 1873, cuando cayó a 20,75%. Los rípios antiguos contenían 25% de nitratos y los caliches 35 a 50% nitratos.

Este archivo curiosamente no tiene información cuantitativa sobre la producción de yodo, que comenzó en 1865. En los informes anuales de la casa Guillermo Gibbs & Cía., de Valparaíso, tenemos algunos valores en pesos del yodo embarcable que podemos emplear para estimar la producción empleando el proceso Gamboni. Si suponemos que el retorno al productor en esos años fue un promedio de 9 peniques por onza, La Noria debe haber producido más o menos 301.7 qq (13.879,2 kilogramos) de yodo en los cuatro años que se empleó el proceso Gamboni. Los datos de exportación de Gibbs indican que en el año 1868 se embarcaron desde Tarapacá a Europa 121 qq 61 lb de yodo, y en 1869, 99 qq 50 lb; nada en 1870, 71 y 72 (Cuadro 4). En 1872, La Noria tenía 86 qq en existencia sin embarcar, los que, agregados a los embarques por Iquique, nos da un total producido de 307 qq. Siendo que esta cifra es muy cercana a los 301.7 qq calculados, se puede suponer que no hubo otros productores de yodo en Tarapacá antes de 1870, y que es poco probable que Gamboni haya producido yodo en la Oficina Sebastopol, como informa Billinghamurst.

Después de la muerte de Jorge Smith en 1871, Gibbs compró las acciones de Jorge Smith y Cía., y de Mibourne Clark (quien quedó como Gerente); cambió el nombre de La Nueva Noria a Limeña, y recapitalizó la Tarapacá

<sup>17</sup> Cost of Nitrate produced at La Limeña - 1872 to 1879. Gibbs MS 11129.

Nitrate Company. Tenemos una descripción precisa de esta empresa porque Guillermo Gibbs y Cía. trató de interesar otros inversionistas con una oferta de acciones (MS 11 132):

Oferta de Venta de Acciones en la nueva Compañía de Salitres de Tarapacá  
Capital de la nueva Cía. £ 1,500,000;

Activos que tendra:

"La compañía tiene en la actualidad cinco establecimientos (además de terrenos en Arica y Pisagua) a saber:

- (1) uno central en Iquique con casa habitación, escritorios, bodegas, corrales, máquina (a vapor) de agua, etc.;
- (2) oficina salitrera de La Carolina, con todo el aparato requerido para hacer más de 1,000 qq de salitre diarios;
- (3) otro que existe en la caleta de Junín, que dista 4 leguas de La Carolina, con una máquina (a vapor) de agua y todo lo necesario para recibir, ensacar, embodegar, pesar y embarcar (de su muelle) todo el salitre que venga;
- (4) otro que es la oficina salitrera de La Noria, que dista de Iquique, por ferrocarril, cosa de 13 leguas, con todo el aparato y lo requerido para hacer 800 qq de salitre diario; y
- (5) otro pequeño en la caleta de Moelle....

La compañía tiene de calicheras (terrenos salitrales) 1,867 1/2 estacas, de los cuales se calcula una pequeña parte usada ya, y una inmensa cantidad de ripios que se propone elaborar en salitre; también se propone fabricar yodo, una substancia cuya venta deja buenas utilidades.

La cantidad de salitre que la compañía hace al año es, y ha sido entre 650.000 y 700.000 quintales ... las existencias de carbón etc...el 1º de mayo de 1872 [se estima] en £ 428.500 más o menos... y debía en dicha fecha a los señores Gmo. Gibbs y Cía. la suma de £ 472.800, más o menos...".

Este documento es importante porque, además de enumerar los activos de la empresa, indica que, al no valorizar la tecnología empleada en tres años de operación, se había desahuciado completamente el proceso Gamboni para la fabricación de yodo por ser inoperable.

En noviembre de 1873 el nombre de la oficina se cambió de Nueva Noria a Limeña. Debido a la urgencia de elaborar sustancias que cayeran fuera del estanco se reactivó la producción de yodo. Para obtener un proceso viable de producción de yodo se recurrió a Europa, y dentro de dos meses tuvieron en el terreno al químico francés, señor R. Guyard. Las cuentas del 30 de abril de 1873 incluyen un cargo de \$ 1,438.12 por el gasto de su viaje desde Londres. No demoraron en decidir que el proceso de Guyard era factible, ya que, a los

## CUADRO 6

CONTABILIDAD DE LA CÍA. DE SALITRE DE TARAPACÁ 1873-79  
OFICINA LIMEÑA

<i>Año contable</i>	1874	1875	1876	1877	1877	1878	1879
Fecha Informe	30,4	30,4	30,4	30,4	31,12	31,12	30,4
Meses/año	6	12	12	12	8	12	4
Salitre producido	76.657,62	166.235,78	582.887,07	781.968,44	385.693,11	635.836,16	111.606,28
Resumen de costos, soles por quintal:							
Caliche extraído	32,43	27,32	27,76	18,38	18,96	25,35	21,41
Flete	13,60	11,85	6,70	5,04	5,76	7,85	7,58
Molienda	6,20	6,10	4,35	2,54	2,64	3,01	3,23
Refinación	31,00	40,89	42,01	25,62	30,25	36,50	45,13
Administración							
General	16,44	14,36	2,32	8,80	-	10,83	10,44
Extracción rípios	1,49	1,48	0,92	0,62	0,60	0,84	0,92
Salitre a puerto qq	56.497,31	146.940,87	596.749,67	685.547,74	438.173,97	613.910,85	42.273,00
Yodo a puerto qq	110,02	286,00	795,25	758,43	592,14	430,87	570,51
Caliche y rípio consumido	282,098	611,010	1.744,619	2.145,312	112,220	2.059,692	377,190
% nitrato contenido	27,25	27,25	33,50	36,50	29,25	30,75	29,50
Carbón consumido	6.061,21	26.085,57	111.437,41	135.995,44	82.782,84	148.817,42	28.203,78
Relación salitre/carbón		6,37	5,23	5,75	4,65	4,27	4,48
Salarios	3.320,00	7.586,00	9.418,30	9.535,38	6.544,80	11.898,93	5.943,82
Gastos casa	7.156,99	13.300,92	10.931,70	13.898,69	9.297,76	14.647,00	11.401,75
Agua dulce vendida	1.297,97	6.872,74	7.451,22	9.228,77	5.348,84	11.364,22	3.416,89
Ganancias pulpería	1.788,46						913,24
Pérdidas pulpería		1.449,23		9.203,72	19.684,00	22.491,17	
Royalty pagado a Gamboni soles		4.425	12.425	4.251	nada	nada	nada
Impuesto de exportación, aduana		4.425	12.425	4.251	?	?	?
Corresponde a exportación de qq		295	828	283			
Yodo producido qq	108,02	310,00	763,25	916,92	447,56	725,75	265,73
Costos: Soles/qq de yodo							
Carbón	16,63	12,87	5,15	4,08	5,60	6,88	6,13
Soda cristales	38,31	31,65	22,23	17,71	17,48	18,90	10,14
Sal natron		0,32	0,57	1,47	1,63	2,54	8,93
Sueldos	16,50	14,74	11,98	5,46	6,95	11,20	12,37
Repuestos	1,94	5,46	5,81	6,32	8,47	10,52	12,08
Industr. Contr.	-	2,53	1,59	1,29	2,34	4,30	1,98
Químico, sueldo	11,07	5,81	1,18				

<i>Año contable</i>	1874	1875	1876	1877	1877	1878	1879				
<i>Inversión casa de yodo</i>											
Total	85,42	75,54	48,56	36,32	42,47	54,34	3,80 51,64				
qq de Yodo por 1000 qq de salitre	1,41	1,28	1,31	1,17	1,16	1,14	2,38				
<i>Stock yodo en el puerto</i>											
<i>Producción bruta mensual</i>											
<i>Año contable</i>	1874	1875	1876	1877	1877	1878	1879				
<i>Año calendario</i>											
Yodo crudo qq	1873	1874	1874	1875	1875	1876	1876	1877	1877	1878	1879
Enero		si		-		70,00		80,50		88,80	67,10
Febrero		si		-		43,70		56,00		82,60	79,26
Marzo		si		58,42		-		39,20		46,90	26,80
Abril		si		77,23		-		81,20		57,65	92,57
Mayo							101,30		20,30	102,30	
Junio			26,80				61,60		12,00	40,15	
Julio							10,50		60,76	59,60	
Agosto				75,25		90,90	52,90		86,57	37,80	
Septiembre				29,70		91,80	72,50		100,00	72,80	
Octubre				42,60		97,60	86,20		104,80	56,70	
Noviembre		si		-		-	60,90		26,20	80,30	
Diciembre		si		-		103,20	65,80		-	72,60	
									terremoto	sin producción	

Nota: La discrepancia entre la producción mensual de yodo y la contabilidad se debe a que la contabilidad decostosa se basa en yodo embarcado. No hubo producción de salitre y yodo en 1880.

tres meses, el 13 de agosto de 1873, aparece un cargo a capital por la enorme suma de £ 2,000 pagado por un contrato calificado como "traspaso de tecnología para la recuperación de yodo" (contabilidad de 1875). La producción de yodo comenzó en octubre, así que, partiendo en sus labores en marzo o abril, en 6 meses Guyard modificó la casa de yodo de La Noria e implantó con éxito su proceso. Este proceso fue diferente a todos los otros empleados en Perú, basándose en la reducción de yodatos con tiosulfito de sodio, que produce una reacción que emite tanto calor que casi hierven los caldos. Sabemos que en los meses de noviembre de 1873 a abril 1874 se produjeron 108 qq de yodo, pero no hemos encontrado el detalle mensual de esta producción. En el Cuadro 6 indicamos los costos de la producción de salitre y yodo para el resto del decenio, acompañado con la producción de salitre (anual) y la producción mensual de yodo.

La misma contabilidad muestra que se le pagó un royalty a Gamboni de 15 centavos de sol por libra de yodo embarcado en los años 1875, 76 y 77, y la misma suma fue depositada en la aduana como derechos de exportación. Recordemos que el decreto peruano de 1870 dice:

2° Los productores de este artículo abonarán a don Pedro Gamboni, actual privilegiado, y por el tiempo que falta para la espiración de su patente, el derecho de 15 centavos por libra;

3° La venta de este artículo en los mercados extranjeros la hará *una sola casa comisionada al efecto* por el Gobierno con arreglo al Código de Comercio y con el premio que se le señalará;

4° La casa esportadora, abonará, por ahora, en la Aduana respectiva un derecho de 15 centavos por libra, que lo cargará a los productores quedando la esportación bajo la más estricta vijilancia del Fisco y del privilegiado.

Estas últimas dos cláusulas tienen que haberle sido muy útiles a Gibbs cuando formó la primera Combinación de Productores de Yodo.

## 11. EL ESTANCO Y LA EXPROPIACIÓN PERUANA

El gobierno del Perú había dependido de su monopolio de las ventas del guano a tal punto que el 75 por ciento de las entradas fiscales provenían de ellas. En la década de los setenta el mercado del guano hizo crisis y ya en 1875 el Presidente Pardo estaba advirtiendo que la nación enfrentaba el caos social, político y económico si no se saneaba la economía. O'Brien (1982, p. 27), nos dice:

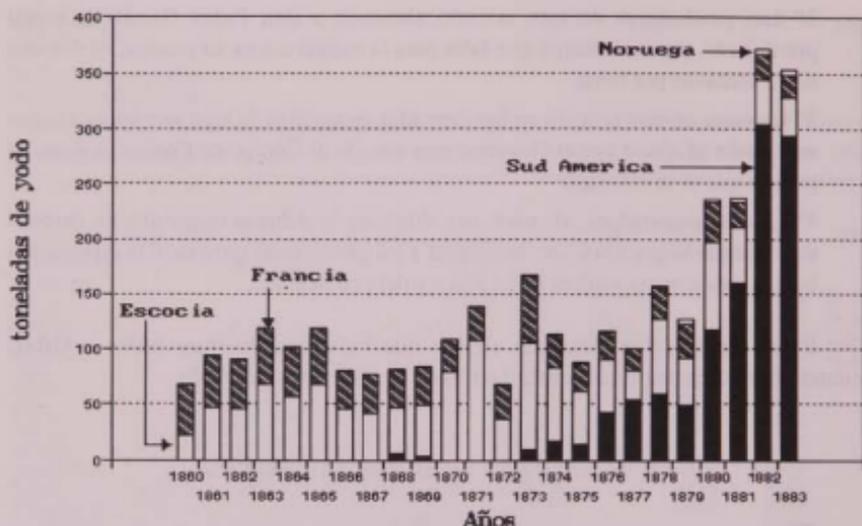
ya en 1875, las condiciones económicas internas exigían una expansión, mientras que las externas —es decir las mermas en el mercado del guano y la falta de créditos externos— imponían una contracción. Con la economía al borde del colapso, Perú volvió la cara hacia la provincia desdeñada [Tarapacá] para su salvación.

