

24.26

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO

FACULTAD DE QUIMICA



HISTORIA DE LA INDUSTRIA QUIMICA EN MEXICO (1760-1948)



EXAMENES PROFESIONALES
FAC. DE QUIMICA

TRABAJO MONOGRAFICO MANCOMUNADO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO QUIMICO

P R E S E N T A N :

RODOLFO ESCOBEDO GONZALEZ
FRANCISCO JAVIER SALDIVAR MORALES

MEXICO, D. F.,

NOVIEMBRE DE 1987





UNAM – Dirección General de Bibliotecas Tesis Digitales Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS © PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis está protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

III

I N D I C E

Pág.

CARATULA.....	I
AGRADECIMIENTOS.....	II
INDICE.....	III
INTRODUCCION.....	IV

CAPITULO I

LA MINERIA EN MEXICO

REFORMAS BORBONICAS.....	1
La Guerra de los Siete Años (1756-1763) y el Decreto de Comercio Libre, 2. Gálvez y la Implementación de las Reformas, 3. Joaquín Velázquez de León, El Tribunal de Minería y las Ordenanzas de 1783, 7. Fausto de Elhúyar y el Real Seminario de Minería, 12.	
OPERACIONES DE BENEFICIO.....	16
Operaciones Fundamentales en el Método de Medina, 19. Método de Alonso de Barba. Cazo y Cocimiento, 22. Método de Börn y sus Modificaciones. Gil Barragán (1786), 23. La Pólvora y su Importancia en la Minería, 28.	
LA MINERIA EN EL SIGLO XIX.....	31
Teoría de José Garcés y Eguía (1802). Acción del Tequesquite, 31. Federico Sooneschmidt. Teoría de la Amalgamación, 32. La Independencia y las Compañías Extranjeras, 36. Método de Cianuración a fines del Siglo XIX, 44.	

CAPITULO II

MAQUINA DE VAPOR

ANTECEDENTES.....	49
-------------------	----

LA MAQUINA DE VAPOR EN MEXICO..... 56

CAPITULO III

INDUSTRIA TEXTIL

EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA (1760-1850)..... 76

La Máquina de Hilar, 79. La Máquina de Hilar de -
 Arkwright, 80. La Máquina de Hargraves "Jenny", -
 81. Máquinas Tejedoras, 82.

INDUSTRIA TEXTIL EN MEXICO.....

Período Colonial, 84. Industria Textil en el pe-
 ríodo de la Independencia (1810-1821), 88. Indus-
 tria Textil en el México Independiente. (Siglo ---
 XIX), 89. Proyecto Godoy, 92. Banco de Avío (1830-
 1842), 95. Fracaso y Extinción del Banco de Avío,-
 104. Antonio López de Santa Anna. 23 de septiembre
 de 1842, 107. Creación de la Dirección General
 de la Industria. 2 de diciembre de 1842, 107. Pe-
 ríodo de la Dirección General de Industria. Avan-
 ces en la Industria Textil, 109. Situación Políti-
 ca en México en el Período de 1842-1876 y su reper-
 cusión en la industria nacional, 114.

CAPITULO IV

COLORANTES

COLORANTES DE ORIGEN NATURAL..... 118

Colorantes Sintéticos, 122. Colorantes en México,
 126. Crianza y Beneficio de la Grana, 130. Aplica-
 ción de la Cochinilla, 137. Principio Activo de la
 Cochinilla, 137.

CAPITULO V

ACIDOS

ACIDO NITRICO..... 140

	<u>Pág.</u>
Proceso Natural (Nitrato de Sodio y Acido Sulfúrico, 144. Proceso de Arco Eléctrico, 145. Proceso de Amoniaco, 148.	
ACIDO CLORHIDRICO.....	150
ACIDO SULFURICO.....	155
Antecedentes, 156. Proceso de las Cámaras de Plomo, 159. Proceso de Contacto, 163.	
ACIDOS EN MEXICO.....	166
Leopoldo Rio de la Loza y la Relación con la Industria de los Acidos, 177. Los Acidos en el Siglo -- XX, 181.	

CAPITULO VI

ALCALIS

ANTECEDENTES.....	
Proceso Leblanc, 193. Proceso Solvay o de Sosa -- Amomiaca, 199.	
ALCALIS EN MEXICO.....	203
Establecimiento de la Industria de los Alcalis en el Siglo XX, 211. Constitución de la Compañía Sosa Texcoco, S.A., 212. Procedimiento de Fabricación de la Planta de Sosa Texcoco, S.A., 213.	

CAPITULO VII

FERTILIZANTES

PANORAMA MUNDIAL.....	221
Superfosfatos, 221. Desarrollo de la Tecnología en el Proceso de los Superfosfatos, 224. Superfosfato Triple, 227. Escorias Fosfatadas (Basic Slag), 229. Amoniatación de los Superfosfatos, 230.	

	<u>Pág.</u>
FIJACION DE NITROGENO ATMOSFERICO.....	236
Proceso del Arco Eléctrico, 237. Proceso de Ciana- mida, 240. Proceso de Amoniaco Sintético, 244. Pro- ceso Biológico, 255.	
FERTILIZANTES EN MEXICO.....	260
Explotación de Guano, 264. Fosfatos y Superfosfa- tos, 269. Compuestos Nitrogenados, 271.	
ANEXO No. I.....	285
ANEXO No. II.....	286
ANEXO No. III.....	292
ANEXO No. IV.....	296
ANEXO No. V.....	300

INTRODUCCION

Durante 1985 la Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal (SEMIP), a través de la Dirección de Asesores, puso en marcha un conjunto de estudios tendientes a conocer el origen, evolución y estado actual de la industria paraestatal en México, así como las iniciativas del Estado Mexicano en el fomento de esta actividad y su comparativo internacional.

Entre los estudios, la Facultad de Química de la Universidad Nacional Autónoma de México, mediante convenio establecido entre Fertilizantes Mexicanos, S.A., Secretaría de Energía, Minas e Industria Paraestatal y la Rectoría de la propia Universidad Nacional Autónoma de México, acató la responsabilidad del estudio referente a la industria de los fertilizantes en México. El acuerdo abarca un período comprendido entre las Reformas Borbónicas, primera iniciativa histórica de reconversión industrial y la etapa contemporánea del país. De aquí la demanda de conocer los orígenes de la industria química en México, su lugar en la vida política y económica del país, el modo como surgen y se transfieren los procesos tecnológicos y el impacto de la acción estatal en el desarrollo técnico.

La primera etapa de esta investigación demandó conocer el desarrollo de la industria química en el país, para ubicar el estado actual y origen de la industria de los fertilizantes

y de aquí se conoció que los estudios históricos sobre la evolución de la química en México, son escasos y reducidos a periodos menores al comprendido en el convenio. Es por esta razón, que el trabajo que aquí presentamos, se desarrolló a la par del estudio pactado por nuestra Universidad, con el propósito de -- aportar elementos y documentación para futuros estudios de una historia que está por integrarse.

Las conclusiones están presentadas al interior del texto por lo que hacer una serie de conclusiones finales resultarían escuetas al abarcar un periodo tan amplio.

Los autores agradecen el soporte financiero del Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología.

CAPITULO I

LA MINERIA EN MEXICO

CAPITULO I

LA MINERIA EN MEXICO

REFORMAS BORBONICAS.

La estructura social, económica y política de la Nueva España sufrió cambios trascendentales a partir de 1760, con las medidas adoptadas por Carlos III conocidas como "Reformas Borbónicas", enfocadas principalmente a la reorganización del ejército, la administración de la Real Hacienda y en general la renovación del sistema de gobierno, asociada a la mejoría económica del reino.

Carlos III, al asumir el poder en 1759, se rodeó de "ilustrados", entre los cuales destacan Floridablanca, Campomanes y Aranda, que sostenían las ideas políticas que originaron la Revolución Francesa y proporcionaron al rey una vía, para obtener supremacía sobre el poder eclesiástico.(1) Esto significó un mayor poderío, que anuló primero, la adquisición de nuevos bienes por parte de la Iglesia y posteriormente la confiscación de sus antiguas propiedades. Los jesuitas fueron los primeros en rebelarse ante estas disposiciones. El motín de 1766 culmina con su expulsión de España y un año más tarde de sus colonias.(2). Estas

(1) Ricardo Rees Jones. El Despotismo Ilustrado y los Intendentes de la Nueva España. Ed. U.N.A.M. México, 1983. pag.40.
(2) Elf de Gortari. La Ciencia en la Historia de México. Ed. Grijalvo. México 1980. pag. 237.

reformas fueron el instrumento para asegurar el poder monárquico central.

El manuscrito de José del Campillo de 1743, titulado "Nuevo Sistema de Gobierno Económico para la América", fué entre - - otros, la pauta para el establecimiento de las Reformas Borbónicas. Campillo inicia su análisis con la comparación de las ganancias obtenidas por franceses e ingleses en los territorios del Caribe y las pequeñas utilidades que España recibía del Imperio Continental. Campillo recomienda el establecimiento de los métodos mercantilistas de Colbert, que exigían la terminación del monopolio comercial de Cádiz, la distribución de tierras a los indígenas y el fomento de la minería argentífera.(3)

La Guerra de los Siete Años (1756-1763) y el Decreto de Comercio Libre.

Las ideas reformistas fueron aplazadas debido a la guerra de siete años en la que intervienen Inglaterra y España. En 1762 la Habana es capturada por los ingleses y en 1763 se firma en París el tratado de paz, que obliga a España a la apertura del comercio con las colonias americanas.(4) Los ingleses lograron -- con el triunfo, nuevos mercados para los productos nacidos de la

(3) D.A. Brading. *Mineros y Comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*. Ed. F.C.E. México 1984. pag. 7.

(4) Agustín Cue Canovas. *Historia Social y Económica de México - 1521-1854*. Ed. Trillas. México 1978. pag. 101.

vigorosa Revolución Industrial. Con la derrota sufrida por España se debilita la monarquía española. Con estos antecedentes, se evidencia más aún, el mal manejo de la administración y la necesidad de modernización. Así "Las reformas que emprende la dinastía borbónica, en particular Carlos III, sanean la economía y hacen más eficaz el despacho de los negocios, pero acentúan el centralismo administrativo y convierten a la Nueva España en una verdadera colonia... Los Borbones transformaron a Nueva España, reino vasallo, en simple territorio ultramarino".(5)

Gálvez y la Implementación de las Reformas.

Carlos III promueve dentro de estas reformas la militarización de las colonias. La implementación de esta política en la Nueva España corre a cargo del Marqués de Cruillas, virrey en el período de 1761 a 1766, quien organiza el ejército con criollos, españoles, mestizos y algunos indígenas, como resultado de la captura de la Habana. El ejército de Cruillas se concentró en la fortaleza de San Juan de Ulúa, Veracruz; el ejército no tuvo actividad debido al Tratado de París. Además, este ejército se ocuparía de la vigilancia de la frontera norte especialmente Texas, Nuevo México y Louisiana. Es en este período cuando se recibe la visita del inspector general Juan de Villalba, encargado de la formación de tropas para el resguardo de la ciudad de México (6).