Las deudas del Perú crecieron desmesuradamente cuando el gobierno sucumbió a las tácticas de sus agentes de ventas, tales como Dreyfus (casa que obtuvo la consignación exclusiva del guano en 1869), quienes le adelantaron gruesas sumas al Fisco para amarrar sus contratos exclusivos de ventas. Las deudas del gobierno peruano aumentaron a tal punto que, de acuerdo a Bermúdez (1963), las entradas del Fisco en 1871 eran 8,5 millones de soles y

## CUADRO 7

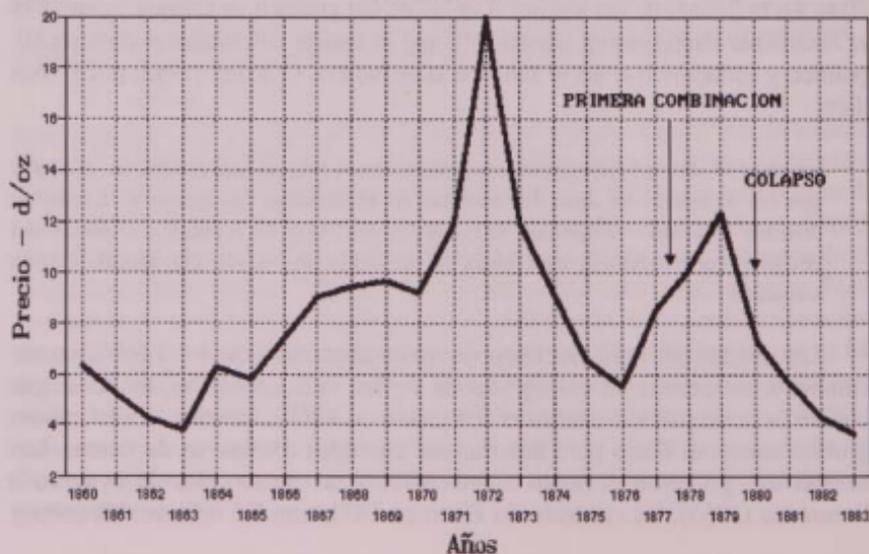
PENETRACIÓN DE SUDAMÉRICA EN EL MERCADO MUNDIAL DE YODO  
1860 A 1883

toneladas métricas



## PRECIO

Peniques por onza



los gastos ordinarios 17 millones. La única solución que quedaba fue expropiar a los salitreros.

Un vacío importante de la ley del estanco fue no incluir los subproductos en el monopolio de venta. Un resultado fue acelerar la producción de yodo. Otro fue incentivar la comercialización de salitre potásico y bórax. En el Cuadro 7 se muestra el efecto de la acelerada inversión en plantas de yodo en Tarapacá y de la Combinación, sobre el mercado del yodo. El salto en el precio de 1872 coincide con una enorme baja en entregas al mercado. Sin duda, la causa fue la guerra Franco-Prusiana. El efecto de la primera combinación fue el alza del precio en 1879, que se desvaneció con el colapso del acuerdo en 1880.

## 12. LOS PROCESOS SUDAMERICANOS PARA EXTRAER YODO

Para evaluar el impacto de Gamboni sobre la tecnología salitrera hemos citado el informe de 1878 de Enrique Read, quien da su opinión sobre Gamboni como técnico y hace un resumen de los procesos para recuperar yodo empleados en Tarapacá hasta esa fecha. En este informe vimos que en la Nueva Noria en 1866 se empleó el ácido sulfuroso, y Read no menciona el yoduro de cobre; en cambio Gamboni, en su pleito contra Fölsch y Martin, dice haber usado sulfato o nitrato de cobre para recuperar el yoduro. Estas dos declaraciones no son necesariamente contradictorias, ya que el *Anuario* de Wagner para 1869 es vago y sólo describe el proceso como el de Thiercelin. Por otros autores europeos sabemos que Thiercelin describe varios procesos en sus artículos, entre ellos el proceso inventado por Souberain, en que se emplea el bisulfito o ácido sulfuroso para convertir todo el yodo en yoduro y luego el yodo se convierte en yoduro de cobre reaccionándolo con una sal soluble de cobre. Read menciona la dificultad que tuvo Jorge Smith en vender su producto porque contenía sólo 60% de yodo; como esta ley es normal en yoduros de cobre, sugiere que Read no sabía exactamente qué proceso se empleó inicialmente en La Noria.

En las salitreras, los yodatos siempre se han tratado con algún compuesto de azufre para convertirlos a yoduros antes de extraer el yodo. El compuesto de azufre más sencillo así empleado es el gas formado quemando azufre; el humo que se produce es  $\text{SO}_2$ . Si este humo se pasa por agua, reacciona y forma ácido sulfuroso; si el agua contiene soda cáustica o ceniza de soda, la reacción produce bisulfito de soda en solución. Con la excepción del proceso de Guyard, todos los restante emplean el ácido sulfuroso o el bisulfito, mientras que en el de Guyard se usa el hiposulfito, producido al quemar azufre mezclado con cenizas de soda, que al disolverse en agua forma el hiposulfito de soda

(llamado en las salitreras sal cristal). Como Read señala en su informe, este producto es casi igual que el bisulfito, excepto que tiene un azufre más en su molécula.

Una carta de Antony Gibbs de Londres a Gildemeister en Alemania, fechada 29 de junio de 1874 (MS 11138), entrega algunos datos sobre la cantidad de yodo producido a principios de la década del setenta (Cuadro 8), y la identidad de los pioneros de esta industria en Iquique.

### CUADRO 8

LOS PRIMEROS PRODUCTORES DE YODO EN TARAPACÁ  
Según carta a Gildemeister 29 junio, 1874  
(en libras)

Dueño	Oficina	1871	1872	1873	1874 a mayo 31
Cía. Salitres Tarapacá	La Noria Limeña	644	no	4.533	6.700 lbs.
Massardo (proceso Cood)	Solferino		sí	?	?
Gildemeister	San Pedro			30.000 *	
J.D. Campbell	San Antonio			7.075	7.875 lbs.
Hainsworth y Cía.				800	?
Fölsch & Martin		-	-	-	8.858 lbs.

\* 20.000 lbs. de yodo contenido.

En la Nueva Noria, rebautizada Limeña, el proceso de Guyard funcionó bien, pero, como se ve en la contabilidad (Cuadro 6), con una recuperación menor que la del proceso de bisulfito, al cual cambiaron en 1879 (notar en el Cuadro 6, que la relación yodo recuperado por 1.000 qq de salitre saltó, ese año, de 1,14 a 2,34). En el proceso Guyard se creía tener la ventaja que la cortadura produce mucho calor, permitiendo recuperar el yodo directamente de las aguas madres como vapores. En la práctica el yodo se contaminaba con el borboteo de la solución, que obligó sublimarlo, igual que debe hacerse con el yodo producido con bisulfito.

A fines del año 1872, Gildemeister instaló el proceso de yoduro de cobre en su Oficina San Antonio, la más grande de las salitreras de esa empresa. De acuerdo al Dr. Langbein (1879), su director técnico, el proceso consistió en tratar las aguas madres con un exceso de bisulfito de soda hasta que todos los yodatos se conviertan en yoduros, y luego reaccionar éstos con una solución de sulfato de cobre para precipitar el yoduro como yoduro de cobre; compuesto que contiene entre 60 y 66% de yodo. De acuerdo a Herrmann (1903) la producción de yoduro de cobre en 1873 fue 15.000 kg con un contenido de

9,000 kg de yodo, y aumentó a 50,000 kg de yoduro en 1874. Estas cifras probablemente fueron tomadas del *Anuario* de Wagner de 1874.

Los productores que usaban bisulfito en 1873 eran: Massardo, con el proceso de Cood; Fölsch y Martin, con el proceso posiblemente ideado por Chalmers, y J.D. Campbell y Cía., cuyo químico era Walker, y socio administrador Hainsworth. Los detalles de este proceso, también conocido por el nombre 'proceso de precipitación', y una detallada comparación con el proceso Guyard, los tenemos en el siguiente informe de Smail, del cual citamos sólo los costos de operación y los capitales requeridos para Limeña:

J.J. Smail a Comber

Oficina Limeña

La Noria, 22 de marzo, 1878

### "YODO"

Estimado señor Comber,

Desde hace cierto tiempo, como Ud. sabe, he estado dedicado en algunos ratos libres, a elaborar un proceso para fabricar yodo por precipitación.

Por lo que me han dicho otros, he creído por mucho tiempo que el yodo podría producirse más económicamente empleando el proceso de precipitación, que por el de evaporación [Guyard], pero todos los que he encontrado y que conocían aquel proceso han sido reacios a explicármelo.

No hace muchos meses tuve acceso a la casa de yodo de la Oficina Esmeralda (construida y operada por el Sr. Baird, que más tarde se trasladó a "Soledad", y quien fue alumno del finado Sr. Walker, de "San Antonio"), y ahí vi la planta entera. Luego empecé a construir un modelo de lo que había visto, y mediando una larga serie de experimentos, ayudado por datos aislados, logré deducir el proceso completo usando un método que, dicho sea de paso, estimo un tanto superior al sistema de Baird...

Estoy seguro que el nuevo proceso es una gran mejora sobre el antiguo, y creo que si modificáramos nuestro sistema al nuevo, el costo de la planta se pagaría en un año, y que de ahí en adelante podríamos producir yodo a \$10 por quintal menos que nuestros costos actuales.

.....

### *Costo de la Planta*

El siguiente desglose dará a Ud. una idea aproximada del costo de construcción de la planta descrita:

Casa de Yodo de calamina	\$ 2.000.-
Tres estanques de salnatrón de fierro forjado	2.700.-
Estanque amalgamador ácido, madera forrada en plomo	1.400.-
Estanque depósito del ácido de fierro forjado	400.-
Tarima de precipitación de madera con el fondo cubierto con cemento Portland	100.-
Estanque de filtrado con filtros y portadores	300.-
Válvulas \$120 y cañerías para estanques \$100	220.-
Preparación del terreno y las tarimas	500.-
Horno de azufre y sus chimeneas	300.-
Noria para agua vieja	1.000.-
Bomba retorno del agua vieja a la máquina	500.-
Cañerías para lo anterior y otros	380.-
Prensa	200.-
Sublimadores	500.-
	<hr/>
	\$ 10.500.-
Agregue 10% por errores y omisiones	1.050.-
	<hr/>
	\$ 11.500.-

No he podido averiguar de la contabilidad exactamente cuanto costó originalmente nuestro establecimiento para yodo, pero no creo que podría construir uno semejante por menos de \$ 25.000.-

#### *Costo de Producción de Yodo*

Trabajando, como he estado yo, a muy pequeña escala, me es muy difícil hacer una estimación precisa del costo probable operando a escala industrial. La siguiente estimación creo que será mayor, y no menor que el valor real.

Para fabricar un galón de solución de sulfito de 30° Twaddle se necesita aproximadamente 0,8 libras de azufre @ 7 por qq	.00 <sup>06</sup>
Y 17 pintas de solución de salnatrón de 24° Twaddle que contiene más o menos 2 1/2 lbs de salnatrón a \$ 1.50 por qq	.03 <sup>75</sup>
	<hr/>
por galón	.0381

Para fabricar un qq de yodo sublimado, yo he empleado en la preparación 1.500 gals. de agua vieja, 98° Twaddle; con 250 gals. de solución de sulfito, que a 935/ gals

\$ 23.37

A esto debemos agregar:

Sueldos, 3 hombres por 12 horas = 6 por día a \$ 2 = \$ 12.-

para producir 6 qq 2.-

Mantenición, digamos \$ 2,000 por año haciendo 1500 qq 1.33

Vapor para el soplador. No lo puedo estimar, pero a la larga debe

hacerse con una bomba de aire, digamos 2.-

Refinación, digamos 2 qq de carbón - \$ 2, mano de obra un peón a

\$ 2 = 4 para hacer 6 qq 0.66

Varios 0.77

---

qq 30.-

El hiposulfito que empleamos en nuestro proceso nos cuesta alrededor de \$ 18 por qq de yodo, y creo que después de algunos ensayos el sulfito puede fabricarse por el mismo costo. El ítem en que más se ahorra en el proceso es el de *mantención*. En los últimos 3 años la mantención nos ha costado \$ 12 por cada quintal de yodo. En el proceso nuevo las reparaciones durante un año deberán ser de costo minúsculo.

Nosotros no podemos, con nuestro sistema, fabricar yodo por menos de \$ 40 por qq, y creo que podemos contar poder hacerlo a un costo de sólo \$ 30 por el nuevo proceso, es decir, ahorrando un 25%.

En conclusión sólo debo decirle que tengo un modelo de la planta entera, funcionando, y que gusto lo pondré a su disposición para su inspección, y para darle cualquier otra explicación sobre el tema.

Lo saluda atentamente, señor Comber,

J.J. Smail

Y en otra carta a Comber de 10 de abril de 1878, Smail agrega:

He descubierto hoy, por medio de mi capataz, que nuestro sistema es idéntico al del señor Chalmers, con la excepción que el estanque de ácido es más profundo y no tan largo, y recordará Ud. que indiqué en mi carta del 22 del mes pasado, que si había que ahorrar espacio el estanque podía fabricarse como indicado arriba.

Como vimos en el Cuadro 7, los embarques de yodo se mantuvieron en 15 tons/año en 1874 y 1875, subiendo a aproximadamente 50 toneladas al año por cuatro años (1876 al 79) hasta 1880, cuando aumentaron bruscamente para llegar a 300 toneladas en 1882 (más de 80% del consumo mundial). La situa-

ción de los productores durante los primeros 12 meses de la ocupación chilena de Tarapacá, cuando los embarques subieron en más del cien por ciento, no está bien documentada.

## CUADRO 9

### PRODUCTORES DE YODO EN EL QUINQUENIO 1875 A 1879

Empresa	Oficina	Kilogramos					Capacidad	
		1875	1876	1877	1878	1879	1880	
Tarapacá Nitrate Co.	Limeña	36.188	28.904	30.705	35.770	12.236	36.800	
Massardo (proceso Cood)	Solferino						11.000	
Gildemeister	San Pedro						18.400	
San Antonio Nitrate	San Antonio						4.600	
Fölsch y Martin	San Carlos						46.000	
	San José							
Clark, Eck y Cia.	Esmeralda						4.600	
Ugarte, Cevallos y Cia.	Salar						16.100	
Montero y Herrmann	Sacramento						11.000	
Elguera y Herrmann	San Pablo						4.600	
Agua Santa	Agua Santa							
Moscoso Melagarrejo	Peruana							
	Santa Adela						11.500	
Brookings	Porvenir						4.600	
Antofagasta								
Total							169.200	
Embarques (Smail)		15.373	43.582	54.541	58.854	49.062	117.352	

En el Cuadro 9 continuamos las estadísticas del Cuadro 6, para el período inmediatamente anterior a la guerra. Vemos que, entre 1875 y 1878, Gibbs fue de lejos el productor más grande de yodo, pero no tenemos datos sobre la producción de yoduro de Gildemeister, excepto las cartas de Smail a Comber (MS 11472/3) fechadas junio de 1874.

En Gibbs MS 11472/4 tenemos una serie de cartas e informes que resumen la situación en Tarapacá al comienzo de la guerra. De interés son las oficinas que sobrevivieron la expropiación, y que estaban en condiciones de producir salitre y yodo a fines de 1880. Como puede verse en el Cuadro 9, sólo tenemos datos de producción de Limeña. Comparando estos valores con los embarques globales parece que los nuevos productores —las oficinas Esmeralda, Salar, Sacramento, San Pablo, Peruana, Santa Adela y Porvenir— sólo entraron en producción inmediatamente antes de estallar la guerra.

La situación después de la ocupación por las fuerzas chilenas se puede apreciar en un listado adjunto a una carta del 29 de octubre de 1880, que indica

los montos pagados por las patentes para producir salitre y yodo (Cuadro 10). Como puede verse, el productor más grande de salitre y yodo fue la empresa alemana Fölsch y Martin, seguida por Gildemeister en salitre y Gibbs en yodo.

## CUADRO 10

## PATENTES PAGADAS A FINES DE 1880 PARA ELABORAR SALITRE Y YODO

<i>Elaboradores de Salitre Sistema de Máquinas</i>			<i>Elaboradores de Yodo</i>		
<i>Pat. Nº</i>	<i>Empresa</i>	<i>pesos</i>	<i>Pat. Nº</i>	<i>Empresa</i>	<i>pesos</i>
139	Fölsch y Martin	4.000	158	Fölsch y Martin	2.000
140	F. Gildemeister y Cía.	2.000			
141	Felix Massardo	1.200			
142	Ugarte, Cevallos y Cía.	1.000	160	Ugarte, Cevallos y Cía	400
143	Clark, Eck y Cía.	800			
144	A. Jacobson*	800	162	A. Jacobson	150
145	H.B. James y Cía.	800			
146	Eduardo Délano	800	163	Eduardo Délano	150
147	Otto Herrmann	400	161	Otto Herrmann	300
148	José Devescovi	400			
149	Cía de Salitre de Tarapacá	800	159	Cía. Sal. de Tarapacá	1.200
150	Delegación Fiscal	6.000			
<i>Sistema Paradis</i>					
151	San Fernando	80			
152	Santa Beatriz	80			
153	Santa Rosita	80			
154	Rosario	80			
155	Rincón	80			
156	San Lorenzo	80			
157	Paposo	80			

\* A. Jacobson sucesor de M. Moscoso Melgar

## 13. PRODUCCIÓN EN BOLIVIA, LA CÍA. DE SALITRES DE ANTOFAGASTA

Los primeros años de vida de la Compañía de Salitres y Ferro Carril de Antofagasta fueron sorprendentemente difíciles. La empresa partió el 19 de marzo de 1869, bajo el nombre de Milbourne Clark y Cía.,<sup>18</sup> cuyos socios fue-

<sup>18</sup> Hay confusión acerca de si Milbourne Clark es una persona o una sociedad. Kaempffer, por ejemplo, indica que Eduardo Clark era el socio, mientras que en la citada carta de gerencia de Gibbs de 8 de abril de 1859 se habla del señor Milbourne Clark. Siguiendo a Billingham, casi todos los autores lo escriben incorrectamente "Melboume", Melbourne es raro como nombre de pila, pero Melbourne como apellido es conocido en Inglaterra, y escrito "Milbourne" en Norte América. Una carta de Gibbs de 8 de mayo de 1884 (MS11471/19) habla de un señor Clark socio de Jorge Smith y Cía. en 1854. ¿Será Eduardo?

ron: William Gibbs y Cía., con 94 de 300 acciones, José Santos Ossa (90 acciones), Francisco Puelma (50), Agustín Edwards (30), Eduardo Clark (18) y Jorge Smith (18). Los estatutos nombraban a Gibbs como los administradores. En noviembre de 1868 mandaron a George Hicks, quien llegó el 3 del mes siguiente [carta de Hicks a Comber de 11 de mayo de 1877, MS 11128], acompañado de un grupo de trabajadores de su salitrera en Tarapacá, La Nueva Noria, para poner en marcha la primera oficina salitrera en Bolivia. El primer administrador general de esta operación, nombrado por Gibbs, fue el señor George Paddison, y los ingenieros trabajando bajo el mando del señor Hicks fueron el señor James Adamson<sup>19</sup> y Andrew Garland, quienes se ocuparon del montaje y operación de la primera oficina construida en el Salar del Carmen.

De acuerdo a una carta de José Santos Ossa, reproducida por Kaempffer (1914, p. 336), sabemos que:

La primera fondada de salitre se hizo el 29 de octubre de 1869, pero no se tardó en ver que demoraba muchísimo la borra en aconcharse, habiéndose empleado caliche del 'Salar' que es el más rico, pero la borra es lo más fino; i tenemos que esperar qué resultados tendría con agua vieja. Al día siguiente, el 30, Mr. Hicks pasó a 'Salar' i trajo peores noticias.....

Noviembre 6.- Según el ingeniero Mr. Adamson empleando el caliche grueso, siempre con un buen resultado....

...Mr. Andrés Garland propuso que los fondos se elevasen a una altura doble, pero con la misma base, y que los *canastos coladores fueran sin agujeros, o bien en coladeras más finas* ..... Hasta la idea de don Francisco Puelma se pensó - a saber, - la esportación del caliche conforme se encuentra.

El problema de la borra en el caliche del Salar del Carmen nunca se solucionó satisfactoriamente. En consecuencia, se optó por la construcción de una máquina salitrera en Antofagasta, a la orilla del mar, para tratar caliches del Salar, trasportándolo con carretas. Esto fue lo que incentivó la construcción del ferrocarril al interior de la provincia, ya que aún con amplia agua de mar para su proceso los caliches del Salar no fueron del todo aceptables, problema que se solucionó más tarde mezclándolos con material transportado por ferrocarril desde calicheras en Salinas, y pampas contiguas, a Oficina Chacabuco (hoy monumento nacional). Los rípios se botaron al mar formando el terreno del mercado pesquero actual.

No tenemos datos sobre la producción de salitre de Milbourne Clark y Cía., pero después de la formación de la Cía. de Salitres y Ferro Carril de Antofagasta, en 1872, las primeras memorias dan las siguientes cifras:

<sup>19</sup>James Adamson murió el 14 de junio de 1880.

8 meses de 1872	121.558	quintales españoles;
1873	185.028	
1874	231.283	
1875	243.420	
1876	242.630	y el
primer semestre de 1877	96.427	

una baja que puede atribuirse al terrible terremoto que asoló la costa salitrera el 9 de mayo de 1877. El aumento de producción en 1874 coincide con la construcción del ferrocarril desde Antofagasta en 1873 y la puesta en marcha de la primera locomotora que inauguró el viaje completo desde el puerto hasta el Salar el 20 de diciembre de 1873 (Arce, 1930).

Con la puesta en marcha de la nueva planta en Antofagasta el 12 de junio, en 1877 la producción de salitre aumentó bruscamente a 337.965 quintales para el segundo semestre, contra 434.392 qq para todo el año 1877, y alcanzó a 1.099.701 qq en 1878 (Ravest 1983, 140, y Memorias de la empresa), manteniéndose en 1.024.363 quintales en 1879. Continuó operando la oficina ubicada en el mismo salar, pero en base a caliches trasportados por el ferrocarril desde Carmen Alto y Salinas.

El interés en producir yodo sólo afloró efectivamente cuando partió la oficina en Antofagasta en el segundo semestre del año 1877. En carta a Comber, fechada en Valparaíso, a 28 de febrero, 1878, Hicks dice [página 3]:

*Yodo* Estamos muy ansiosos sobre esto, y si el joven Smail nos enseña algo nuevo, yo creo que se le debe pagar. Este es *el* tema que requiere atención inmediata".....

Antes de que comprometamos muchos recursos financieros en yodo, no cree que sería mejor estudiar nuestras leyes en el caliche, y si podremos embarcar la producción. Yo creo que podríamos tener problemas sobre esto. Don Ruperto<sup>20</sup> también lo cree. Creo que debemos extraer un quintal o dos para ver como va la cosa. Sé también que don Pedro Gamboni cree que sus patentes le serán útiles cuando nosotros comencemos a trabajar.

Hicks continúa diciendo que atribuye al contenido de yodo en las soluciones a los problemas de corrosión que han estado sufriendo con las calderas en ambas Oficinas.

<sup>20</sup> Don Ruperto es don Ruperto Fernández, ex prefecto del Departamento del Litoral y abogado de la empresa ante el Consejo Departamental en Cobija. Según Ravest (1983, p. 143) gozaba del sueldo más alto en la empresa después de Hicks, y sus compatriotas bolivianos lo llamaban "el gran traidor" debido a sus turbios manejos políticos en tiempos del dictador Linares.

En MS 11472, vol. 1, en una carta de Smail a Comber, fechada 10 de abril de 1878, dice: " de acuerdo a su pedido mandaré a mi capataz a Antofagasta con la planta piloto por el vapor del 15 de este mes", y otra, fechada 22 de mayo, en Iquique, nos muestra un informe sobre los primeros pasos dados en Antofagasta para ensayar la producción de yodo:

*Yodo* – Adjunto un informe que le pedí a Mr. Nicoll (nuestro capataz que mandamos a Antofagasta) que me diera sobre los experimentos que llevó a cabo en Antofagasta, que seguramente serán de interés para Ud.

#### INFORME

"Los resultados de dos pruebas que hice con agua vieja de Antofagasta para recuperar yodo empleando el proceso frío fueron:

*Primera prueba* – con 20 galones de caldo tomados de los estanques disolvedores, obtuve una libra de yodo crudo, que rindió 13 1/2 onzas después de sublimar, o digamos 1/4 de libra por pie cúbico. La densidad del caldo antes de extraer el yodo fue 75° Tw, y después de sacar el yodo 68° Tw; agregué 20 1/2 pintas de ácido con densidad 31° Tw, para precipitar el yodo, cantidad de ácido que consumió 2 1/2 libras de azufre para prepararlo.

*Segunda prueba* hecha con 3 pies cúbicos de la solución del evaporador, que precipitó 1 lb 14 1/2 oz de yodo crudo, rindiendo 1 1/2 lbs de yodo después de sublimar; es decir, exactamente 1/2 lb por pie cúbico de caldo.

La densidad del caldo antes de sacar el yodo fue 84°Tw; después de sacar el yodo fue 71°Tw. Empleé 34 1/2 pintas de ácido con densidad 31°Tw, que consumió 4 lbs de azufre; pero mi estanque amalgamador estaba filtrándose mucha ya que fabriqué 6 galones de ácido con 4 1/2 lbs de azufre a la misma densidad.

Recomendaría que el yodo se extraiga de las soluciones del evaporador y luego se devuelva el caldo a los estanques disolvedores, ya que no es turbio, y no puede dañarlos si se maneja correctamente...

Hay un pedazo de terreno muy conveniente para construir la planta al final de la cancha de evaporación. He hecho una estimación de la planta que construiríamos, si fuera nuestra. Costaría alrededor de \$ 10.500 pesos chilenos para la planta de mezclado y precipitación, y \$ 1.500 para la de sublimación. Luego se necesitaría un edificio para contenerla – 70 pies de largo, 50 de ancho y 25 de alto. Se puede construir en tres meses por un costo de \$ 13.000 a \$ 14.000.