(5) Octavio Paz, El Laberinto de la Soledad. Ed. F.C.E. México. 1976. pag. 106.

(6) Ma. del C. Velázquez. Historia de México. Vol. 6. Ed. Salvat México 1974. pag. 92.

Esto provocó descontento en el virrey quien argumentaba que era de mayor importancia para todo el reino vigilar el puerto de Vera cruz. Esta fricción finalizó con la renuncia del Marqués de Cruillas, ya establecido el ejército. Para sostener al ejército, el gobierno español, incrementó los impuestos lo que provocó protestas populares en todo el reino.(7)

La reorganización de la Real Hacienda, que debía encargarse del cobro de impuestos, la administración y el balance del gasto público da origen a la etapa conocida como el "Despotismo Ilustrado". El rey encomienda esta misión a José de Gálvez, quien -- arriba a la Nueva España en 1765, con la función de vigilar la debida implantación de las medidas del gobierno español. Esta política se traduce en la creación de monopolios o estancos. El del tabaco, llamado "Real Estanco del Tabaco", se reorganizó en 1768, los naipes pasaron a ser "Real Estanco", en 1765, a resultas del desorden en su comercio (8). Estas medidas provocaron el malestar en la población. Gálvez, para ejercer un mayor control propone como forma de gobierno el sistema de intendencias, en el informe del 15 de enero de 1768, intitulado "Informe y Plan de Intendencias que Conviene Establecer en las Provincias de este Reyno de Nueva España", para asegurar con esta medida la prosperidad del reino.(9). Este proyecto es el antecedente de la actual es-

(7) Ibidem. pag. 93.

(8) Andrés Lira. Historia de México. Vol. 6. Ed. Salvat. México - 1974. pag. 125-129.

(9) Ricardo Rees Jones. Op. cit. pag. 81.

estructura política regional de la República Mexicana.

Gálvez es uno de los hombres con mayor visión en la reestructuración económica de la Nueva España. Su interés por el fomento de las ciencias en relación con el desarrollo de la industria y en especial, la reactivación de la producción de plata, -- permitió librarla del control mercantil de las casas importadoras de la ciudad de México. (10).

En 1768 surge el decreto del "Comercio Libre" que suprime el antiguo monopolio de Cádiz. A partir de este momento, los puertos principales de la península pudieron comerciar libremente con las colonias americanas (11). Este ataque contra los antiguos monopolistas proporcionó independencia económica a mineros de la plata y comerciantes en general.

A la renuncia del Marqués de Cruillas, toma el cargo el Marqués de Croix (1767-1771). Es en este período cuando inicia el auge minero en la Nueva España, consecuencia inmediata del establecimiento de las Reformas Borbónicas.

En el cuadro No. 1., muestra el incremento en la producción de metales preciosos entre 1761 y 1820.

(10) D.A. Brading. Op. cit. pag. 62.

(11) Agustín Cue Canovas. Op. cit. pag. 102.

CUADRO No. 1

VOLUMEN (Kg)			VALOR TOTAL (MM. PESOS)		
PERIODO	ORO	PLATA	TOTAL PERIODO	PROMEDIO ANUAL	TASA ANUAL (\$)
1761-80	26,170	7'328,000	282.9	14.1	--
1781-1800	24,580	11'249,000	425.8	21.3	2.1
1801-10	17.630	5'538,000	224.6	22.5	0.5
1811-20	10,170	3'120,000	127.0	12.7	(5.6)

Fuente: Sergio de la Peña. La Formación del Capitalismo en México. Ed. Siglo XXI. México 1985. pag. 57.

El anexo No. 1, muestra la producción mienra del país por periodo virreinal, desde 1690 hasta 1822, en donde al introducirse las Reformas Borbónicas, junto con el avance técnico de la época, la producción refleja incrementos notables (aproximadamente de un 96%).

El anexo No. 2, sintetiza la etapa borbónica, en sus diversos aspectos y sus respectivos factores y sucesos.

Joaquín Velázquez de León, El Tribunal de Minería y las Ordenanzas de 1783.

Con el gobierno de Croix, la segunda mitad del siglo XVIII contempla el florecimiento de la minería mexicana; la producción de metales preciosos logra incrementos considerables. Esta situa

ción se llevó a cabo en buena medida a la implantación de las Reformas Borbónicas, que se complementaron con las aportaciones técnicas originadas en esta época en el mismo territorio de la Nueva España.

Entre los personajes más sobresalientes del aspecto técnico-científico de la época, encontramos a Joaquín Velázquez de León, quien realizó diversos trabajos relacionados con esta industria. Proporcionó a la minería las bases para su organización, al formar un gremio minero y proponer la creación de una escuela relacionada con esta actividad. El trabajo de mayor relevancia fue la realización de las ordenanzas de minería que la regirían para su funcionamiento ordenado.

Dentro de los trabajos científicos de Velázquez de León sobresalen el diseño de hornos de fundición, la construcción de malacates, un método para el apartado de oro y plata, diversos trabajos de Astronomía y Geografía y algunos otros relacionados con las ciencias exactas, así como informes sobre el estado de la industria dirigidas al virrey y al rey denominadas "representaciones".(12)

En 1766 Velázquez de León y Lucas Lassaga, enviaron al virrey un escrito en donde proponían separar el oro de la plata de

(12) Roberto Moreno. Joaquín Velázquez de León y sus Trabajos Científicos sobre el Valle de México 1771-1775. Ed. U.N.A.M. México 1977. pag. 21-44.

baja ley, mineral que existía abundantemente en el territorio mexicano y que era trabajado por el método de amalgamación. "El escrito empieza con un cálculo del dinero que supuestamente perdieron el público y la Real Hacienda... cálculo que alcanza los 60 millones de pesos entre 1733 y 1765... Para convencer al virrey - de la utilidad del proyecto calculan que lo que anualmente percibiría la Real Hacienda serían 105,165 pesos y tres tomines".(13)

En 1774 se publica una "representación" en la cual se proponían cuatro puntos principales: un cuerpo de mineros a la manera del Consulado, un Tribunal privativo, un Banco de Avío y una Escuela de Minería. Lucas Lassaga y Velázquez de León comentaban al respecto:

"El gremio o comunidad de los mineros de esta Nueva España, es un cuerpo (si merece este nombre) no solamente acéfalo, sino - que carece de toda organización... Las Ordenanzas de nuestra minería, que son la norma principal de su gobierno, las unas - fueron dictadas más ha de dos siglos (1539), para las minas de la Antigua España, y las otras se ajustaron a lo que exigían - estos negocios, poco después de conquistadas las Indias... Es cosa clara que la diferencia de países, y tiempos tan remotos, debe haberlas hecho menos adaptables a los nuestros de lo que debían serlo. Por esto pues faltan algunos artículos que hoy fueron importantes. Otros han quedado inútiles, y todos parecen tan confusos, como que fueron concebidos cuando las cosas de que tratan tenían una distintísima figura... Pensar (como algunos piensan) que por medio de una práctica ciega y desnuda de todo principio científico se puede llegar a la perfección - de que es capaz la minería, es lo mismo que persuadirse a que se puede navegar en alta mar con un práctico y sin la dirección de un sabio piloto... todos estos artículos están clamando por su reforma... indicamos la gran necesidad que tiene - - nuestra minería de hombres de bien y suficientemente instruidos, tanto que se les pueda fiar el manejo de lo más importan

(13) Ibidem. pag. 26-27.

te, íntimo y delicado de esta profesión. No hay más remedio - que el de crearlos; y para ello es necesario erigir un Seminario Metálico (colegio)...".(14)

Más tarde en 1776 el virrey Antonio Ma. de Bucareli (1772-1778) convocó a una reunión de los principales delegados de los distritos mineros debido a los problemas surgidos en relación a la producción minera (estanco, altos precios de materias primas, desagües, etc.). De aquí surgió un Tribunal y una asociación gremial para la minería que sería dirigida por Velázquez de León, de legado de Sultepec, primer director general del Tribunal (1777-1786) quien se encargaría especialmente de la capacitación técnica y la experimentación. (15)

El 10. de julio de 1776 se expidió la real cédula que crea ba el Cuerpo de Minería de la Nueva España. El virrey Bucareli publicó el 11 de agosto de 1777 la formación del "Real Tribunal General de Minería".(16). Creado el Tribunal de Minería y gracias a la labor realizada por Velázquez, fue posible la realización de un nuevo código para regir la minería mexicana. Así, en 1778 esta misión se pone en manos de Velázquez de León y Lucas Lassaga quienes eran los más indicados para efectuar esta labor. En 1783, Carlos III expide en Aranjuez, España, la real cédula con el título de "Reales Ordenanzas para la Dirección, Régimen y Gobierno --

(14) Justino Fernández. El Palacio de Minería. Ed. U.N.A.M. México 1985. pag. 11-12.

(15) D.A. Brading. Op. cit. pag. 225.

(16) Roberto Moreno; Op. Cit. pag. 35.

del Importante Cuerpo de la Minería de la Nueva España y de su -- Real Tribunal", constituida de título, proyecto y ordenanza (17). Dentro de los más importantes títulos se encuentran: Del tribunal general de la minería de la Nueva España, De los jueces y diputados de los reales de minas, Del dominio radical de las minas: de su concesión a los particulares y del derecho que por esto deben pagar, De las minas de desagüe, de las minas de compañía, del fondo y Banco de Avío de minas, de la educación y enseñanza de la juventud destinada a las minas y del adelantamiento de la industria en ellas, etc. (18).

Como se observa el objetivo perseguido a través de estas ordenanzas es el otorgamiento de derecho de patentes sobre descubrimientos, la limitación de las responsabilidades civiles de los mineros, la definición cuidadosa de los contratos con aviadores, la remuneración de la mano de obra y en general de los problemas que presentaba la minería, fueron todos los puntos claramente expuestos. La formación de un banco financiero fué otra realización importante pero que concluyó en un fracaso. Inició sus operaciones en 1784 y dos años después fué declarado en bancarrota por el virrey. "Durante este breve período el banco reunió y colocó - 1'204,903 pesos en más de veinte empresas diversas, recobró plata por 509,397 pesos y perdió entonces 702,000 pesos".(19) Aunado

(17) Alejandro de Humboldt. Ensayo Político sobre el Reino de la Nueva España. Ed. Porrúa, S.A. México 1984. pág. 398-399.

(18) Miguel León Portilla. La Minería en México. Ed. U.N.A.M. México 1978. pag. 132-137.

(19) D.A. Brading. Op. cit. pag. 226.

a este factor Brading agrega: "siguió una política muy imprudente para los préstamos, la corrupción entró en escena; el gerente administrativo se embolsó 126,938 pesos".(20) El tribunal recibió otro duro golpe en el año de 1786 a la muerte de Velázquez de León y Lucas Lassaga que en ese momento se encontraban en franca bancarrota (21). Esto contribuyó a la terminación de las funciones de este banco y a concluir una de las etapas más importantes de la minería mexicana.