J. Nicoll

La planta se debe haber construido de inmediato porque tenemos estas noticias ese mismo año:

MS 11128 Evaristo Soubllette a Thomas D. Comber, Londres

Valparaíso diciembre 18, 1878

El establecimiento de extracción de yodo sigue funcionando, pero con los inconvenientes inherentes a toda empresa nueva que no cuenta con operarios bastante competentes. Mr. Hicks me escribe que el 13 del pte. se habían fabricado 6 qq i que este ramo va perfeccionándose, poco a poco...

El mismo día Hicks le escribe a Comber desde Antofagasta:

*Yodo* Este ha partido hace tiempo, y tenemos más o menos 2 1/2 cwt [quintales ingleses] de yodo listos para sublimar; sólo falta la llegada de las retortas. Pero hemos tenido muchos tropiezos en operar el sistema seleccionado, pero creo que estos problemas son en gran parte culpa del químico y nuestra ignorancia del proceso. Algunas veces tenemos una partida buena, y luego una mala, parece muy aleatorio; pero la dificultad está en tratar el agua vieja para que pueda devolverse a la máquina. Frecuentemente está ácida, luego alcalina, y luego repleta de yodo libre, o algo parecido. Una partida pasa por el filtro, y otras dificultades se repiten, pero lentamente las cosas están mejorando. El señor Villanueva es el mejor chileno con quien he trabajado; muy inteligente y trabajador, y no muy creído como normalmente son; pero necesita un poco más de experiencia, antes de ser muy útil; así que espero que el nuevo químico resulte ser un hombre práctico.

Dos días más tarde Augusto Villanueva le entregó un largo informe a Hicks sobre el proceso para recuperar yodo. Que los problemas preocupaban a la gerencia es obvio, porque el siguiente informe, emitido dos meses más tarde, es de un perito, Mr. James Taylor, traído de Inglaterra para dar su opinión sobre los pasos a tomar para producir yodo. Dicho informe, fechado en febrero de 1879, dice:

De acuerdo al memorándum que Ud me entregó el 20 de enero indicando los servicios que requería de mí, le entrego mi primer informe.

*El agua producida condensando el vapor del Evaporador* en resumen no contiene yodo libre, pero sí contiene 1/10 de gramo de ácido yodhídrico o clorhídrico por pie cubico.....

*La segunda sugerencia que me atrevo hacer es sobre la extracción del yodo.* Experimentalmente he determinado las condiciones en cual la muy conocida reacción puede aplicarse a la extracción del yodo, y que el agua vieja puede tratarse directamente con dióxido de azufre sin pasar por el empleo de carbonato de

soda... Los humos de azufre se pasan directamente al agua vieja precipitando, en corto plazo, todo el yodo como elemento. Ahora, si se suspende la reacción, el yodo puede filtrarse, pero probablemente es mejor continuar agregando el dióxido de azufre hasta que todo el yodo se disuelve y deja una solución cristalina de yoduro. Si en este momento se agrega la cantidad adecuada de agua vieja fresca a esta solución incolora, el yodo se precipita inmediata y completamente, y se puede recuperar por filtración. El agua vieja que pasa por el filtro puede neutralizarse tratándola con caliza, igual como se hace con el agua condensada del vapor de la Evaporadora.....

Con agua vieja de 18 libras de nitrato por pie cúbico la reacción es perfecta. La cantidad de agua vieja que hay que agregar a la solución de yoduro es un quinto de la cantidad empleada para hacer el yoduro. .... Mis comentarios sobre el propuesto proceso son:

- 1.- Si el proceso funciona no requiere el empleo de ceniza de soda.
- 2.- El agua que se emplea para diluir el agua vieja es más o menos la misma cantidad que se ha empleado en disolver la sal natrón por el proceso actual, así que los dos métodos rinden la misma dilución.
- 3.- El agua vieja que sale de la casa de yodo estará libre de la soda que ahora contiene, y el ácido sulfúrico producido durante la reacción se precipitará como sulfato de cal.
- 4.- El nuevo proceso promete ser mucho más rápido que el actual, ya que gas sulfuroso se inhibe muy fácilmente por el agua vieja, de modo que puede tratarse una cantidad mucho más grande de agua vieja diariamente con la planta actual, con sólo leves modificaciones.

Es particularmente notable que este proceso propuesto por el señor Taylor es idéntico al proceso empleado durante los últimos 30 años por la Sociedad Química y Minera de Chile. Es interesante cuan bien se mantuvo el secreto de los procesos de yodo, ya que los textos modernos le atribuyen estas reacciones a Landolt (1886) y Dushman (1904); aunque el texto de Crosnier (1846) describe el proceso claramente, y es obvio que Taylor no consideró que el proceso que proponía era invento suyo.

Los problemas que tuvo la Cía. Salitrera de Antofagasta para producir yodo no se aclaran en el archivo Gibbs, aunque en la carta citada de Read a Miller, fechada 18 de octubre de 1878, evaluando la capacidad técnica de Gamboni, hay el siguiente párrafo:

Desde mi regreso, he sabido (de Gallagher, pero también del propio Gamboni y de Sainte Marie) que Gamboni no pudo superar sus dificultades, en parte por falta de cooperación y posiblemente por oposición de Clark. Creo que lo mismo puede estar pasando en Antofagasta y creo que debo informarle sobre lo que he oído

últimamente, y decirse por si es información válida, sin querer imputar malos motivos a un empleado de mucha antigüedad y valía. Atkins (que ahora está en Esmeralda) le dijo a Smail que el negocio del yodo no tendría éxito en Antofagasta porque Adamson está en contra, y éste así se lo dijo a Atkins. No puedo asegurar si esto es verdad o no, pero como se me ha informado, y recuerdo que Adamson tiene un esquema favorito que le fue sugerido por un prominente hombre de Glasgow, cuyo nombre no recuerdo en este momento, creo necesario informarle.

Sabemos que la casa de yodo en Antofagasta partió el 6 de diciembre de 1878. Las memorias de la Compañía dan valores en pesos de la producción semestral de yodo: \$ 15,627 para el primer semestre de 1879, \$ 68,610 en el segundo; \$ 81,356 en la primera mitad de 1880, y sólo \$ 7,738 a fines de ese año, sin registrar producción en todo el año 1881, pero con una existencia de yodo en cancha de 1,397.245 oz (39,612 kg), en diciembre de 1882. La 23ª Memoria habla de un nuevo proceso (de yoduro de cobre), partiendo en el primer semestre de 1883. Este proceso operó sólo tres meses y produjo 1,048 quintales de yodo. La Memoria indica que no hubo ventas de yoduro de cobre.

Por Gibbs MS 11471/18, Londres a Valparaíso e Iquique, 8 de noviembre de 1883, sabemos que habían llegado a Inglaterra 132 barriles de yoduro y que estaban en correspondencia con Leisler Bock y Cía para ver como se manejaba este producto. En carta de Rottenberg (Leisler Bock) a Gillen (AG y Sons, Londres), fechada el 25 de noviembre de ese año, se indica que Smail está en Escocia y que se han reunido con un industrial escocés, Sr. Hughes, quien ha hecho un estudio para ver si se le puede sacar el yodo a la sal de cobre.

Discutimos el problema de yoduro de cobre con el Sr. Hughes, y me temo que hay grandes dificultades. Hughes ha experimentado por varios días y parece haber formulado un plan de como afrontar el problema, pero habla de patentar el proceso, e insiste que la Cía Antofagasta tendría que financiar la usina de yodo necesaria. Le he pedido que nos informe ipso facto el costo aproximado de construir esa planta y las condiciones que él requiere para trabajar ese yodo.

La carta continúa diciendo que han entregado muestras a productores de yoduro de potasio, para ver si podían transformar el yoduro de cobre a yoduro de potasio directamente. Todos los peritos consideran el problema como de muy difícil solución, y han sugerido que se consulte al famoso Profesor Fresenius en Alemania, lo que se hizo. El 21 de mayo de 1884, Rottenberg escribe a Smail en Londres (MS 11471/19), informándole que se ha reunido con el señor Hughes, quien ha estado operando una pequeña planta piloto para solucionar el problema, y agrega:

Hughes no quiso darme detalles de sus experimentos, y dice que sólo está preparado a informar a la Cía. Antofagasta, sobre como refinar el yoduro de cobre, después de un pago de £ 1,000. Si la empresa está de acuerdo, el ayudante de Hughes, que está totalmente al tanto del proceso, estaría dispuesto a viajar a Chile, a condición de llegar a un acuerdo sobre sus remuneraciones. Si Ud. llega a tal con la Cía Antofagasta y ella paga las £ 1,000, mande un cable diciendo "BONESS". Yo, al recibir el cable, suponiendo que el cheque de mil libras está en camino, le sacaré a Hughes la fórmula y el procedimiento por escrito. Si además Uds. quieren al ayudante, eso tendría que manejarse por carta.

firmado Rottenberg

La correspondencia en los archivos de Gibbs contiene reclamos que la Cía. Antofagasta había estado tratando, sin éxito, de vender el yoduro de cobre a espaldas de la combinación de productores de yodo. Esta vulneración de la combinación molestaba mucho a Antony Gibbs & Sons porque ellos se encargaban de las compras en Europa para la Cía. Antofagasta y del financiamiento de los equipos y locomotoras para el ferrocarril. En consecuencia, adoptaron la política de que el sobregiro en cuenta corriente no podía sobrepasar el valor de las existencias de la cuota de yodo asignada a la Compañía en los almacenes de Gibbs en Europa. Con esta presión financiera, no es de extrañar que la compañía abandonara el proceso de Löwe y Weissflog tras sólo tres meses de operación. Lo que sí sorprende es que Prieto (1887) y Díaz Ossa (1914) no hubieran sabido lo efímero que fue el proceso del yoduro de cobre, por un lado, y que la Cía. de Salitres no hubiera recurrido a Gildemeister, que vendió yoduros de cobre desde Tarapacá con éxito en los años setenta.

El proceso de cortadura de yodo con  $\text{SO}_2$ , que resultó exitoso para la Cía. de Antofagasta en 1884, fue el del químico francés Ch. Robert de la Mahotière, descrito por De la Mahotière en la revista *Le Genie Civil* de París, (1880, 1883). El mismo proceso fue patentado en Chile por *Francisco Puelma* y su hijo, *Francisco Puelma Tupper* en 1882, y por Pedro Gamboni en 1883. Está descrito escuetamente por Manuel A. Prieto (1888):

En Antofagasta se ha usado una torre de fierro o sea un cilindro de fierro hecho con planchas delgadas de 2' a 3' de diámetro i de 30' o 40' de altura, relleno con cok i puesto en comunicación por su parte inferior con la canal que sale del horno i lleva los gases sulfurosos..... Al llegar el líquido (con sal natrón) al fondo de la torre, está jeneralmente saturado i convertido en bisulfito.

La descripción sigue con el método para medir la cantidad exacta de bisulfito necesaria para cortar todo el yodo en el agua vieja. El otro procedimiento descrito por Prieto es el de Löwe y Weissflog (1885), en que se trans-

forma el yoduro a yodato "usando el sulfuro de calcio, fabricado por la calcinación al calor rojo del sulfato de cal con carbón en hornos a propósito" y luego el yoduro se precipita con cloruro de cobre. Prieto termina diciendo: "Las pruebas hasta ahora hechas por la Compañía de Antofagasta no han sido satisfactorias, especialmente en lo que se refiere a la venta del artículo producido". Joshua Buchanan (1893) describe el mismo proceso como uno empleado habitualmente en Taltal, indicando que por cada 140 lbs de azufre quemado se obtiene 100 lbs de yodo, y que las aguas viejas tratadas normalmente contienen 3 gramos por litro de yodo.

Como puede verse en el Cuadro 11, en 1890, sólo en Tarapacá, habían 36 productores de yodo entre las 50 oficinas en trabajo.