Fausto de Elhúyar y el Real Seminario de Minería.

Con la muerte de Velázquez de León, Fausto de Elhúyar, es nombrado director general del "Real Tribunal de Minería". Elhúyar (1755-1836) realizó estudios de química en Alemania, conoció al Barón de Humboldt que lo calificaba como: "El sabio Elhúyar, de nombre ilustre en los anales de las ciencias químicas".(22) Efectuó estudios sobre mineralogía y dominó las teorías de amalgamación utilizadas en las minas de Freiberg. Fue uno de los investigadores que por sus trabajos técnico-prácticos, alcanzó la fama y el reconocimiento mundial por haber descubierto el Wolframio o Tungsteno en el año de 1783 en España. (23).

(20) Ibidem. pag. 226.

(21) Ibidem. pag. 226.

(22) Humboldt. Op. cit. pag. 96.

(23) Elf de Gortari, Op. cit. pag. 249.

Elhúyar arribó a México en 1778, acompañado de once técnicos sajones entre los que figuraban Federico Sonneschmidt, Francisco Fischer y Luis Linder, que de inmediato se trasladaron a los distintos distritos mineros de Guanajuato, Zacatecas, Taxco, etc. (24)

Dentro de los principales objetivos de Elhúyar al mando del Tribunal, estaba la introducción del método de Búrn en la Nueva España y la creación de un centro educativo que satisficiera las necesidades técnicas de la minería mexicana. Esto había sido propuesto anteriormente por Velázquez de León. Elf de Gortari apunta respecto a este colegio: "Las finalidades de este Seminario consistían en formar técnicos preparados para dirigir el laboreo de las minas y el beneficio de los metales; propósitos que respondían a la necesidad inaplazable de mejorar la explotación de las riquezas del subsuelo y, en particular, el aprovechamiento de los minerales relativamente pobres y la ampliación del beneficio de los minerales de plata". (25)

En 1790 de acuerdo de las propuestas de las "Reales Ordenanzas", Elhúyar redacta un plan de estudios para establecer una de las primeras escuelas seculares en México, conocida con el nombre de "Real Seminario de Minería", inaugurado el 10. de enero de 1792 por el conde de Revillagigedo y Fausto de Elhúyar fue el pri

(24) Elfas Trabulse. El Círculo Roto. Estudios Históricos sobre la Ciencia en México. Ed. F.C.E./S.E.P. México 1982. pág. 198.

(25) Elf de Gortari, Op. cit. pag. 249.

mer director de este colegio. (26). Las materias impartidas en este colegio eran aritmética, álgebra, geometría, secciones cónicas, topografía, dinámica, hidrodinámica, química, mineralogía, técnicas de beneficio, metalurgia, laboreo de minas y técnicas de excavación entre otras.(27). Es importante recalcar que el Colegio de Minería tuvo el primer laboratorio moderno de química en México.

La construcción de la Escuela de Minas corrió a cargo del arquitecto Manuel Tolsá "que concibió y realizó un verdadero palacio por sus proporciones y por su lujosa arquitectura, no obstante su severidad clásica; hay en el edificio algo más, sin duda, de lo que se requería para una construcción escolar".(28). Los deseos del Real Tribunal encontraron su justo intérprete en Tolsá, quien tenía para todo un sentido monumental y grandioso. Humboldt agrega al respecto "ninguna ciudad del nuevo continente, sin exceptuar las de los Estados Unidos, presenta establecimientos científicos tan grandes y sólidos como la capital de México".(29).

El Seminario adquirió fama y prestigio debido a distinguidos profesores que impartieron cátedras en él, tal es el caso --

(26) Modesto Bargalló. La Minería y la Metalurgia en la América - Española durante la Epoca Colonial. Ed. F.C.E. México 1955 pág. 316-319.

(27) Elf de Gortari. Op. cit. pag. 249.

(28) Justino Fernández. Op. cit. pag. 21.

(29) Arturo Arraiz. Don Andrés del Río, Descubridor del Eritronio Ed. Cultura. México 1948. pag. 40. (A.G.N.).

de Manuel Andrés del Río (1765-1849), que al igual que Elhúyar había estudiado química y mineralogía en Alemania al lado del Barón de Humboldt. En Francia, fué condiscípulo de Lavoisier, situación que lo hizo acreedor a los más altos reconocimientos mundiales (30). Aportó los conocimientos científicos de la época en relación a la química, mineralogía, mecánica e hidráulica destinados a mejorar el desarrollo tecnológico de la industria minera mexicana. Fué el primero en impartir cursos de mineralogía en el país.

Manuel Andrés del Río se destacó en el ámbito científico internacional por haber descubierto, en 1801, el Eritronio, conocido en la actualidad como Vanadio que lo hizo merecedor al título de "Caballero de la Orden de Guadalupe" otorgado por el Emperador Agustín de Iturbide (31). Como sus conocimientos lo hicieron insustituible en el Colegio de Minería, se le consideró en todo momento ciudadano mexicano, situación que lo excluyó de la expulsión masiva de españoles al término de la guerra de independencia.

Es a partir de este momento, cuando gradualmente la minería mexicana pasa de una actividad empírica a una de conocimientos técnicos aplicables, en gran parte debido a los egresados del Seminario de Minería que más tarde introducirían al país las co-

(30) Gutierrez Tibón. México. Ed. Pirámide. México 1950. pag.383.

(31) Arturo Arraiz. Op. cit. pag. 50.

rrientes de ideas liberales, que fueron el principio del movimiento de independencia.

OPERACIONES DE BENEFICIO.

México se ha distinguido por ser una de las naciones tradicionalmente dedicada a la rama industrial de la minería, desde la conquista hasta nuestros días, donde gran parte de la economía se ha basado en ella.

Es en la época colonial cuando las exportaciones de oro y plata alcanzaron cifras considerables. Alejandro de Humboldt -- apunta en 1803 que "Los 2 1/2 millones de marcos de plata exportados anualmente por Veracruz equivalen a los dos tercios de toda la plata que se extrae anualmente en el globo entero".(32)

Este auge fué el resultado del desarrollo de los diversos métodos de beneficio de minerales, dirigidos a los de oro y plata. Durante el siglo XVI surgen los primeros métodos de beneficio, todos ellos basados en el proceso de amalgamación. El primero y el de mayor importancia fue el desarrollado en 1555 por el ilustre minero español Bartolomé de Medina (1504-), quien arriba a la Nueva España en el año de 1553, procedente de su natal Sevilla, para trasladarse a Pachuca donde se adaptó el beneficio por el azogue (mercurio). Este método conocido como "El Método de Pa--

(32) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 335.

tio", empleado para los minerales de baja ley.(33)

Hasta la fecha existen controversias acerca de la originalidad del método de Medina. Bargalló afirma que surgió como resultado de una conversación con un alemán incógnito que lo enseñó y entrenó en estas labores (34). También Humboldt menciona que "un alcalde de la corte de México, Berrió de Montalvo... asegura que Medina había oído decir en España que se podía sacar la plata por medio del azogue y de la sal común".(35). Bargalló es de los investigadores que ha defendido la paternidad de este método, a través de sus escritos, donde presenta los elementos de juicio necesarios, para asegurar la originalidad del método de patio. El hecho es que, original o no, el método de Medina tuvo gran aceptación en la Nueva España. La amalgamación de patio, algunas veces llamada también en frío, resultó tan productiva que a cinco años de su implantación se contaba en la provincia de Zacatecas con 35 haciendas de beneficio.(36)

Por lo que respecta a los otros métodos de beneficio que surgieron durante este período, Humboldt en el "Ensayo Político" narra que "En 1586... un minero peruano, Carlos Corso de Leca, descubrió el beneficio del hierro, aconsejando que se mezclasen

(33) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 115.

(34) Ibidem. pag. 117.

(35) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 373.

(36) Ibidem, pag. 373.

unas hojillas de hierro con las lamas, asegurando que por medio de esta mezcla se perdían nueve décimos de mercurio menos".(37)

Y agrega: "En 1590 Alonso Barba propuso la amalgamación - en caliente o por cochura en tinas de cobre, la cual se llama beneficio de cazo y cocimiento, y es el que el señor de BERN propuso en 1786. En este método la pérdida de azogue es mucho menor que en el beneficio por patio, porque el cobre de las vasijas -- sirve para descomponer el muriato de plata $[AgCl]$; al mismo tiempo el calor ayuda a la operación, ya haciendo más enérgica la acción de las afinidades, ya dando movimiento a la masa líquida -- que empieza a hervir".(38)

Enseguida describe el 4o. método: "En 1676, Juan de Corro Segarra descubrió un proceder poco usado en el día, que se llama el beneficio de la pella de plata, que consiste en añadir al mercurio del amalgama una parte de la plata ya formada. Se supone que esta pella favorece la extracción de plata, y que la pérdida de azogue es tanto menor cuanto la amalgama se disemina con más dificultad en la masa".(39).

Finalmente dice: "... el beneficio de la colpa; y que consiste en que en vez de un magistral artificial que contiene mu--

(37) Ibidem. pag. 377.

(38) Ibidem. pag. 377.

(39) Ibidem. pag. 377-378.

cho más sulfato de cobre que de hierro, se emplea la colpa, que es una mezcla natural de sulfato ácido de hierro y de óxido de hierro en su maximum".(40).

Todas estas operaciones estaban basadas en el método de Medina; usaban como materia prima principal el mercurio. Esta tecnología operaba bajo conceptos cualitativos y empíricos, sin contar con un conocimiento científico que permitiese fundamentar las diferentes etapas del proceso de amalgamación.

Operaciones Fundamentales en el Método de Medina.

Trituración y Molinda: Separada la mena destinada a la amalgamación (minerales de baja ley) se trituraba con mazos, se pasaba más tarde a tahonas o arrastres (molinos) de donde se transformaba en harina (se desconoce el tamaño de partícula). Montones: Con la masa molida, se formaban montones de aproximadamente 18 a 35 quintales (1 quintal = 46.025 kg.), en eras o patios circulares o rectangulares al aire libre o bajo techo. Ensamorado: Adición de una solución de sal común. Curtido: Si lo exigía la naturaleza de la mena se añadía magistral, de 8 a 12 libras por montón y algunas veces se le agregaba cal (esta operación a juicio del minero). Incorporo: Adición de azogue, de 10 a 12 libras por montón. Repasos: Trilla con los pies (en los últimos tiempos coloniales se utilizaron caballerías) de los montones ex-

(40) Ibidem. pag. 378.

tendidos en el patio para formar tortas; primero solo una vez al día, después en mayor número y durante todo el tiempo que se considerase necesario para que el azogue absorbiera la máxima cantidad de plata, de acuerdo a un previo ensayo menor de la riqueza de la mena y de las "tentaduras" que se realizaban durante los repasos, esta operación duraba desde unas semanas hasta dos o tres meses según la naturaleza de la mena, el clima, etc. Lavado: Cuando se consideraba que la masa estaba lista, se trasladaba a una "tina" con agua donde era agitada; donde se separaba la "pella" o amalgama de plata, de los lodos finos o "lamas". Separación de la pella: Operación de secado de la masa o torta, después se elaboraban las "piñas" (pequeñas cantidades de torta) -- destinadas al desazogado. Desazogado: Separación de la plata -- del azogue por medio de la destilación, en vasijas corrientes de la época. (41,42) En 1873 "El Minero Mexicano", publicó un documento inédito del siglo XVI, en el cual se describe el método de amalgación (Ver anexo No. 3).