## CUADRO 11

## TARAPACÁ - PRODUCCIÓN DE SALITRE Y YODO - 1890

<i>Oficina</i>	<i>Salitre toneladas</i>	<i>Yodo kg</i>	<i>Empresa</i>
Argentina	6.728	8.800	J. Guldemeister i Cía.
Amelia	17.245	11.400	Retzlaff, Charme i Cía.
Aurora	2.889	975	Retzlaff, Charme i Cía.
Aguaá	22.659	2.632	Pedro Perfetti
Agua Santa	58.766	0	Cía. de Salitre i F.C. de A.S
Anjela	27.716	0	Loayza i Pascal
Bearnés	13.149	0	Declosets, Campbell i Cía.
Buen Retiro	23.960	3.702	Colorado Nitrate Co. Ltd.
Cala-Cala	28.802	29.140	Colorado Nitrate Co. Ltd.
Compañía	9.845	10.902	Colorado Nitrate Co. Ltd.
Constancia	23.983	14.565	José Devescovi
Carolina	13.029	4.391	José Devescovi
Cruz de Zapiga	9.225	0	José Devescovi
Democracia	19.363	12.475	José Devescovi
Esmeralda	0	0	José Devescovi
Jazpampa	17.650	2.068	Jazpampa i Paccha Nitrate Co
Limeñita	2.541	0	Jazpampa i Paccha Nitrate Co
La Patria	25.563	6.660	Gibbs i Cía.
La Palma	41.041	36.185	Gibbs i Cía.
La Serena	0	0	Gibbs i Cía.
Mercedes	28.824	9.005	Gibbs i Cía.
Normandía	0	0	Gibbs i Cía.
Primitiva	113.178	11.700	Primitiva Nitrate Co. Ltd
Peña Chica	14.220	7.852	Fölsch i Martin
Puntunchara	25.466	16.097	London Nitrate Co. Ltd
Progreso	5.620	4.191	Cía. Progreso
Paccha	21.793	0	Jazpampa i Paccha Nitrate Co
Paposo	0	0	Fölsch i Martin
Peruana	6.865	12.507	Colorado Nitrate Co. Ltd.
Rosario	15.911	4.700	Vernal i Castro
Ramírez	61.115	9.799	Liverpool Nitrate Co. Ltd.
Reducto	10.397	0	Liverpool Nitrate Co. Ltd.

<i>Oficina</i>	<i>Salitre toneladas</i>	<i>Yodo kg</i>	<i>Empresa</i>
Rosario de Huara	97.059	47.671	Rosario Nitrate Co. Ltd.
Sacramento de Zapiga	14.151	11.622	San Sebastian Nitrate Co. Ltd.
Solferino	1.134	717	San Jorje Nitrate Co. Ltd.
Sebastopol	27.214	39.250	San Jorje Nitrate Co. Ltd.
San Donato	1.654	2.372	San Donato Nitrate Co. Ltd.
San Jorje	56.506	34.270	San Jorje Nitrate Co. Ltd.
San Juan	1.414	900	San Jorje Nitrate Co. Ltd.
San Patricio	2.501	0	San Jorje Nitrate Co. Ltd.
San Pablo	28.525	20.481	San Pablo Nitrate Co. Ltd.
San Fernando	1.700	0	San Pablo Nitrate Co. Ltd.
San Francisco	9.202	0	San Pablo Nitrate Co. Ltd.
San José de Aguirre	11.309	11.962	San Pablo Nitrate Co. Ltd.
Santa Elena	11.522	12.242	Santa Elena Nitrate Co. Ltd.
Santa Rita	15.153	14.316	Santa Rita Nitrate Co. Ltd.
Teguethoff	7.409	1.672	Santa Rita Nitrate Co. Ltd.
Tres Marías	29.328	18.194	Pedro Perfetti
Unión	11.113	5.500	Pedro Perfetti
Virginia	20.282	25.223	Fölsch i Martin
Yungai Bajo	1.883	320	Fölsch i Martin
<b>TOTAL</b>	<b>1.028.603</b>	<b>468.470</b>	

#### 14. EL MONOPOLIO DEL YODO

##### *La Combinación de los productores de yodo*

Por la respuesta de Mateo Gildemeister a una carta de Antony Gibbs & Sons del 29 de junio de 1874 podemos ver que, desde un principio, la firma Gibbs gestó la formación de un monopolio mundial de ventas del yodo, monopolio que duró por lo menos un siglo. Reproducimos la carta porque es el primer documento que propone y describe la formación de la combinación de productores de yodo, y resume bien la situación en Tarapacá en los momentos que el gobierno peruano estaba contemplando la expropiación de la industria salitrera:

Matth. Gildemeister, Bremen a Antony Gibbs, Londres. 7 julio, 1874

Señores:

He recibido la suya del 29 ulto. y veo con placer que Ud está de acuerdo con mi opinión que será de interés de todos que se llegue a un acuerdo entre los productores de yodo del Perú y de Escocia. Estoy seguro que los escoceses serán derechos ya que peligra para ellos perder todo el negocio, pero también para los productores peruanos será mejor producir una cantidad más pequeña con una buena utilidad, en vez de embarcar grandes cantidades sin beneficio.

He leído con gran interés sus datos sobre las cantidades producidas en Perú. No tenía idea que la San Antonio Nitrate Co. y Fölsch & Martin también están fabricando yodo, ni que su establecimiento fuera tan grande.

Mi opinión es que, antes de entrar en un arreglo con los productores escoceses, es necesario que los productores del Perú se pongan de acuerdo entre ellos, y que autoricen un apoderado para tratar con los productores escoceses. Para esto tendrán que juntarse todos en Lima o Iquique y discutir el tema, fijando la cantidad que cada una podrá producir. Esto deberá reducirse proporcionalmente cuando se llegue a un acuerdo para limitar la producción en Escocia y Perú. Todos los actuales productores en Perú tienen que entrar en el acuerdo, pues de lo contrario será inútil.

El señor Fölsch, de Fölsch y Martin, viene a Europa, y apenas lo vea conversaré el tema con él. En vista que el señor Leisler estará de vuelta en Glasgow antes de septiembre, y como Ud. dice que los productores escoceses aguardarán su retorno, en este momento debemos de inmediato escribir a Lima sobre el tema, y pedirle a los señores Hainsworth & Cía. que hagan lo mismo.

Si Uds. están de acuerdo, los agradeceré que se pongan en contacto con Hainsworth y Cía. para que nuestros amigos en el exterior puedan proceder sin pérdida de tiempo.

Con respecto a producción en otros países, fuera de Escocia y Francia, entiendo que, hasta este momento, hay sólo una pequeña *producción* que ha salido en *Noruega*, pero que es tan pequeña que no vale la pena incluirlos en el acuerdo.

Es una lástima que los precios exagerados al cual llegó el yodo en los últimos años hallan perjudicado el consumo industrial.

Matth Gildemeister

Una carta escrita en Lima casi tres años más tarde nos da un cuadro muy claro sobre la complejidad que revistieron las negociaciones para formar la combinación, y permite entrever cómo se manejaban los negocios en esos años.

A los señores Anto. Gibbs and Sons, Londres

De: The Tarapacá Nitrate Co. J.R. Read Manager Lima, 20 de enero, 1877

YODO (CONFIDENCIAL)

Estimados señores,

Notamos que al recibir nuestro telegrama del 28 de noviembre, Uds fijaron las bases para la combinación con el señor Leisler, ...Todos los productores peruanos, con la excepción de los señores J.D. Campbell y Cía, están de acuerdo de embarcar toda su producción a Uds. hasta el 31 dic/77.

Uds. están autorizados para hacer la mejor combinación posible en Europa, en cuanto a precios y cantidades. Las estipulaciones sobre límites y destinación de

existencias son meramente arreglos internos entre los productores peruanos, que de ninguna manera afectan su combinación con el Sr. Leisler.

Las existencias en la Costa, propiedad del Banco Nacional y de Clark, Eck y Cía, fueron embarcadas en 1876, y no han tenido movimiento. Las existencias, pertenecientes a los señores Fölsch y Martin y a nosotros, han sido exportadas apenas llegaron al puerto.

El Banco Nacional ha cerrado y entregado sus oficinas al gobierno, y en consecuencia puede considerarse fuera de la lista de productores, y sólo como exportadores hasta el monto de sus existencias.

Sólo J.D. Campbell y Cía quedan fuera de la Combinación. En general, consideramos que la Combinación es lo más fuerte que puede hacerse. Con respecto a la competencia BOLIVIANA (sic) poco podemos decir, ya que no nos mantienen al día de lo que pasa en Antofagasta. Lo que hemos oído de terceros sobre la cantidad de yodo en los caliches y la cantidad que se espera recuperar, apunta a una competencia seria; pero considerando las dificultades que tuvimos nosotros, el tiempo que demoró poner en marcha correctamente nuestra usina, y la gran diferencia entre las proyecciones y los resultados concretos, no nos alarma en este momento.

Pero no entendemos porqué, si Bolivia resultara ser competidor, sólo Perú tendría que cederle una parte de los 1,500 qq, como cebo para que ingrese a la Combinación. Si es por el beneficio de todos que Bolivia ingrese, todos (peruanos, escoceses y franceses) deberían cederle una parte del total de 3,000 qq, en proporción a sus intereses en la Combinación.

Supongo que nuestros amigos en Valp<sup>o</sup> atenderán a los bolivianos y nos mantendrán a ambos informados de las posibilidades que surja esa competencia.

Estamos desilusionados que el precio final de venta del yodo convenido con el Sr. Leisler fuera  $1/4^d$  bajo el mercado, ya que estábamos seguros que sería por lo menos  $6^d/onza$ , es decir  $1/4^d$  por encima del mercado.

Si los precios llegan a lo que él desea, digamos  $15^d$ , él sacará de la combinación casi lo mismo que los productores peruanos, y ciertamente más que los productores escoceses. No parece muy justo que el intermediario, no importa cuan importante sean sus servicios, esté en tales condiciones frente a los mismos productores. Pero, como suponemos que todos los arreglos estarán hechos antes que Uds. puedan recibir ésta, y como la combinación nos conviene, supongo que no debemos envidiarle el buen negocio que el Sr. Leisler pueda hacer.

J.R.Read

En el archivo Gibbs hay un libro mayor (MS 11118) que resume toda la actividad monopólica sobre el yodo. En la página 6, bajo el título "Arreglos Internacionales", se hace un resumen de la evolución de los convenios de mercado:

*La Primera Combinación internacional* se formó en 1878 por Leisler Bock & Cía que entró en un acuerdo formal con A.G. & Sons, como representante de los sudamericanos; con H. Fölsch & Co, que no se habían unido con los productores de S.A.; con los irlandeses; con los escoceses, y con los franceses. La cuota para Sud América fue 45,80% del total (Smail, Londres a G. & Co. 1/2/84).

*La Segunda se formó en 1880*, mediante arreglos formales de carácter similar, pero fracasó el 7/7/80 por el retiro de Fairlie & Cía (Escocia). La cuota de S.A. debía haber sido 60%. (Smail, Londres a G. & Co. 1/2/84).

*La Tercera se formó en 1885* mediante arreglos formales de carácter similar, excepto que ahora no había acuerdo entre L.B. & Co. y Fölsch, que se incorporó al convenio con los sudamericanos, firmando los estatutos y contrato de la Combinación de la Costo Oeste de 1884/6.

*La Cuarta se formó en 1887* y Leisler Bock nuevamente entró en arreglos formales con los irlandeses, los escoceses y los franceses; pero aunque Sud América formó parte de la combinación, A.G & Sons no suscribió un nuevo contrato en su nombre con Leisler Bock.

La cuota de S.A. en esta combinación fue 59 1/2% de ventas totales de 3.000 cwt, y 90% de ventas superiores a 3.000 cwt.

*La Quinta se formó en 1890*. No hubo contratos formales, pero se convino que ambas partes (europeos o sudamericanos) podían retirarse con un aviso de sólo 3 meses. La cuota de S.A. fue:

59 1/2% hasta 3.000 cwt  
 90% de 3.000 a 5.000 cwt  
 59 1/2% de 5.000 a 6.000 cwt  
 90% sobre 6.000 cwt

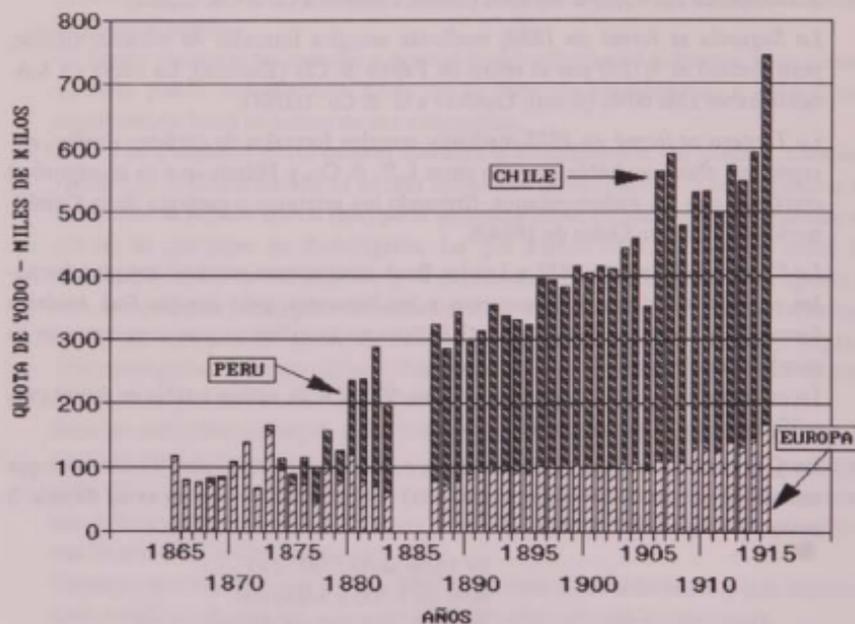
Sólo en virtud de esta modificación... Europa aceptó un precio de 9 peniques [por onza]. Querían 6 peniques para poder hacer frente a la competencia de los "kelpers" en mejores condiciones.