El método de patio ofreció a los mineros mexicanos, un procedimiento sencillo para el beneficio de los minerales. Pero resultaba ser de altos costos y baja eficiencia, por el gran consumo de mercurio y la mala recuperación en la etapa de destilación. De acuerdo al análisis realizado por Duport "De 1570 a 1585 se beneficiaron en Nueva España 2,370 quintales por el método

(41) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 128-129.

(42) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 374-377.

do de patio, o sea 237,000 libras, que produjeron 774 y 1/4 marcos de plata con pérdida de 581 libras de azogue, o sea el peso de plata era al del mineral como 16 a 10,000; y la pérdida de -- azogue de 12 onzas por marco proporción que es exactamente la -- misma que en 1843...".(43)

El mercurio, materia prima fundamental para llevar a cabo el beneficio, era suministrado principalmente de las minas de -- Almaden, España, que era el primer centro productor en el mundo (ver tabla No. 1). Sin embargo, en México existían minas de mercurio pero no se explotaban, debido a que la corona española se interesó en su comercio y estableció un monopolio o estanco para controlarlo y de manera indirecta a la industria minera en general. "La corona española cargaba un impuesto del 10 por 100 sobre toda la plata producida...".(44). A partir de 1663 la Real Hacienda se encargó de la comercialización del mercurio, ya que resultó ser un atractivo ingreso para engrosar las arcas del erario público. El precio se fijó arbitrariamente, así entre los años de 1560 a 1570 fué de 117 a 125 pesos por quintal, para --- 1590 fué de 113 pesos y bajó a 96.5 pesos en 1602, hasta establecerse en 1627 a 82.5 pesos el quintal.(45)

(43) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 129.

(44) D.A. Brading. Op. cit. pag. 129.

(45) Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo II. Noticias de Nueva España en 1805. Publicado por el Tribunal del Consulado. México 1850. pag. 3-51. (A.G.N.)

TABLA No. 1

ENVIOS DE MERCURIO A VERACRUZ (1610-1645)	
PERIODO	CANTIDAD (QUINTALES)
1611-1615	19,048
1616-1621	24,311
1621-1625	24,045
1626-1630	22,640
1631-1635	11,033
1636-1640	9,241
1641-1645	14,579

Fuente: D.A. Brading. *Mineros y Comerciantes en el México Borbónico (1763-1810)*. Ed. F.C.F. México 1983. pag. 29.

Método de Alonso de Barba. Cazo y Cocimiento.

El método de Barba (1590) es junto con el de patio uno de los más importantes de la época colonial. Este método fué la base del utilizado en las minas alemanas durante el siglo XVIII y que más tarde trató de introducir en México Fausto de Elhúyar, - conocido como el método de Börn. Alonso de Barba y Toscano publicó en 1640 la obra "Arte o Nuevo Modo de Beneficiar los Metales de Oro y Plata, y de Plata con Ley de Oro, por "Azogue" en el cual describe ampliamente el beneficio de cazo y cocimiento. El proceso se llevó a cabo en un "cazo" que debía estar constituido de cobre, sin tener algún contenido de otro metal. Las di

mensiones de este recipiente fueron descritas con medidas poco comunes como "dedos" y gruesos de "dedos" (46). El método de -- Barba consiste del siguiente procedimiento:

"Molidos y cernidos los metales con la mayor sutileza que se pudiere, si todavía tocada la harina entre los dedos se sintiere aspereza de relabe grueso, se eche en tinas, birques o ba--teas, con agua suficiente, y se menee muy bien, y con un breve descanso se apartará lo sutil de lo mal molido que se asentara en el fondo. El agua en la lama se eche en los fondos, o calderas grandes, a que algo antes se les habrá comenzado a dar fuego, con una, o dos bortijas de agua clara, según su capacidad, y con el azogue necesario, conforme la riqueza del metal, aunque nunca se ha de echar menos del que fuera suficiente a cubrir todo el suelo de la caldera, para que por ninguna parte pueda asentarse el metal en ella, que no caiga sobre el azogue, iráse meneando poco a poco con el molinete, aunque en hirviendo el agua causará movimiento bastante en el metal molido (si no hay relabe muy grueso) para que refrescándose con el -- azogue, se una e incorpore con él lo que tuviere de plata, con que muy en breve se le sacará la ley... Saquese de quando en quando con una cuchara larga, ensaye del fondo de la caldera, para ver la disposición que lleva el beneficio, y se tiene necesidad de añadir azogue, u de sacarle si se quisiere, parte de la pella, que ya estuviere hecha, y la lama, o rebadillo, que con ello saliere, se buelva al cocimiento, hasta que se acabe, y haya dado el metal la plata, que se conocerá..".(47)

Método de Bürn y sus Modificaciones. Gil Barragán (1786).

Este método consistía, en su primer paso, en la tostación de la mena pulverizada con sal en un horno de reverbero. A continuación se introducía la masa resultante en un "tonel de madera" donde se le añadían mercurio, agua y pequeñas limaduras de fierro. Los toneles conectados en serie se hacían girar horizon

(47) Ibidem. pag. 163-164.

talmente, movidos todos por lo general, con fuerza hidráulica. - Al finalizar la operación se separaba la amalgama y se destilaba el mercurio, para obtener de esta manera la plata. (48)

Al parecer este método resultó inoperante debido principalmente al alto consumo de leña usado como combustible, que requería la primera fase, que ocasiona un elevado costo en la tostación del mineral. Otro inconveniente, fué la falta de fuerza motriz necesaria para el movimiento de los toneles. Este método tuvo éxito en Europa, debido a que la cantidad de mineral tratado era inferior al utilizado en México con lo cual resultaba en un aumento considerable en el número de toneles en las haciendas de beneficio mexicanas y de aquí la fuerza de tracción para volúmenes masivos.

Esta nueva técnica dió el principio para el surgimiento de otros métodos en el beneficio de la plata. Es en este período cuando se publican dos obras sobresalientes; la primera de Ribera Sánchez titulada "La Idea Suscinta de Metalurgia" y la obra de Gil Barragán: "Nuevo Descubrimiento de Máquina y Beneficio de Metales por el Azogue" que contiene en esencia el método modificado de Börn, en el que trata de mejorar el consumo de combustible, así como obtener la fuerza motriz necesaria y que fuera modificado entre 1790 y 1791; años en que se presentó al Tribunal

(48) Elías Trabulse. El Círculo Roto. Op. Cit. pag. 199-200.

de Minería. En este momento se nombra perito metalurgista a Ribera Sánchez, quien realizaría los experimentos de la máquina de Gil en el distrito de Pachuca. (49)

La máquina original de Gil Barragán utilizaba un barril - que rotaba por medio de un malacate acoplado. En un manuscrito de Ribera enviado al virrey aparece una descripción del funcionamiento y rendimiento con los siguientes datos:

"Luego que vio el inventor la pella por medio de una operación tan simple de sólo metal, azogue y sal se determinó a seguir - los experimentos con más formalidad, y para su efecto se le -- presentó a la imaginativa el malacate de nuestras minas, máqui na que se compone (hablando en los términos comunes de nuestro uso) de largueros, barrotos, crucetas, medianillos, peón, al-- gualdra, esteos, etc. Esta invencible máquina, simple en su - espíritu y compuesta en su modo, le sirvió de modelo para formar un malacatillo pequeño, pero compuesto de todas sus partes. Tomó un barril común de caldos, puso un tejuelo o punto de apo yo en el centro de el fondo, donde afirmó el guijo de el peon- cillo, en cuya extremidad centro superior de él le puso una ma nezuela para moverlo, y probó su movimiento con acierto de -- sus pensamientos. Construída y probada esta máquina procedió a los ensayos bajo las reglas y preceptos de la física experi- mental que no deja duda en todos los ramos que comprende, por lo que, queriéndose imponer del tiempo, de el gasto y ley de - los metales, pesó a la fiel balanza dos arrobas de metal y dos libras de sal común, mojó las dos cantidades hasta dejarlas en torno de saldo espeso, cuya materia la echó en su barril, y -- con la muestra en la mano, para apuntar la hora en que comenzó a flotar su malacatillo, cuyo movimiento siguió sin parar has- ta las veinte horas, que pesó dos arrobas de azogue, que le in corporó a su metal. Siguió la operación del movimiento con -- azogue hasta las cuatro horas cabales, que lavó su ensaye y le resultaron cinco onzas de plata pella bien exprimida que co-- rresponden en dos onzas por quintal de un metal que, por el be neficio común, le estaban sacando a onza y media". (50)

(49) Ibidem. pag. 207.

(50) Ibidem. pag. 225-226.

Trabulse apunta que "por el método de patio se consumieron en los cuatro montones ocho arrobas con ocho libras de sal de mar, dos arrobas de sal mexicana y trece barriles y medio de magistral, lo cual sumaba 20 pesos y un real. En cambio, por el método de Gil, se empleaban 24 arrobas de sal de mar y dos barriles de magistral, lo que arrojaba un total de veinticinco pesos". (51)

A pesar de resultar más costoso "aparentemente" el método de Gil, existía una característica especial, quien señala oportunamente que la sal empleada podía recircularse; terminada la operación, la solución salina podía emplearse nuevamente. Después de retirar el mineral amalgamado, la solución era almacenada en un tanque. Esto lo hizo a la postre ser más económico, ya que en el beneficio tradicional estas aguas eran desechadas. "Gil estimó que cuatrocientos montones procesados quincenalmente ahorran ochocientos pesos, o sea 1,600 pesos mensuales y 19,200 al año".(52) El mercurio también presentó cifras de ahorro; el método de patio consumía 22 libras por cada 4 montones, mientras que el de Gil utilizaba 7 libras con 9 1/2 onzas, así"... de los cuatrocientos montones quincenales se alcanzaba un ahorro de 16,800 pesos lo que equivalía a 33,600 libras anuales de azogue". (53)

(51) Ibidem. pag. 232-233.

(52) Ibidem. pag. 234.

(53) Ibidem. pag. 235.

La sencillez del nuevo método de Gil hizo que varios mineros lo comenzaran a emplear en varios distritos incluso a capacidades superiores al diseño original.

Este método al igual que los anteriores, quedaron sin efecto ya que no desplazaron al método tradicional desarrollado por Medina, extendido por todas las haciendas de beneficio del reino. Entre las principales causas del éxito y sobrevivencia del método de patio, sobresalen las siguientes: la sencillez de su procedimiento y tecnología accesible a los mineros, no requería combustible; no involucraba la tostación del mineral en su proceso y quizá la más significativa fue la renuencia por parte de los mineros a adoptar otro método. Así, el método de patio prevaleció por casi tres siglos sin sufrir cambios significativos en la técnica empleada. Las modificaciones tecnológicas surgidas en este periodo, quedaron algunas en el olvido y otras simplemente como proyectos que no tuvieron uso práctico.

La mentalidad de los mineros mexicanos sufrió cambios importantes a finales del siglo XVIII, cuando se inicia una marcada tendencia por los conocimientos técnicos-científicos que podían ser aplicados a la industria en general. Ideas que fueron introducidas al país por personas con los conocimientos en relación a química y metalurgia de la época, desarrolladas fundamentalmente en Europa. Estas dieron al país la alternativa del empleo de las técnicas modernas para resolver los problemas presentados por las minas mexicanas, sin solución hasta este momento.

El problema principal de las minas mexicanas era el contenido de agua que impedía la explotación de minerales y con éste, la falta de un método de beneficio económico y de buena eficiencia.*

La Pólvora y su Importancia en la Minería.

En el desarrollo de las operaciones mineras, la pólvora - al igual que el mercurio jugaron un papel importante que permitieron la explotación de una mayor cantidad de metales preciosos, principalmente oro y plata. Humboldt en 1802 da a conocer que el consumo de pólvora en la mina de "La Valenciana" alcanzó la cifra de 400,000 libras al año. (54) Este producto constituyó uno más de los comercializados por la Real Hacienda, para asegurar indirectamente, casi en su totalidad la industria minera del país. Esta situación da inicio al contrabando de éste como actividad común en el reino. "Para formarse alguna idea de la enorme cantidad de este artículo que se fabrica y vende de contrabando, bastará acordarse que, a pesar del estado floreciente de las minas, nunca se ha vendido el rey a los mineros más de tres o cuatro mil quintales al año".(55).

La pólvora, al parecer fué introducida por la familia Saradaneta en 1668 y en 1676 Gonzalo Suárez la utilizó, por vez pri-

(*) Ver Capítulo II, Máquina de Vapor en México.

(54) Alejandro de Humboldt. Op. Cit. pag. 354.

(55) Tiburcio Alvarez. Las Minas de Guanajuato. Ed. I.N.A.H./--- S.E.P. México. pag. 13-21.

mera, en una veta de cinabrio en San Mate, Chilapa. (56). Bargalló por su parte asegura que en 1726 José Sardaneta la usó en -- las minas del distrito de Guanajuato. (57)

La primera fábrica de pólvora en México fué establecida - en Santa Fe, Valle de México en 1780 y el procedimiento de fabricación era el siguiente:

"Los salitres se traen de los alrededores... El nitro... se entrega en la fábrica... Estos alkalis se combinan igualmente -- con el ácido marino, de que resulta el otro sal neutro que se llama sal común o marino... Después la ponen con agua a hervir en las pailas; aquella disminuye por la evaporación, y luego la salmiera muy cargada se pone a cristalizar al frío, o bien en grandes peroles de cobre, donde se cristaliza más prontamente, o en grandes artesas o canoas de madera de quatro varas de largo: en éstas que es donde sale mejor el nitro resultan unos cristales transparentes blancos de nueve o diez pulgadas, algunos aumentan a proporción de los vasos: las paredes y todo el centro se cubren de grupos hermosísimos de cristal, que se parecen a los de roca que adornan los gabinetes en prismas de a seis paralelogramos terminados por paredes exágonas. Para sacar los cristales sin que se quede agua superflua fuera de las cristalizaciones, ponen una capa de arena seca sobre un caxón de madera que tiene cuatro varas de largo y dos y media de ancho y media de alto; sobre ellas mantas de algodón, y encima extienden el nitro cristalizado. La arena bibula chupa todas las humedades superfluas de sal; estas pasan por las mallas o intersticios de la tela, y como ésta impide el contacto de la arena, y los cristales no se manchan, ni se pega cosa alguna. Así permanecen un cierto tiempo hasta que bien secos están aptos para que se muelan y pulverizen... pero cuando lo está suficientemente molido se pasa a un cedazo silíndrico, el qual gira por un cigueñal. La harina nitrosa filtra por una tela sutil de alambres, y sale ya apta para mezclarse con los demás ingredientes. El carbón se reduce también a polvo por el método ordinario... Se emplea carbón de sauce en camutillos de cuatro a seis líneas de diámetro y se muelen 16 libras de carbón al día... Antes de estar el azufre en estado de molerlo es necesario separarlo de las piedras y demás cuerpos a que se encuentra adherido (a veces suele venir el azufre ya preparado y

hecho pasta, en cuyo estado pasa inmediatamente al molino, o bien lo hacen convertir en flores); para esta operación hay varios hornos en fila, sobre los cuales ponen retortas de barro, cuya boca esta unida, y enlodada a un vaso. El azufre se liqua, y pasa de retorta al recipiente, etc. El horno tendrá media vara de alto y son proporcionales las demás piezas. El azufre ya molido, tamizado por un cilindro, cuyas mallas son de cerda se mezcla con los demás ingredientes esto es 75 partes de nitro, 9 1/2 de azufre, 19 1/2 de carbón que es la proporción más conveniente según los químicos: echan por capas estas materias en unas grandes artesas, y los yndios las amasan con la mano lo más íntimamente que pueden, y luego pasan con esta preparación para la pasta de morteros. Las manos de estos se mueven por molinos de batán".(58)

La técnica empleada en este proceso, era similar a la utilizada en España. Con las Reformas Borbónicas y la visita de Gálvez, fué posible la introducción de este método y posteriormente la construcción de la fábrica de Santa Fe. Durante largo tiempo la fabricación de pólvora estuvo en manos de particulares, situación que ocasionó un elevado costo. El gobierno español a través de la fábrica, monopolizó la producción, y redujo su precio de 8 a 4 reales la libra en 1801, situación que favoreció a la industria minera mexicana.(59) En este año se alcanzó una producción de 786,000 libras.(60)

(58) Virginia G. Claveran. Antonio Pineda y la Química Moderna en la Nueva España. Ciencia. 1985. 36. pag. 203-204.

(59) D.A. Brading. Op. cit. pag. 199.

(60) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 455.

LA MINERIA EN EL SIGLO XIX.

Teoría de José Garces y Egüfa (1802). Acción del tequesquite.

La nueva visión de los mineros mexicanos se enfocó a mejorar las operaciones de beneficio, primero al tratar de explicar los fenómenos que ocurrían en el proceso de amalgamación, para después buscar un método que resultara más económico y eficiente. Para lograr estos objetivos, fue necesario establecer centros educativos que divulgaran los conocimientos técnico-científicos modernos de la época, la mayoría de origen europeo. Un ejemplo de la creación del "Real Seminario de Minería" que proporcionó las bases para realizar este proyecto.

En 1802 José Garces y Egüfa describe en "La Nueva Teoría y Práctica del Beneficio de los Metales de Oro y Plata", en esencia representa modificaciones secundarias al método de Medina: selección de menas, tostación y molienda, ensalmoreado y curtido, incorporo, repaso y la destilación del azogue. De los nuevos conceptos, el manejo del "fundente" experimentado en 1790 por el mismo Garces, al utilizar el tequesquite para la fundición de las menas de plata. (61) Garcés expone la acción del tequesquite de la siguiente manera:

(61) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 186.

"Yo para destruir los metales imperfectos no necesito adelantar la vitrificación, porque el sulfuro de natrón que se forma en los óxidos se oxida y se destruye, y ejerciendo su acción sobre el cobre y el hierro con quien tiene más afinidad que con el plomo, deja a este libre y mucho más a la plata y al oro, y no habiendo metales imperfectos que deban vitrificarse en la copelación, sale la plata de toda ley. El alkali mine-ral... tequesquite, es el agente de mis operaciones, por reunir en sí todas las dotes precisas por una buena fundición..." (62)

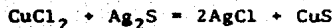
Se aprecia el manejo de conceptos novedosos como las combinaciones y reacciones que ocurren dentro del beneficio al agregar diversas sustancias: sal, magistral, caparrosa, etc. Además se menciona la teoría de la afinidad química (tendencia que tienen los compuestos de reaccionar unos con otros). Sin embargo, con estos conceptos no se mejoró el beneficio de patio.

Federico Sonneschmidt. Teoría de la Amalgamación.

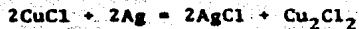
Creado el "Real Seminario de Minería", Elhúyar fomentó la ciencia en México en general. Sonneschmidt, quien llegó con Elhúyar, de los personajes que más aportaciones da a la teoría de beneficio de patio, ya que se percata de lo empírico de esta operación, al señalar "Hace más de dos siglos que la América española posee el secreto de reducir mediante una ingeniosa operación, las piritas nobles de la mayor parte de los minerales de plata a plata blanca, y facilitar con éstos su combinación..."

con el azogue". (63)

En el año de 1811 publica un tratado de amalgamación, donde explica los diversos procesos químicos que intervienen en el beneficio de patio. Con los conocimientos y los experimentos -- realizados por Humboldt, Gay-Lussac, Elhúyar, Börn entre otros, se dieron a conocer las reacciones químicas del beneficio propuesto por Medina a partir de una mena de sulfuro de plata tratada con sal, magistral (CuSO_4) principalmente y mercurio (64, 65).



A su vez el CuCl_2 reacciona con el mercurio y con la plata:



Y el Cu_2Cl_2 con Ag_2S : se repite la operación.

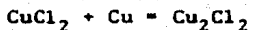
Para el método de cazo y cocimiento la reacción con el co

(63) Elías Trabulse. Historia de la Ciencia en México. Siglo - - XVIII. Ed. E.C.E./CONACYT. México. 1985. pag. 406.

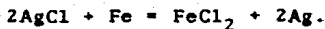
(64) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 194-195.

(65) Elías Trabulse. El Círculo Roto... Op. cit. pag. 222.

bre es la siguiente:



Y con el fierro:

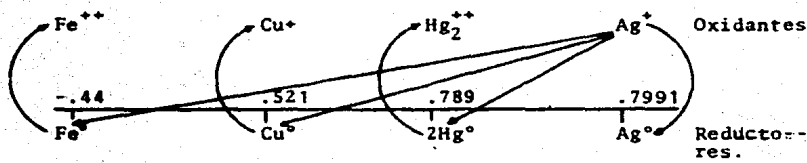


Sonneschmidt en el "Tratado de la Amalgamación de Nueva - España" publicado en 1825, menciona la importancia del mercurio, al decir:

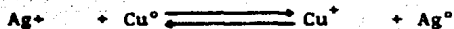
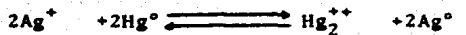
"... aunque este ejemplo se diferencia mucho muriato de plata, por no tener la misma propiedad de poder disolverse completamente en el agua, demuestra sin embargo de esto una operación algo parecida a aquella. El metal a cuyo costo se reduce el muriato de plata es el azogue, aunque no tiene la propiedad de poder ejecutar esta operación sólo por sí mismo. El ácido muriático, cuyo primer desempeño fue el de convertir la plata blanca y sus minerales en plata córnea (AgCl), se presenta ahora con la segunda función de reducir aquel compuesto a plata blanca... en inspeccionando de más cerca el verdadero modo de como opera en el ácido muriático en este caso. Pues aunque es por este ácido que se operan los dos casos de composición y reducción, son dos diferentes modos de que penden los dos efectos contrarios. En la primera opera el ácido muriático directamente sobre la plata y sus minerales, y forma la sal neutra metálica, que se llama muriato de plata o plata córnea, lo que de facto sería una contradicción, si no que ejerce su acción sobre el azogue, y que éste, mediante su propia descomposición, liberta a la plata blanca. Por consiguiente se ha dicho que es el azogue quien ejecuta esta operación, y que en su lugar el ácido muriático no es más que un interventor para disponer el azogue el poder ejecutar esta función".(66)

(66) Elías Trabulse. La Historia de la Ciencia... Op. cit. pag. 415-416.