La sexta combinación, según esta misma fuente, se formó en 1894 siguiendo el mismo esquema, pero el cuaderno detalla muchas modificaciones en los años subsiguientes hasta la década de 1920. La más interesante es la de 1909 en que se estipula la distribución de la cuota:

Ventas Totales	% Sud Amer.	% Escocia	% Francia
1- 3.000 cwt	59 1/2	23 1/2	18
3.001- 5.000 cwt	90	5 1/2	4 1/2
5.001- 6.000 cwt	59 1/2	23 1/2	18
6.001- 9.000 cwt	90	5 1/2	4 1/2
9.001- 10.000 cwt	59 1/2	23 1/2	18%
10.001- 11.000 cwt	90	5 1/2	4 1/2

## CUADRO 12

ENTREGAS DE YODO DE LA COMBINACIÓN AL MERCADO MUNDIAL, 1865 A 1915



y así, sucesivamente, alternando cada mil quintales ingleses. La única modificación para el período 1919/23 fue que Sudamérica recibiría 90 por ciento sobre 12.000 quintales.

Para apreciar por qué los productores europeos estuvieron de acuerdo con la Combinación, hay que examinar lo que sucedió con las ventas de la industria cada vez que caducó una de las combinaciones. El Cuadro 12 muestra la distribución del mercado entre los productores de Chile y los europeos (MS 11118), basado en estadísticas elaboradas por Gibbs como secretarios de las combinaciones. Faltan los datos de la tercera combinación; pero se ve claramente que la entrada al mercado de los productores salitreros en 1873 resultó en una fuerte baja de las ventas de los europeos, llegando al nadir cuando se firmó el primer convenio a principios de 1878. Esta fuerte baja se repitió cuando se formó y derrumbó el segundo arreglo en 1880. Al estabilizarse los convenios, el mercado para los europeos se mantuvo en un nivel modesto pero

estable, y creció año a año después de la cuarta combinación. Claramente, el mercado controlado creció en forma muy significativa bajo la dirección de Gibbs y Leisler Bock, y, aunque los europeos aparentaban hacer concesiones sobre su participación en el mercado, la producción total de Europa no bajó de sus niveles antiguos. Eso sí, hubo cambios dentro de la misma Europa. Escocia le quitó mercado a Francia, cuya participación en las ventas declinó en forma notoria, probablemente debido a los problemas con Alemania después de la Guerra Franco-Prusiana. Curiosamente, la industria del varec en Francia perduró por más años que en Escocia, ya que no desapareció por completo hasta finales de la Segunda Guerra Mundial.

### 15. OTROS PRODUCTORES DE YODO

De acuerdo a Lyday (1986), la primera producción de yoduro de cobre sobre la base de salmueras fue en Java en 1854. Noruega ya era productor de yodo basado en kelp en 1874, y los irlandeses fueron importantes productores antes de 1860. Japón comenzó su producción en 1888, y los Estados Unidos en 1917, ambos en base a kelp. La producción de yodo a partir de salmueras petrolíferas se inició simultáneamente en 1925 en Estados Unidos, la Unión Soviética y en Italia. El Cuadro 13 muestra los productores más importantes a principios de este siglo.

### CUADRO 13

#### PRODUCCIÓN DE YODO EN EL MUNDO. 1900 A 1919 (KILOGRAMOS)

<i>Año</i>	<i>1900</i>	<i>1901</i>	<i>1902</i>	<i>1903</i>	<i>1904</i>
Gran Bretaña	7.000	84.400	88.500	95.300	91.200
Francia	34.600	29.700	26.400	25.700	33.600
Chile	283.000	245.000	129.914	387.275	466.000
Japón	27.200	27.200	31.800	34.000	36.300
Noruega	19.300	16.300	15.600	11.200	9.900
Java					
Total	441.100	402.600	292.214	553.475	637.000

<i>Año</i>	<i>1905</i>	<i>1906</i>	<i>1907</i>	<i>1908</i>	<i>1909</i>
Gran Bretaña	66.300	87.000	79.500	79.700	94.400
Francia	42.600	63.100	60.100	59.600	57.800
Chile	572.000	409.000	260.000	359.000	500.000

<i>Año</i>	<i>1905</i>	<i>1906</i>	<i>1907</i>	<i>1908</i>	<i>1909</i>
Japón	45.400	54.400	63.500	63.500	68.100
Noruega	11.200	13.600	11.700	11.700	12.200
Java		1.000			11.500
Total	737.500	628.100	474.800	573.500	744.000

<i>Año</i>	<i>1910</i>	<i>1911</i>	<i>1912</i>	<i>1913</i>	<i>1914</i>
Gran Bretaña	92.000	70.300	60.500	70.800	86.300
Francia	48.700	41.600	47.700	38.500	41.400
Chile	590.000	460.000	466.000	437.000	489.000
Japón	72.700	72.700	89.400	90.000	1.014.000
Noruega	3.700	16.400	11.900	10.900	6.600
Java			11.500	29.500	
Total	817.100	661.000	687.000	676.700	1.637.300

<i>Año</i>	<i>1915</i>	<i>1916</i>	<i>1917</i>	<i>1918</i>	<i>1919</i>
Gran Bretaña	44.200	36.100	45.300	22.400	24.200
Francia	23.600	17.700	31.100	26.300	64.700
Chile	709.000	1.360.000	723.000	893.000	423.000
Japón	108.200	151.500	121.500	118.600	82.800
Noruega					
Java	25.600	16.700	7.600		
Total	910.600	1.582.000	928.500	1.060.300	594.700

### *El inicio de la producción de yodo en Japón*

Japón es hoy el productor más importante de yodo, con dos tercios del total de la producción mundial. Inició su elaboración en 1888, sobre la base de algas marinas cosechadas en el distrito de Hokkaido, con producción adicional en las provincias de Chiba y Kanagawa (Yokohama). Cinco años más tarde ellos estaban autoabasteciéndose de todas sus necesidades de yoduro de potasio y de yodoformo. Los procesos de extracción de yodo del kelp y la síntesis de los derivados que emplearon se basó en los métodos europeos vigentes. Los comerciantes incluso copiaron las botellas y las etiquetas de los productos europeos que estaban llegando al Japón.

En 1894, cuando aumentaron su producción de yodo y empezaron a exportar a Europa, la casa Gibbs, como encargados de la combinación de productos, se alarmó, y sus archivos indican que tomaron fuertes medidas para limitar la competencia en Europa. Primero, hicieron un minucioso estudio de la industria japonesa y luego idearon la siguiente táctica para detener las exportaciones japonesas. Básicamente, ésta consistió en subir el precio de la materia prima

de los farmacéuticos, el kelp. Para ello, primero bajaron el precio del yodo entregado a Japón y, en seguida, en el momento preciso que los productores japoneses de yodo firmaban contratos con los pescadores que cosechaban las algas, impusieron un alza en el precio del yodo en el mercado japonés. Como los cosechadores subían sus precios en relación al precio internacional, la Combinación pudo así impedir el cumplimiento de contratos de entrega de yodo de las empresas exportadoras japonesas.

Un extenso informe de Gibbs (MS 11118) señala que, hasta 1894, la producción de yodo en Japón fluctuaba entre 30 y 35 mil libras al año, y que, a raíz de las tácticas de la Combinación, esta cifra bajó a una quinta parte con respecto al año anterior, es decir hubo un suministro japonés aparente de sólo 8.000 lbs en 1896.

Sin este sistema indirecto, el gran problema para Gibbs en manejar el mercado de yodo en Japón fue la fragmentación del proceso de producción en ese país. Primero, habían miles de pequeños empresarios recolectores y comerciantes en algas, quienes entregaban a numerosos quemadores de las algas, que a su vez preparaban las cenizas (kelp), para venderlas a las empresas químicas, o, en algunos casos, ellos mismos recuperaban las sales de potasio y producían yodo crudo (de mala calidad, 90 a 92% pureza). El kelp y/o este yodo crudo se vendía a las empresas químicas y los productores de derivados farmacéuticos.

El informe indica que la producción de alga se concentró en tres distritos: la isla de Hokkaido al norte de la isla principal; el distrito occidental, "principalmente Shima y al occidente de Shima, aunque poco yodo se produce al occidente" [no está claro si esto es la costa al sur de Tokio a la altura del paralelo 33°, o la costa que da al Mar de Japón frente a Corea], y el tercer distrito denominado Central o del Este, correspondió a la costa de Tokio entre los paralelos 37° al 34°. Corea no fue una fuente alternativa, aunque el costo de la mano de obra en ese país era más barata, por tener Japón una tarifa de aduana de 20%, y porque siendo las algas coreanas pobres en yodo, su precio no resultaba competitivo. Formosa también fue descartada debido a la calidad de sus algas.

En Japón se cosechan y cosechaban grandes cantidades de algas como alimento, y mucho se exportaba a la China. Los pescadores recolectaban las algas en agosto, ya que mueren para fines de septiembre, y además el mar se pone muy bravo en otoño. Si no se quemaban las algas de inmediato, se cubrían con paja para impedir pérdidas de yodo. Las calidades de kelp comerciadas eran tres: corriente con 0.35% yodo; fina, con 0.5%, y extra fina, con 0.9%. Mito, Shima y Boshu (cerca de Tokio) producían extra fina con hasta un uno por ciento o más de yodo. Con kelp promedio se necesitaban 200 tons. de kelp para fabricar una tonelada de yodo crudo (90/92%). La unidad de peso empleada era el kwan, que equivale a más o menos 8 1/2 libras. En la isla

de Hokkaido habían 130 a 140 productores de crudo, diez de los cuales podían producir más de 10.000 kwan por mes (o digamos 250 lbs de yodo crudo); otros 14 o 15 que producían a la mitad de este ritmo, y el resto sólo cantidades minúsculas. En el distrito occidental habían 34 a 35 productores (la mayoría cerró ingenios en 1909). Mientras que en el distrito oriental estaban en actividad 30 a 40 productores.

En 1910 los más grandes productores de yodo purificado y de productos farmacéuticos eran Kogio Kaisha (Compañía Manufacturera), de Osaka, y Kagaku Kogio Haisha (Cía. Química Japonesa) de Tokio. La primera agrupaba las cadenas principales de farmacias, suministrando todo el consumo nacional. Tenía una capacidad de producción de 80.000 lbs/año, casi el total del consumo. Su capital registrado era ¥ 100.000 (£ 10.000), pero por los altos impuestos sobre capital, el capital verdadero probablemente era mucho mayor. La Kagaku Kogio Kaisha se formó por la unión de Kashe, Susuki, y Tanahashi, que vendieron sus plantas a la empresa en ¥ 102.000, 60.000 y 12.000, respectivamente. La planta de Kashe, en Tokio, tenía una capacidad de producción de 80/90.000 lbs/año, y en 1905 fabricó 60.000 lbs de yodo, con un valor de £ 30.000 que, se dijo, dio una utilidad neta de 10%. La fábrica de Susuki estaba en Hayama, con oficinas en Osaka y Tokio, con ventas a farmacéuticos en esas ciudades y a exportadores en Yokohama. Tanahashi operaba una pequeña planta comprada a Mitsui Bussan Kausha, quienes habían tratado de dominar el mercado de yodo de la China sin éxito.

Gibbs estimó que la producción de crudo dependía del precio del yodo, y que con un precio de la combinación de productores de 6d/oz, la demanda en Japón era 150.000 lbs/año; con 7 1/2 d -225.000 lbs, y con 9d- 300.000 lbs. Las estadísticas de producción japonesa recolectadas por los agentes de Gibbs para cuatro años contables (al primero de agosto), fueron:

	<i>Producción</i>	<i>Exportaciones</i>
1906/7	120/150.000 lbs	22.640 lbs contenido de yodo
1907/8	75/80.000	68.982
1908/9	100/120.000	44.928
109/10	130.000	55.942

Sus estimaciones de los costos mínimos de producción eran ¥ 2.60 por libra de yodo, y cuando el precio mundial de la Combinación estaba a 6d por onza, sus agentes en Tokio informaron que la libra de yodo producida en Japón costaba más o menos ¥ 3. Gibbs estimó que si se seguía exportando a Japón con un precio universal de 6d la onza de yodo, la producción aumentaría 10 a 15% anual, mientras que a 5 1/2 d, el precio pagado a los productores nacionales de crudo sería ¥ 2.50 por libra, lo que resultaría en una producción nacional que apenas surtiría el mercado japonés.