La función del mercurio es entonces, primero la de reducir y después la de amalgamar. Es aquí, cuando el fenómeno de óxido-reducción interviene y puede explicar de cierta manera lo que ocurre en las operaciones de amalgamación. A continuación se explica esto con las siguientes series de reacciones de óxido-reducción. (Redox).



Las reacciones en redox se verifican como si fueran N invertidas. Por lo tanto de acuerdo a estos pares de potenciales tenemos:



Como se observa, en todos los casos la plata se reduce, lo que facilita la formación de la amalgama. En los métodos donde se agregaba hierro o cobre (método de toneles), realizaban la función de reducir la plata y el mercurio solamente amalgamaba, por lo que existía un ahorro considerable de este último.

La Independencia y las Compañías Extranjeras.

La riqueza de la Nueva España a finales del siglo XVIII - estaba basada principalmente en la minería, que en ese momento - se encontraba en franca bonanza. La mentalidad de los mineros - mexicanos respecto a la industria, queda reflejada con el si- - guiente comentario de Lucas Alamán "Las minas son la fuente de la verdadera riqueza de esta nación y todo cuanto se ha dicho -- contra este principio algunos economistas especulativos, ha sido victoriosamente rebatido por la experiencia".(67)

El auge de esta industria se vió frenado por el movimien- to de independencia, desarrollado entre los años de 1810 y 1821 y que es en la historia mexicana el segundo proceso dinámico des- - pués de la Conquista y da paso a una serie de movimientos histó- ricos de igual magnitud como lo fueron los diversos cambios en - el gobierno mexicano y por otra parte, las intervenciones extran- jeras que propiciaron un desequilibrio social, económico y polí- tico en el país.

Para 1810 la riqueza pública ascendía aproximadamente a - veinte millones de pesos y contribuyó a afianzar la confianza de

(67) Lucas Alamán. Memoria presentada a las dos Cámaras del Congreso General de la Federación, por el Secretario de Estado y del Despacho de Relaciones Exteriores e Interiores, al abrirse las sesiones del año de 1825. México 1825. pag. 1.

los criollos en las posibilidades económicas de México. Esto -- junto con las ideas liberales introducidas en el país, fueron la pauta para realizar el movimiento independentista. Así, con la lucha social, la situación de la nación cambió considerablemente como lo apunta Ernesto de la Torre: "La riqueza pública sufrió una merma de más de la mitad; así, los ingresos de la República fueron menores de diez millones de pesos, lo que provocó, un estado deficitario que día a día se agravó, por lo que el Estado - tuvo que recurrir a préstamos forzosos impuestos a nacionales, - extranjeros y el clero, así como a empréstitos exteriores. El - capital español se fugó hacia los bancos europeos, más algunos - criollos aumentaron su fortuna con el comercio y la actividad in - dustrial".(68)

Al término de la independencia, surgen una serie de ini-- ciativas para el fomento de la industria en general y en espe-- cial a la industria tradicional, la minería. Entre las propues-- tas más sobresalientes en relación a la industria estan las rea-- lizadas por Lucas Alamán en su carácter de secretario de estado, las cuales pretendían: la reducción de impuestos para el grupo - de mineros, la abolición de los gravámenes a importación de ma-- quinaría, la suspensión del derecho de todo mundo a denunciar mi-- nas abandonadas, el libre abastecimiento de pólvora y azogue y - quizá la de mayor importancia, la decisión de atraer capital ex--

(68) Ernesto de la Torre Villar. Historia Documental de México. Tomo II. Ed. U.N.A.M. México 1984. pag. 12-13.

tranjero. (69)

El capital extranjero introducido al país, intentó resolver el principal problema que presentaban las minas mexicanas: el desagüe, obstáculo que propició el abandono de muchas de ellas, situación que se acentuó durante la lucha civil. Esto se reflejó en la baja producción de oro y plata de este período --- (ver anexo No. 1).

Inglaterra con la política de expansión comercial, apoyó el movimiento armado desde sus inicios. La posibilidad que presentaba el mercado latinoamericano para sus productos propició que Inglaterra presionara a España para que aceptara la independencia mexicana, Alemania en su afán de atraer capital extranjero, se trasladó a Inglaterra, que había reconocido la independencia de México en 1825 y formó la compañía "British United Company" - de cual fue director principal. Este fue el inicio para que otros países se interesaran en México, como un campo propicio para invertir, tal es el caso de Alemania y Estados Unidos. Las principales empresas extranjeras, en este período, fueron de origen británico, extendidas por todo el territorio nacional, como: Real del Monte Company, Bolaños Company, Tlalpujahua Company, Anglo Mexicana Company, United Mexican Company, The Mexican Compa-

(69) Brigida Von Mentz. Los pioneros del Imperialismo Alemán en México. Ediciones de la Casa Chata. No. 14. México 1982. pag. 162.

ny y Catorce Company. (70)

Generalmente las sociedades se constituían por un minero mexicano, que aportaba únicamente la mina en cuestión y la empresa extranjera, que proporcionaba el capital y la tecnología.

Las técnicas de beneficio practicadas por estas empresas, fueron principalmente tres: la fundición, la amalgamación de patio y por último la de barriles o toneles. John Taylor fué uno de los pioneros de la "Compañía Real del Monte", que practicó ampliamente el método de "Cornwall", basado principalmente en la fundición. Taylor encomendó a John Rule para realizar un estudio de esta zona minera (Pachuca), donde posteriormente se construyeron dos molinos de "pisones", uno en la veta Vizcaina y otro cerca de la mina de Morán. Sin embargo en 1827, los técnicos de esta compañía fracasaron al tratar de implantar este método. James Vetch atribuyó este fracaso a la falta de agua para utilizar adecuadamente estos molinos. A pesar de esto, Taylor aseguraba que el método de fundición era de mayor eficiencia al utilizado tradicionalmente (patio); ya que no se empleaba mercurio. El valor del mineral tratado por fundición en las minas de Dolores superó en cuatro veces al obtenido por mercurio durante la primera mitad de 1832. (71)

(70) Henry George Ward. México en 1827. Ed. F.C.E. México 1981. pag. 349-352.

(71) R. W. Randall. Real del Monte: Una Empresa Británica en México. Ed. F.C.E. México 1986. pag. 127.

La compañía no se dió por vencida y manda traer de Inglaterra maquinaria y herramientas suficientes para poner en operación más hornos de fundición. Así John Phillips encontró en el año de 1840 que el costo del beneficio por fundición ascendía - al 34% de la plata producida, mientras que por amalgamación era del 46.21%. (72) El método de fundición tuvo éxito debido a -- que en los alrededores de Pachuca existían condiciones favorables para llevar a cabo este método. Sin embargo, no podía ser aplicado para los minerales de baja ley en general, por lo que el beneficio de patio continuó en práctica en el país.

El gobierno inglés preocupado por vigilar sus intereses en el territorio mexicano, envía en 1827 una misión diplomática, encabezada por George Ward, para informar la situación imperante de las compañías mineras británicas. Su labor se refleja en el siguiente comentario, durante su estancia por las minas de Guanajuato:

"Como el objeto de este trabajo no es dar una descripción geológica de los distritos mineros... me limitaré a exponer unos cuantos hechos sin cuyo conocimiento sería ininteligible cualquier descripción de las operaciones de las compañías establecidas..." (73)

A continuación, en la siguiente tabla, se presenta el -- precio de algunos de los insumos utilizados en las operaciones

(72) Ibidem. pag. 130.

(73) Henry George Ward. Op. cit. pag. 554.

mineras, en la mina "Gallega", en 1833.

TABLA No. 2

MERCANCIA		COSTO (PESOS)
384	quintales pólvora a 1/2 pesos el quintal	192
512	1/2 quintales pólvora a 9 pesos el quintal	4,612 1/2
83	quintales hierro a 18 pesos el quintal	1,094
64	1/2 quintales acero a 24 pesos el quintal	1,598
34,500	costales para el mineral a 2 1/8 pesos - la docena.	6,109 3/4
216	cables para los malacates a 8 pesos la - pieza.	1,728
89	costales para extracción a 6 1/2 pesos - la pieza	578 1/2
1,018	docenas de mecates a 5/8 pesos la docena	636 1/4
10	vigas grandes madera para construcción - a 32 pesos la pieza	320
2,557	vigas medianas madera para ademes a - - 1 1/2 pesos la pieza.	3,835 1/2
1,367	vigas pequeñas madera para ademes a 3/4 pesos la pieza.	1,025 1/4
4,895	fanegas maíz a 1 peso la fanega	4,895
2,325	quintales paja a 7/8 pesos el quintal	2,034 3/8
67	costales de cuero para extraer agua a - 3 1/4 pesos la pieza	217 3/4
TOTAL		30,186 1/4

Fuente: Brigida von Mentz. Los pioneros del Imperialismo Alemán en México. Ed. Casa Chata No. 14. México 1982. pag. 171

En 1835 el comisario John Rule modificó la práctica del método de amalgamación de patio en las minas de Regla y Sánchez. Su innovación más importante fué la adaptación del "Método de Guanajuato" que consistía en la combinación de azogue y otros ingredientes. Randall lo describe de la manera siguiente: "El nuevo método consistía en no techar el patio para que la torta quedara expuesta al sol y al aire, y en no calentarla, sustituyendo además a los hombres con mulas para que al pisar la mezcla efectuaran la incorporación con sus elementos".(74)

A principios de 1840 se emprendió un nuevo método, descubierto por Spangenberg en Bolaños. Este procedimiento consistía en agregar sulfato de cobre calcinado y sal a la amalgama. Fue aplicado con éxito y se acordó el pago del 1% de toda la plata producida al inventor por su patente. (75) Durante este periodo también se trató de introducir el método conocido como "flotación", el cual no requería mercurio en sus operaciones. La aplicación del método de flotación, al parecer, no tuvo buen resultado ya que se desconoce cuándo, cómo y en dónde se desarrolló. El tercer método, conocido como el del barril o toneles, fué introducido de nueva cuenta por James Vetch en 1825. El principal problema a que se enfrentó Vetch para la aplicación del método de barril, fué la escasez de algunas materias primas

(74) R. W. Randall. Op. cit. pag. 132.

(75) Ibidem. pag. 134.

indispensables para llevarlo a cabo como: sal, piritas, mercurio, etc. Sin embargo en 1843, John Menecke lo introdujo en -- las minas de Real del Monte. John Buchan menciona el procedimiento en los siguientes términos:

"El mineral, una vez triturado y cernido, se calcina en hornos con un 5 por 100 de sal, mediante la cual la plata se separa de su estado mineral original de compuestos sulfurados y se convierte en cloruro de plata. El mineral así preparado se transforma en una pasta espesa, revolviéndose con agua en -- unos grandes barriles (25 quintales de capacidad cada uno). -- Al agregársele luego hierro y mercurio, el primero de estos -- ingredientes separa otra vez el cloruro de plata por su mayor afinidad, y entonces ésta es absorbida por el mercurio, convirtiéndose en amalgama; mediante el procedimiento subsecuente de lavado se separa primero la amalgama de lodo de desperdicio y después, por destilación la plata del azogue". (76)

A través de esta descripción, se aprecia la evolución en los conceptos químicos y por vez primera se entiende la función del hierro dentro del beneficio de amalgamación: la de reducir -- la plata del cloruro a plata metálica para facilitar la formación de la amalgama.

En el decenio de 1849 a 1858 la Compañía Real del Monte, benefició aproximadamente a 210,000 toneladas de mineral por el método de toneles y únicamente 42,000 toneladas por el de patio. En este período la empresa obtuvo una ganancia de 6'079,730 pesos. (77)

(76) R. W. Randall. Op. cit. pag. 136.

(77) Ibidem. pag. 142.

A partir de este momento, con la intervención de las compañías extranjeras, se inicia un cambio que pretendía en esencia, emplear nuevos métodos para el beneficio de minerales y empezar paulatinamente a desplazar el método tradicional surgido a mediados del siglo XVI. En general los métodos de beneficio permitieron a la industria minera mexicana alcanzar niveles de exportación enormes y por tanto los dueños o empresarios que la manejaban obtuvieron estupendas ganancias.

Los problemas a que se enfrentaron todas las empresas en relación a la minería se encuentran las siguientes: escasez de la mano de obra para el laboreo, el alto costo de las materias primas, la falta de maquinaria y herramientas, falta de organización en el gremio y la deficiente formación de técnicos especializados para la industria.

Método de Cianuración a finales del Siglo XIX.

La cianuración transformó radicalmente la minería mexicana, al aportar una nueva técnica para tratar los minerales, basada en materias primas de menor costo, como lo eran las soluciones de cianuros alcalinos. La minería mexicana no quedó rezagada con respecto a otros países en el empleo de esta técnica. -- Luis Chavez Orozco afirma que este proceso fue descubierto en -- 1887 y que en nuestro país alcanzó su etapa de máxima producción entre los años de 1894 y 1895. (Ver tabla No. 3). (78) Para ---

(78) Luis Chavez Orozco, Revolución Política, Revolución Industrial. Biblioteca del Obrero y Campesino. No. 23. México -- 1937. pag. 64.

1902 la compañía "Chas. Butters Company" usaba como práctica corriente este procedimiento y originó la entrada de capital estadounidense al surgir diversas empresas en nuestro país. Así en 1905, la capacidad instalada en el país era de 150 toneladas diarias de mineral. (79)

El procedimiento de cianuración consistía primeramente en someter a los minerales a tostación clorurante en hornos de reverbero antes de llevar a cabo la separación. Las reacciones químicas de este procedimiento son las siguientes:

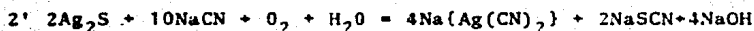
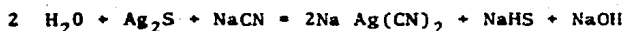
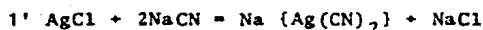
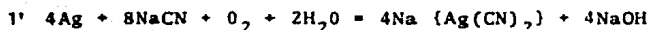


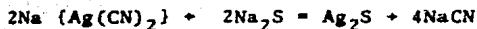
TABLA No. 3
EXPORTACIONES DE ORO Y PLATA EN BARRAS

AÑOS	ORO	PLATA	AÑOS	ORO	PLATA
1888-89	349,506	6'229,260	1899-1900	7'225,615	52'116,284
1889-90	457,608	7'259,956	1900-01	8'738,273	53'036,016
1890-91	612,414	6'751,217	1901-02	9'141,294	48'021,133
1891-92	751,407	6'659,668	1902-03		
1892-93	357,887	5'148,202	1903-04		
1893-94	155,954	3'130,823	1904-05		
1894-95	4'139,645	18'803,867	1905-06		
1895-96	5'246,414	26'345,160	1906-07		
1896-97	5'451,366	32'137,257	1907-08		
1897-98	6'364,308	35'721,275	1908-09	39'177,690	73'741,312
1898-99	7'347,760	40'429,954			

Fuente: Luis Chavez Orozco. Revolución Política. Revolución Industrial. Bibliot. del Obrero Campesino. No. 23. México 1937. pag. 65.

(79) Fritz Ullman. Enciclopedia de Química Industrial. Tomo VIII Barcelona 1932. pag. 68.

En un principio se trabajó con soluciones concentradas de cianuros alcalinos, de las cuales se obtenían rendimientos del 80 al 85%. Los tanques que contenían el mineral en suspensión son conocidos en todo el mundo, con el nombre de "Tanques de Pachuca", ya que se construyeron en una hacienda de beneficio en Loreto y por vez primera, se utilizaron en esta capital mexicana. (80) En estos tanques se introducía el oxígeno por burbujeo para realizar la reacción. La precipitación del metal contenido en la solución cianurada, se realiza por dos métodos; uno con sulfuro de sodio y el otro con zinc metálico; este último el más utilizado. En el primer método se agrega a la solución Na_2S ; la plata precipita en forma de sulfuro:



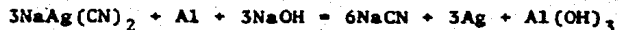
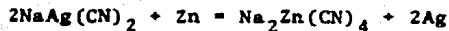
Se filtra y en un depósito de fierro giratorio, que contiene lingotes de aluminio, se trata con una solución de hidróxido de sodio.



Con un exceso de hidróxido de sodio, el sulfuro de sodio empleado para la precipitación se regenera.

(80) Edward Thorpe. Enciclopedia de Química Industrial. Tomo V. Ed. Labor. Barcelona 1923. pag. 235.

En el segundo método sucede algo similar.



Este tratamiento sirve además para la separación de oro y plata. (81,82)

El ingeniero Alvarez en el libro titulado "Las Minas de Guanajuato" comenta la situación de la minería a principios del siglo XX en los siguientes términos "Fue así como a principios de este siglo, las compañías americanas fueron apoderándose de todo lo mejor... ellos contaban con nueva tecnología, como el beneficio por cianuración, que aceleraba el proceso, tenían mejores recuperaciones y bajaban costos, con lo que podrían aprovecharse minerales de muy baja ley. El uso de la maquinaria como quebradoras, molinos modernos, etc., en lugar de pulverizar el mineral en arrastres". (83)

La supremacía de las empresas norteamericanas se reflejó rápidamente en el capital invertido en las industrias mexicanas, como lo demuestra el siguiente cuadro en 1910.

(81) Raynold E. Kirk y Donald F. Othmer. Enciclopedia de Tecnología. Vol. 12. U.T.E.H.A. México 1962. pag. 665.

(82) Modesto Bargalló. Tratado de Química Inorgánica. Ed. Porrúa México 1972. pag. 954-955.

(83) Tiburcio Alvarez. Op. cit. pag. 25.

CUADRO No. 2

499'000,000	Capital Americano
87'200,000	Capital Inglés
10'000,000	Capital Francés
29'400,000	Capital Mexicano

TOTAL 625'600,000

Fuente: Luis Chavez Orozco. Revolución Política, Revolución Industrial. Biblioteca del Obrero y Campesino. No. 23. México 1937. pag. 69.

A partir de este momento, con la introducción de nueva tecnología por parte de las compañías extranjeras, especialmente las norteamericanas, es cuando se olvida por completo los métodos usados tradicionalmente como los de amalgamación y comienza una nueva etapa en la minería mexicana. A pesar de que nuestro país contaba con la materia prima principal, las minas, dependió a lo largo de su vida independiente de la tecnología y el capital extranjero, que significó primero un atraso tecnológico y segundo en la fuga de capitales, que fueron paulatinamente la causa del decaimiento económico del país.

CAPITULO. II

MAQUINA DE VAPOR

CAPITULO II

MAQUINA DE VAPOR

ANTECEDENTES.

La primera máquina operada por la fuerza de vapor, la desarrolló Herón de Alejandría, en el primer siglo de nuestra era, conocida como "Esfera de Aire". Herón inventó otra máquina de calor, en donde la fuerza de expansión del aire caliente se utilizaba para abrir las puertas de un templo por la acción de un contrapeso. Estos inventos no fueron utilizados con propósitos prácticos y quedaron en el olvido. (84)

La imagen aristotélica negaba expresamente la posibilidad del vacío "Dios es la forma; el espacio vacío carece de forma"; entonces, la existencia del vacío se oponía a la existencia de Dios. Estas ideas permanecieron hasta el Renacimiento. (85)

El desarrollo de la neumática, más allá del nivel alcanzado:

(84) H. W. Dickinson. A History of Technology. Vol. IV. Ed. Singer C. Oxford University Press. Hong Kong 1980. The Steam Engine to 1830. pag. 168.

(85) John D. Bernal. La Ciencia en la Historia. Ed. Nueva Imagen. México 1979. pag. 555.

do por los griegos, fue el primer paso de avance en física, que había de tener consecuencias industriales y ya no sólo astronómicas o náuticas. El descubrimiento decisivo que produjo este cambio - la producción del vacío - se derivó, directamente de la hidráulica práctica.

Giovanni Batista della Porta (1538-1615) en el "Tre Libri de 'Spiritali" (Nápoles 1603), explicó como el agua podía ser elevada a un tanque por la presión de su propio vapor calentado y como, la condensación posterior del vapor, producía una succión que permitía extraer agua de un nivel inferior. En 1615 Samuelomón de Caus, inventor de varias obras hidráulicas para jardinería, resolvió de manera práctica este problema. Para lograrlo, colocaba un hornillo debajo de una vasija con poca agua, que estaba conectada con un tubo a un pozo; cuando el agua hervía y la vasija quedaba llena de vapor, retiraba el hornillo y cerraba el respiradero, con lo cual conseguía llenar de agua el espacio vacío debido a la succión producida, consecuencia del cambio de presiones existente. Giovanni Branca (1571-1640), arquitecto italiano, fué el primero en lograr con la inyección del vapor, hacer girar una rueda con cuchillas alrededor de su circunferencia. (86,87)

La introducción del concepto de la presión atmosférica, -

(86) H. W. Dickinson. Op. cit. pag. 168.