## BIBLIOGRAFÍA DEL YODO

- Alison, Robert Edward (1859), "A Sketch of the Geology of Chile", *Mining Journal*, 27 August; 3 y 17 September, London.
- Allen, G.C. (1962), *A short economic history of Japan*, New York.
- Anderson, Dr. (1853), "Improving the quality of Kelp", *Trans. Royal Highland & Agric. Soc. New Series* v. 13, pp. 449-56, Edinburgh.
- Anon. (1805), *Dictionnaire Universel de Commerce, Banque, Manufactures, Douanes, Pêche, Navigation, Marchandes, de Lois et Administration du Commerce*, 2 vols., Paris.
- Anon. (1824), "Iodine in a Mineral Spring in Italy" *Am. Journ. of Science and the Arts*, v.7, pp. 366 (USA).
- Anon. (1825), "Iodine in Mineral waters", bajo General Intelligence, *Boston Journ. of Phylosophy and Arts*, v. 2, p. 103 (USA).
- Anon. (1828), *Philosophical Magazine* (London), New Series, v. 4, p.151.
- Anon. (1859), "Sur le nitrate de soude naturel du Perou", *Bull. Encouragement Industriel National*, 58, p. 562-563 (Paris).
- Anon. (1869) *Berichte*, v. 2, p.79 (Berlin).
- Anon. (1869), *Wagner's Jahresberichte von Chem. Technologie*, v. 14, Berlin, p. 221.
- Anon. (1874), *Wagner's Jahresberichte von Chem. Technologie*, v. 20, Berlin, p. 373.
- Anon. (1928), "Iodine, The mineral industry of the British Empire and foreign countries", *Imperial Institute*, H.M. Stationary Office, London.
- Arce R., Isaac (1930), *Narraciones Históricas de Antofagasta*, Imprenta Moderna, Antofagasta.
- Archives de Seine, Carton de bilans 104, dossier N° 10057
- Arrieta, Agustín (1887), *Alegato en la Causa de don Pedro Gamboni contra la casa de Fölsch y Martin, sobre Infracción del Privilegio concedido a don Pedro Gamboni en 1873 para la extracción del iodo por el sulfito de soda*, Imprenta Española, de M. de la Fuente, Iquique.
- Barruel, Ernest (1855), "Reclame la priorité de le decouverte de process de iode de Faure", *Bull. Soc. Enc. Industr. Nat.*, v. 54, pp. 659-660 (Paris).
- Baume, Antoine (1793), "Memoire sur le raffinage du Salpêtre brut", *Ann. de Chemie*, 1ère Serie v. 17, pp. 85-101 (Paris).
- Bendant, F.S. (1832), Prof. of Mineralogy, Academie de Paris, *Traité elementaire de Mineralogie*, Tome 2, 2nd Edition, pp. 514-16 (Paris).
- Bermúdez, Oscar (1963), *Historia del Salitre desde sus orígenes hasta la Guerra del Pacífico*, Universidad de Chile, Santiago.
- Bermúdez, Oscar (1966), *Orígenes Históricos de Antofagasta*, Santiago.
- Bernard, L.M. (1936), "L'entente de l'iode et ses Rapports avec l'industrie nitriere du Chili", *Chimie et Industrie*, v. 35, 4, Paris.
- Bernard, L.M. (1939), *Le Mirage de l'iode*, Soc. D'Éditions Géographiques, Maritimes et Coloniales, 7 Rue Jacob (VIe), Paris.
- Billinghurst, G.E. (1875), *Rápida ojeada sobre la cuestión salitrera*, Valparaíso.
- Billinghurst, G.E. (1886), *Estudio de la Geografía de Tarapacá*, Santiago.
- Billinghurst, G.E. (1893), *La irrigación de Tarapacá*, Santiago.
- Billinghurst, G.E. (1889), *Los Capitales Salitreros de Tarapacá*, Santiago.
- Billinghurst, G.E. (1903), *Legislación sobre el salitre y borax en Tarapacá*, Santiago.
- Blake, John H. (1843), "Geological and miscellaneous notices of the Province of Tarapacá", *Am. Journ. Sci.*, (i), v. 44, Boston, Oct.-Dec. 1842, pp. 1-12, 13, map (USA).
- Blakemore, Harold (1979), *Frustrated Nationalism? Chile and Nitrates, 1870-1895*, CEISAL, Barcelona.
- Blakemore, Harold (1977), *Gobierno Chileno y Salitre Inglés 1886-1895*, Santiago.
- Bollaert, William (1838), "Description of the insulated masses of Silver found in Huantaxaya, in the Province of Tarapacá, Peru", read by Mr. Darwin FGS, *Proc. Geolog. Soc.*, vol II, N° 54, pp. 598-601 (London).
- Bollaert, William (1848), "Southern Peru, its deserts; Desert of Atacama", *United Services Journal* (London).

- Bollaert, William (1851), "Observations on the Geography of Southern Peru, including a survey of the Province of Tarapacá, and route to Chile by the coast of the Desert of Atacama", read April 28, 1851, *Royal Geogr. Soc. J.*, v. 21, pp. 99-130 (London).
- Bollaert, William (1853), "On the Distribution of Common Salt, and other Saline Bodies, with a view to show their Primary Origin and Subsequent Formations", *Report of the Brit. Assoc. for Adv. Sci.*, Belfast Sept 1852, pp. 100-104 (London).
- Bollaert, William (1854), "Observations on the History of the Incas of Peru on the Indians of South Peru and on some Indian remains in the Province of Tarapacá", *Journ. Ethnological Soc. v. 3*, pp. 132-163 (London).
- Bollaert, William (1855), "Translation: Phillipi's Researches on the Desert of Atacama", *Geogr. Soc. J.*, v. 25, 1855 (London).
- Bollaert, William (1857), "Antiquarian Researches in Tarapacá", *Anthro. Soc.* (London).
- Bollaert, William (1859), "Second Series: Observations on the Georgraphy of Southern Peru, and on the salt, Nitrate of Soda and Borax deposits in the Province of Tarapacá", *British Assoc. Aberdeen, Scotland*, 1859.
- Bollaert, William (1860), "The Nitrate of Soda and Borate Districts of Peru", *The Technologist*, vol.1 N° 4, pp.115-121 (London).
- Bollaert, William (1860), *Antiquarian, Ethnological and other researches in New Granada, Equador, Peru and Chile, with observations on the Pre-incarial, Incarial, and other Monuments of Peruvian Nations*, Trübner and Co., Paternoster Row, London.
- Bollaert, William (1862), *The Exchange*, vol. 2, pp. 43-45, October 1862, London.
- Boussingault, Jean-Baptiste (1825), "Sur l'existence de l'iode dans l'eau d'une saline de la province de Antioquia", *Ann. de Chemie et Physique*, 2ème Serie, v. 30, p. 91 (Paris).
- Boussingault, J.-B. (1833), "Memoire sur les Salines Iodiferes des Andes", *Ann. Chim. Phys.*, 1833, v. 54, pp. 163-177, Paris.
- Buchanan, Joshua (1893), "The Extraction of Nitrate of Soda and Iodine in Northern Chile", *J. Soc. Chem. Ind.*, v. 12, pp. 128-131.
- Castle, W.M.F. (1887), *Sketch of the City of Iquique (Chile). Its past and present during the last fifty years, describing the nitrate of soda works*, Plymouth.
- Cañas Pinochet, Alejandro (1884), *Descripción general del Departamento de Pisagua*, Imprenta Ventuano de Mayo, Iquique.
- Clément, Nicolás (1813), *Ann. de Chemie*, 1er Serie v. 88, pp. 118-119, Paris.
- Cochrane, Archibald, ninth Earl of Dundonald (1795), *A Treatise showing the intimate connection that subsists between Agriculture and Chemistry*, First Edition, Edinburgh.
- Cochrane, Archibald, ninth Earl of Dundonald (1803), *A Treatise showing the intimate connection that subsists between Agriculture and Chemistry*, Second Edition, London.
- Coindet, Dr. (1821), "Decouverte d'un nouveau remede contre goitre", *Ann. de Chemie et Physique*, 2ème Serie, v. 15, pp. 49-59, Paris.
- Coindet, Dr. (1821), "Nouvelles recherches sur les effets de l'iode, et sur les precautions a suivre dans le traitement du goitre", *Ann. de Chemie et Physique*, 2ème Serie, v. 16, pp. 252-266, Paris.
- Colin, M. & Gaultier de Claubry (1814), "Sur les combinaisons de l'iode avec les substances vegetales et animales", *Ann. de Chemie*, 1ère Serie v. 90, 87, Paris.
- Couturier, Père et fils (1846), "Procédes d'extraction de l'iode et du brome contenu dans les sels el les eaux mere", *Bull. Encouragement Industriel National*, 45, pp. 134-136, Paris.
- Crosnier, Leon (1846), *Elementos de Química Mineral*, Imprenta del Progreso, Santiago.
- Crozier, R.D. (1982), "Iodine: Its market and availability", *Min. Mag.* v. 146, N° 4, April 1982, pp. 282-289, London.
- Darapsky, L. (1900), "Das Departement Taltal (Chile), Seine Bodenbildung und - Schaeetze", Dietrich Reimer (Ernst Vohsen) Dietrich Reimer Berlin, pp. 1-299.
- Darwin, Charles (1840), *Journal of Researches*, First Edition, London.
- Darwin, Charles (1844), *Geological Observations*, London.
- Darwin, Charles (1845), *Journal of Researches*, Second Edition, London.
- Davy, Sir Humphry (1814), "Some experiments and observations on a new substance which

- becomes a violet-coloured gas by Heat", *Phil. Transactions, Royal Soc.*, Read January 20, 1814, from letter dated, December 10, 1813, Paris, text from Volume 5, *Collected works of Sir H. Davy*, editor, J. Davy, 1839, London.
- Davy, Sir Humphry (1815), "Some experiments on a solid compound of iodine and oxygen ...", *Phil. Mag. & Journ.* v. 44, jul-dec 1815, pp. 345-351, London.
- Díaz Ossa, Belisario (1914), "La Industria del Yodo en Chile", *Anal. Univ. Chile*, v. 124, pp. 403-419; *Caliche* 1919, v. 1, pp. 269-276, Santiago.
- Domeyko, Ignacio (1844), "Sur quelques mineraux du Chili, analyses en 1843", *Ann. Mines*, 4<sup>ème</sup> Serie, v. 6, pp. 153-188, Paris.
- Donald, M.B. (1936), "History of the Chile Nitrate Industry", *Annals of Science* (London), v. 1, pp. 29-47, and pp. 193-216, London.
- Dushman, J. (1904), *J. Phys. Chem.*, 8, p. 453 (USA).
- Faust, John B. (1927), "By-Products of the Chilean Nitrate Industry", *J. Ind. Eng. Chem.*, v. 19, pp. 226-227 (USA).
- Faust, John B. (1926), *J. Ind. Eng. Chem.*, v. 18, p. 808 (USA).
- Flagg, J.W. (1874), "Nitrate of Soda, its location, mode of occurrence and methods of extraction", *Amer. Chem.*, v. 4, N° 11, May 1874 pp. 403-408 (USA).
- Forbes, David (1861), "On the Geology of Bolivia and Southern Peru", *Proceedings of the Geological Society*, v.17, pp. 7-35, London.
- Frezier, A.F. (1716), *Relation du voyage de la mer du Sud, aux côtes du Chili et du Pérou, fait pendant les années 1712-1714*, Paris.
- Fuente, M.B. de la (1851), "Observations on the Province of Tarapacá, South Peru", translated and read by William Bollaert, *Geographical Society Journal*, Vol. XXI, pp. 229-232, Royal Geographical Society, London.
- Fyfe M.D., Andrew (1819), "Account of some experiments made with the view of ascertaining the different substances from which Iodine can be produced", *Edinburgh Phil. Journ.* Vol. 1, N° 2, pp. 254-258, Edinburgh.
- Fyfe M.D., Andrew (1820), "Essay upon the comparative value of Kelp and Barilla, founded upon actual experiments", *Prize Essays & Trans., Highland Soc. of Scotland*, V. 5, pp. 10-64, Edinburgh.
- Fyfe M.D., Andrew (1827), *Elements of Chemistry*, Edinburgh.
- Gálvez, Juan María de (1792), "Descripción del Paraje nombrado Tarma Tambo, reconocimiento de las Minas de Salitre que hay en el y explicación de su beneficio", *Mercurio Peruano*, v. 5, Lima.
- Gamboni, Pedro (1883), "Recuperación de yodo con ácido sulfuroso", Patente Chilena N° 537.
- Gary G.L. (1941), *Commercial Minerals of California*, citado por Lyday (1986).
- Gaultier de Claubry, M. (1815), "Sur une substance a laquelle on a donne le nom d'inuline", *Ann de Chemie*, v. p. 98, Paris.
- Gay-Lussac, Joseph Louis (1814), "Memoire sur l'iode", *Ann. de Chemie*, 1<sup>ère</sup> Serie v. 91 pp. 5-160, Paris.
- Greenhill, Robert (1983), "Antony Gibbs and Sons and the Organisation of the Iodine Trade 1870-1914", *Lat. Am. Studies*, U. of Cambridge, Working Papers N° 1, pp. 1-26.
- Grüneberg, H. (1853), "Über den Gehalt des Chilisalpeters an Jod und Brom", *J. Prakt. Chem.*, 60, 172-175, Berlin.
- Guyard, Antony (1874), "Jod", *Jahresberichte von Chem. Technologie*, v. 20, pp. 373-376, Berlin.
- Guyard, Antony (1874), "Iode", *Compte Rendus LXXVIII*, p. 261.
- Guyard, Antony (1874), "Notes Mineralogiques 3. De l'existence du periodate de soude dans la nature", *Bull. Soc. Chim. Paris*. New Series, v. 22, pp. 60-61, Paris.
- Harvey, Robert (1883), "Machinery for the Manufacture of Nitrate of Soda at the Ramirez Factory, Northern Chili", *Minutes of the Proc. Inst. Civ. Eng.*, v. 82, pp. 337-344, London.
- Hayes, A.A. (1840), "On the native Nitrate of Soda found in South Peru", *Am. J. Sci.* (1840), v. 39, pp. 375-78 (USA).
- Hayes, A.A. (1840), "Notice of the Native Nitrate of Soda which contains Sulphate of Soda,

- Chloride of Sodium, Iodate of Sodium and Chloride of magnesium, from the Province of Tarapacá", *Boston J. Nat. Hist.*, v. 3, pp. 279-80 (USA).
- Hayes, A.A. (1840), "New Minerals", *Am. Jour. Sci.*, v. 38, p. 410 (USA).
- Hayes, A.A. (1844), *Am. Jour. Sci.*, v. 46, Boston, pp. 360-377 (USA).
- Hayes, A.A. (1844), *Am. Jour. Sci.*, v. 47, Boston, pp. 215 (USA).
- Hernández, Roberto (1930), *El Salitre, Resumen histórico desde su descubrimiento y explotación*, Santiago.
- Hermann, Alberto (1903), *La producción en Chile de los metales i minerales mas importantes, de las sales naturales, del azufre i del guano, desde la Conquista hasta fines del año 1902*, Santiago.
- Holstein, P.F. (1920), "Potassium Nitrate from the Chilean Nitrate Industry", *J. Ind. Eng. Chem.*, v. 12, N° 3, pp. 290-293 (USA).
- Holstein, P.F. (1932), "World Iodine", *Chem & Met Eng*, v. 39, p. 422, New York.
- Jacquelain, A. and Fauré, Luis (1854), *Bull. Soc. Enc. Industr. Nat.*, 54, Paris.
- Jacquelain, A. (1855), "Sur un procédé d'extraction de l'iode contenu l'état d'iodure et d'iodate, dans l'azote de soude brut et naturel du Chili, considere comme source d'iode tres-riche et toute nouvelle", *Bull. Soc. Enc. Industr. Nat.*, 54, pp. 652-660, Paris.
- Jameson, Robert (1800), *Mineralogy of the Scottish Isles, ... and dissertation on Peat and Kelp*, Two volumes, C. Stewart & Co., Edinburgh.
- Jullian, Gustavo (1888), "Memoria sobre la Explotación i Beneficio del Salitre i Iodo", *Anales de la U. de Chile*, 73, primera sección, 381, Santiago.
- Kaempffer, Enrique (1914), *La Industria del Salitre y Yodo*, Santiago.
- Kelly, Dr. Francis (1961), *Proc. Royal Soc. of Medicine*, vol. 54, pp. 831-836, London.
- Krafft (1877), citado por la Encyclopaedia Espasa (1930).
- Kuhlman, Frédéric (1859), "Sur le produits de la decomposition du Nitrate de Soude", *Bull. Encouragement Industriel National*, v. 58, pp. 567-571, Paris.
- L'Olivier, V. (1876), "Le nitrate de soude dans l'Amérique du Sud", *Ann. Chim. Phys.*, series 5 (v), 7, pp. 289-318, Paris.
- Landolt, H. (1886), "Über die Zeitdauer der Reaction zwischen Jodsäure und schwefligers saure", *Berichte*, v. 19, p. 1317, Berlin.
- Langbein, G. (1879), "Die sudamerikanische Jodproduction", *Dingl. Poly.*, J., v. 231, p. 375, Berlin.
- Lavoisier, A.L. (1793), "Suite de Memoire, Sur le different methodes proposes pour determiner le titre ou qualite du Salpêtre brut", *Ann. de Chimie*, 1ère Serie v. 16, pp. 18, Paris.
- Lecanu, B. (1832), "Nitrate de soude de commerce", *Journ. de Pharm.*, (ii), v.18, p.102, Paris.
- Ledesma, Valentine (1856), "Outlines of the Geography of Peru", translated and read by William Bollaert, *Geographical Society Journal*, v. 26, pp. 221-229, London.
- Lembert (1842), "De la presence de l'iode dans l'acide nitrique du commerce", *Jour Pharm. Chim.* (Paris), 3ème Serie v. 1, pp. 297-8.
- Lembert (1843), "De la presence de le nitrate de soude naturel et dans l'acide nitrique du commerce", *Jour Pharm. Chim.* (Paris), 3ème Serie v. 3, pp. 201-207.
- Lockwood, W.W. (1954), *The economic development of Japan - Growth and structural change-1868-1938*, Princeton.
- Lowe, Luis y Hugo Weissflog (1882), "Empleo de sulfuro de calcio para precipitar yodo", Patente Chilena N° 521, Santiago.
- Lowe, Luis y Hugo Weissflog (1881), "Precipitación de yodo con sulfato de aluminio", Patente Chilena N° 506, Santiago.
- Lowe, Luis, y Hugo Weissflog (1885), "Modificación a patentes anteriores para recuperar el yodo como yoduro de cobre", Patente Chilena N° 600.
- Lyday, P.A. (1986), "Crude iodine production - a review of processes", *Industrial Minerals*, March 1986, pp. 65-76, London.
- Mahotiére, Ch. Robert de la (1880), "Fabrication de l'Iode a Antofagasta (Chili)", *Genie Civil*, v. 1, p. 571, Paris.
- Mahotiére, Ch. Robert de la (1883), "Fabrication de l'Iode au Perou", *Genie Civil*, v. 4, p. 106, Paris.

- M'Crummen, Donald (1847), "On the manufacture of Kelp", *Trans. Royal Highland & Agric. Soc. New Series* Vol. 11, pp. 75-78, Edinburgh.
- Molina, Abate don Juan Ignacio (1776), *Ensayo sobre la Historia Natural de Chile*, traducido por Dr. Rodolfo Jaramillo, Santiago de Chile, 1987.
- Muspratt, Sheridan (1860), *Chemistry, theoretical, practical, and analytical as applied and relating to the Arts and Manufactures*, William MacKenzie, London.
- Newton, W. (1903), *J. Soc. Chem. Ind.*, v. 22, p. 469.
- O'Brien, Antonio (1765), "Descripción de la Provincia de Arica", Brit. Museum MSS 17587 Tarapacá, 20 agosto 1765 London.
- O'Brien, Thomas F. (1982), *The Nitrate Industry and Chile's Crucial Transition, 1870-1891*, New York University Press, New York.
- O'Brien, Thomas F. (1979), "Chilean Elites and Foreign Investors: Chilean Nitrate Policy, 1880-82", *J. Lat. Am. Stud.* v.11, pp. 101-121 (USA).
- Ochsenius, Carl (1888), "The Nitrate Deposits of South America, and their Origin (abstract)", *Mining Journal*, 1888, London.
- Parkes, Samuel (1820), "Essay upon the comparative value of Kelp and Barilla, founded upon actual experiments", *Prize Essays & Trans., Highland Soc. of Scotland*, V. 5, pp. 65-122, Edinburgh.
- Partington, J.R. (1964), *A History of Chemistry*, Chapter VII Saltpetre, London.
- Partington, J.R. (1947), *A text-book of Inorganic Chemistry*, London.
- Payen, M. (1839), "Rapport sur la grande fabrique de produits de varechs, de MM. Delaunay, Villedieu, Couturier et compagnie, Tourlaville, pres Cherbourg", *Bull. Soc. Enc. Industr. Nat.* v. 38, p. 315, Paris.
- Paz Soldán, Mariano Felipe (1877), *Diccionario Estadístico Geográfico del Perú*, Lima.
- Pelletier, M. (1827), "Note sur l'emploi de l'iode en teinture, et examen de deux sels venus d'Angleterre", *Bull. Soc. Enc. Industr. Nat.*, v. 26, p. 235, Paris.
- Plagemann, Dr. A. (1905), "Der Chilisalpeter", Berlin (traducido por Kaempffer).
- Prieto, Manuel A. (1888), "Memoria sobre la Explotación i Beneficio del Salitre i Iodo", *Anales de la U. de Chile*, 73, primera sección, pp. 317-380, Santiago.
- Prieur, C.A. (1797), *Ann. de Chemie*, 1ère Serie v. 20, p. 238, Paris.
- Puelma, Francisco (1855), "Apuntes Geológicos y Geográficos sobre Tarapacá en Perú", *Anales de la U. de Chile*, 12, pp. 665-673, Santiago.
- Puelma Tupper, Alfredo (1892), "Estudio Comparativo de los diversos sistemas de beneficio del Yodo en Chile", *Anales del Inst. Ing.*, v. 3, pp. 798-811 Santiago.
- Puelma Tupper, Francisco y Francisco Puelma (1882), Patente Chilena número 520 - Mayo 6, 1882.
- Raimondi, Antonio (1873), *El Departamento de Ancadí y su riqueza mineral*, Imprenta "El Nacional", Lima.
- Raimondi, Antonio (1874), *El Perú*, Imprenta del Estado, Lima.
- Raimondi, Antonio (1878), *Minerales del Perú*, Imprenta del Estado, Lima.
- Reichardt, E. (1858), "Über die Mutterlage von Chilesalpeter", *Archiv Pharm.* v. 146, pp. 134-141, Hannover.
- Reynoso, A.F.C. (1873), Brit. Pat. 799 and French Pat. 98343.
- Ricardo, Antonio (1604), *Vocabulario en la lengua general del Perú llamada Quechua y en la lengua Española nuevamente enmendado y añadido de algunas cosas que faltaban por el padre Maestro Fray Juan Martínez*, Lima.
- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1821), "Note sur le nitrate de soude decouverte dans le district de Tarapacá du Perou", *Ann. Mine* (ii), v. 6, p. 596, Paris.
- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1821), "Note sur le nitrate de soude decouverte dans le district de Tarapacá du Perou", *Ann. Chim. Phys.* v. 18, p. 442, Paris.
- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1822), "Note sur le Cuivre muriate et le Nitrate de soude decouverte dans le Perou", *Arch. Decouvertes et des Inventions Nouvelles*, Paris.
- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1827), "Note sur le nitrate de soude decouverte dans le district de Tarapacá du Perou", *Am. Journ. Sci.*, (i), v. 12, p. 385, Boston.

- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1826), "Note sur le nitrate de soude decouverte dans le district de Tarapacá du Perou", *Bull. Univ.* Octubre 1826, Paris.
- Rivero y Ustáriz, Mariano de (1857), *Colección de Memorias Científicas Agrícolas e Industriales*, Imprenta de H. Goemaere, Bruselas.
- Russel, W.H. (1890), *A Visit to Chile and the Nitrate fields of Tarapacá*, London.
- Semper and Michels (1904), "Die Chilesalpetre Industrie", *Zschr. Berg. Hütt. u. Salinenw.*, 52, pp. 359-482, Berlin.
- Semper and Michels (1908), *La Industria del Salitre en Chile*, traducido y aumentado por J. Gandarillas & O.Ghigliotto Salas, Santiago.
- Serullas (1829) "Sal du commerce contenant du quantites considerables d'iodure de potassium", *J. Pharm.*, v. 15, pp. 613-616, Paris.
- Stanford, Edward C.C. (1862), "The Manufacture of Kelp", *The Technologist*, vol. II, Nº 21 (April 1892), pp. 285-302, London.
- Stanford, Edward C.C. (1884), *J. Roy. Soc. Arts*, v. 32, p. 717, London.
- Stevenson, W.B. (1825), *A Historical and Descriptive Narrative of twenty years residence in South America*, Hurst Robinson and Co., London.
- Stromeyer (1816), "Sur l'amidon, considere com reactiff pour faire decouvrir la presence de l'iode", *Ann. de Chemie*, v. p. 186, Paris.
- Thiercelin (1869), "Iodine", *Berichte*, 2, Berlin, p. 79.
- Thiercelin (1869), *Bull. Soc. Chim.*, v. 11, 186, Paris.
- Torande, L.- G. (1921), "Bernard Courtois (1777-1838) et la decouverte de l'iode (1811)", *L'Acad. Sci. Arts, Belles-lett., Dijon, Memoires Ser. 5*, v. 3, pp. 193-347, Vigot Freres, Paris.
- Ulex (1874), *Archiv. Pharm.*, (ii), v. 6, p. 524, Berlin.
- Ure, Andrew (1824), *A Dictionary of Chemistry on the basis of Nicholson etc.*, London.
- Ure, Andrew (1817), "On Iodine", *Phil. Mag. & Journ.* v. 50, Nº 233, Sep. 1817, pp. 161-164 London.
- Villanueva, A. (1878), "Guanos i Salitres del Desierto de Atacama", *Anal. U. de Chile*, v. 53, Santiago, pp. 403-443.
- Williams, L. Pearce (1965) *Michael Faraday, a biography*, Basic Books, New York. Cita Faraday's Foreign Journal, indicando que éste está incluido en el manuscrito denominado *Common Place Book, Volume 2*, depositado en la biblioteca de la Institution of Electrical Engineers de Londres.
- Yeats, John (1853), "Analysis of the ash of three species of sea-weeds", *Trans. Royal Highland & Agric. Soc.*, New Series, Vol. 13, p. 448, Edinburgh.