(87) John D. Bernal. Op. cit. pag. 555.

permitió el avance dentro del desarrollo de la máquina de vapor. Galileo (1564-1642), explicó el porque de la imposibilidad de -- elevar agua, por medio de una bomba de vacío, a más de 10.33 metros de altura. Galileo lo atribuyó a la incapacidad de la columna de agua a soportar su propio peso. (88). Esto ocurre cuando la presión atmosférica iguala a la presión de la columna de -- agua, lo que explica el porqué no se puede elevar agua más allá de esta altura.

En 1643, Torricelli (1608-1647) usó mercurio en lugar de agua, con lo cual pudo trabajar a una altura satisfactoria, ya -- que en el tubo invertido la altura de mercurio llegaba a 76 cm. y demostró así que la columna de mercurio producía la misma presión que la columna de agua: 1.033 Kg/cm^2 . De aquí se advierte que la presión del aire sostiene a la columna de mercurio. De -- esta manera surgió el barómetro. En 1647, Blaise Pascal (1632- -- 1662) confirmó las experiencias de Torricelli; el barómetro se -- llevó a una altura de 488 pies en la montaña de Auvergne. El -- mercurio bajó alrededor de 3 pulgadas durante el ascenso y de -- donde se observó la relación existente entre la presión y la altura. (89)

El primer intento para desarrollar una máquina basada en estos conocimientos, fué realizado por Otto von Guericke (1602-

(88) Ibidem. pag. 449.

(89) H. W. Dickinson. Op. cit. pag. 169.

1686), hombre de recursos y quizás uno de los personajes más notables en el campo científico de esos días y a quien debemos la existencia de la máquina de vapor en su forma actual. Se menciona que durante sus experimentos, gastó la cantidad de 4,000 libras esterlinas. Primero trató de crear el vacío a través de extraer directamente agua, con una bomba y tonel cerrado, que no resistió la diferencia de presiones, lo que obligó a construir otros más resistentes fabricados de latón. Posteriormente, sustituyó la bomba de aire por una de agua para producir vacío en varios recipientes. Más tarde, realizó un experimento en donde demostró la fuerza de la presión atmosférica, sobre dos tapas hemisféricas en donde se había practicado el vacío y para separarlas era necesario la fuerza de 16 caballos. (90)

Denis Papin (1647-1712) en 1681, inventó su famoso "Digestor" o la olla de presión con válvula de seguridad para evitar explosiones. Para 1690, la máquina de Papin estaba constituida de un tubo de 2 1/2 pulgadas de diámetro adaptada con pistón y vástago. Una pequeña cantidad de agua era introducida por la parte inferior del tubo a la que se aplicaba exteriormente calor; el vapor generado elevaba el pistón del tubo que era sostenido por un freno a cierta altura. Cuando el vapor era condensado a través de un tubo de enfriamiento, hacía que el freno se soltara manualmente y que la presión atmosférica llevara abajo el pistón. (91).

(90) John D. Bernal. Op. cit. pag. 450.

(91) H. W. Dickinson. Op. cit. pag. 170.

En 1698 Thomás Savery (1650-1715), desarrolló una máquina para elevar el agua por la condensación del vapor en un recipiente cerrado, tan alto como la presión atmosférica lo permitiese. En la práctica utilizó dos recipientes, uno de llenado y otro de descarga. La patente intitulada "El amigo del minero"; destinada al desagüe de las minas, de aquí surgió por primera ocasión la unidad de fuerza de la maquinaria de vapor "El caballo de fuerza". Savery presentó un modelo de su máquina en la "Royal Society" que la consideró lenta y de alto consumo de combustible. Además tenía problemas al operar alrededor de las 8 y 10 atmósferas. (92)

A principios del siglo XVIII la máquina de vapor de Savery fue desplazada por la de Thomás Newcomen (1663-1729). La máquina construida en 1712, producía vapor a partir solamente de una caldera a presión atmosférica. Cuando el vapor pasaba de la caldera al cilindro (se encontraba arriba de la caldera), el pistón era levantado. Enseguida, al ser condensado el vapor por la inyección de agua de enfriamiento, se producía el vacío que permitía el retorno del pistón a su posición inicial por la acción de la presión atmosférica. Este ciclo se repetía en el siguiente suministro de vapor. El diseño tuvo mayor éxito gracias a una mayor eficiencia y facilidad de operación. La primera máquina de Newcomen, construida fuera de Inglaterra, se puso en operación en Sajonia, Alemania en 1722 por J.E.T. von Erlach. En -

(92) Ibidem. pag. 172.

1726 en París, se instaló la primera máquina de este tipo.(93) James Watt (1736-1819), mejoró la máquina de Newcomen sobre la base de la fuerza del vapor; aplicó el concepto de calor latente desarrollado por Joseph Black profesor en la universidad y amigo de Watt. En 1763, la universidad le encargó la reparación de una máquina del tipo de Newcomen. Watt encontró que el desperfecto se debía a la pérdida de vapor ocurrida en el cilindro frío a cada golpe de émbolo. En 1769, la invención de Watt, del condensador separado, quedó registrada en una patente histórica que aprovecharía, más tarde John Roebuck, interesado en el desagüe de las minas de carbón. Watt a través de la patente, pretendía un financiamiento para poder llevar a cabo sus ideas; así, se asocia con Matthew Boulton, manufacturero de Birmingham. Para la construcción de los cilindros, fueron particularmente valiosos los servicios de la maquinaria de John Wilkinson, utilizada para la elaboración de cañones, patentada en 1774. Watt logró construir una máquina capaz de impulsar con velocidad uniforme a otras máquinas, incluso cuando se trataba de cargas variables. (94) Esta invención constituye una parte importante de la Revolución Industrial iniciada en Inglaterra y seguida por otros países de Europa. Antes de Watt, las máquinas de vapor eran empleadas excepcionalmente en las minas apartadas de carbón. La máquina de Newcomen, aún cuando había sido perfeccionada por Smeaton, sólo resultaba costeable para el bombeo de estas minas,

(93) Ibidem. pag. 179.

(94) John D. Bernal. Op. cit. pag. 559-560.

donde la extracción de hulla resultaba barata. Con la máquina de Watt, más eficiente y uniforme, se permitieron explotar fácilmente y a bajo costo, los productos de la metalurgia pesada en la región de Cornwell. (95)

El desarrollo de la máquina de vapor, como la hidráulica misma, se extendió rápidamente por su aplicación en el laboreo minero. Así por ejemplo, en Hungría existían dos tipos de máquinas: Una hidráulica o máquina de columna de agua, cuyos pistones se movían con la presión del agua y la otra, la máquina de vapor atmosférica del tipo Newcomen. Sin embargo, con la invención de Watt surgió un sistema práctico para este propósito y es cuando, en 1785, se instala la primera máquina de vapor en Alemania para el desagüe de una mina, en Hettstedt, Harz y en 1788 en Tarnowitz, Silesia. (96)

Esta tecnología, da la pauta para que varios países del mundo intentaran adoptarla, para poder después desarrollar alguna modificación o innovación que permitiera su uso en las diferentes industrias surgidas a finales del siglo XVII. Las primeras industrias que aprovecharon esta tecnología fueron la minería y la textil, lo cual permitió alcanzar mayores niveles de producción por realizar sus operaciones con eficacia y rapidez de aquí la expansión de los mercados. Posteriormente, la máquina de vapor se introdujo en los medios de transporte, tal es el caso de la locomotora y los buques de vapor durante el siglo XIX.

(95) Ibidem. pag. 560.

(96) Brigida von Mentz. Op. cit. pag. 170.

La Máquina de Vapor en México.

El desagüe de las minas, fué uno de los principales problemas que presentó la minería mexicana. Cuando la explotación se realizaba a mayores profundidades, las vetas presentaban este inconveniente, por lo que era necesario la introducción de maquinaria que ayudaran a su habilitación y por tanto permitir extraer una mayor cantidad de mineral.

El primer antecedente del empleo de cierto tipo de maquinaria para el desagüe, es mencionado por Lucas Alamán, quien -- apunta: "Cortés hizo uso de bombas en sus minas de Taxco". (97) Este tipo de bombas, aunque muy rudimentarias, eran probablemente las usadas en los barcos de aquella época para extraer el -- agua.

En el siglo XVII las formas o métodos para facilitar el -- desagüe se basaban en la construcción de socavones y tiros acompañados de malacates, norias, cigüeñas y un tipo rudimentario de bombas. (98) Estas técnicas fueron incapaces de resolver de manera satisfactoria el problema. Los socavones y tiros fueron la herramienta principal de los desagües, tal vez por la facilidad de construcción y por ser de los métodos más baratos para este -- propósito. El sistema de norias y cigüeñas, basado en el empleo

(97) Carlos Preyra. Obras de D. Lucas Alamán. Disertaciones. Vol. II. Ed. Jus. México 1942. pag. 72-73.

(98) Elías Trabulsee. El Círculo Roto. Op. cit. pag. 168.

de malacates, constituía una de las alternativas más caras y lentas.

En la construcción de las primeras bombas se utilizaron cadenas, troncos de árboles ahuecados para servir de conductos, pistones y válvulas de paso. (99) Al igual que los malacates, la fuerza motriz era proporcionada por hombres y posteriormente por caballos o mulas, lo cual ocasionaba un alto costo, originado por el consumo de forraje y maíz en la alimentación de las bestias, aunque ofrecían como ventaja un manejo más fácil y un ahorro de tiempo comparado con los malacates.

Los malacates fueron quizás, los de mayor aplicación en las minas; no sólo se usaban para el desagüe sino además para el transporte del mineral, trabajo que algunas veces era efectuado por hombres llamados "tenateros". Este transporte era llevado en costales de manta o en unos cueros llamados "tenates", de aquí el nombre de aquellos hombres.

Según Robelo, malacate procede del nahuatl "mal-acatl" -- que significa "caña que tuerce o gira"; nombre que le dieron los indios a la cabría que los españoles utilizaron para bajar al fondo del cráter del Popocatepetl, con objeto de recoger azufre.

(100)

(99) Ibidem. pag. 170.

(100) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 89.

En 1583 Bartolomé de Gálvez, minero del distrito de Temascaltepec, inventó un instrumento para extraer el agua de las minas y en 1618, Juan de Lozada experimentó con buen éxito un "artificio" que permitía extraer el agua en forma continua. (101)

En 1609, se instaló en la mina conocida como "El Termo" - una bomba y en la denominada "La Palmilla" existían nueve bombas en operación pocos años después. (102)

En 1724 en la mina del "Jacal", propiedad de Manuel León, se puso en competencia el método tradicional de malacates y el de la noria, a lo cual se opusieron los aviadores de la mina, al argumentar, no tener suficiente dinero para este propósito y que el método tradicional era el mejor y que no existía gente preparada para el manejo de la segunda opción. (103)

En 1730 Joseph Castañeda, instaló en "Real del Monte" una máquina de desagüe, que logró bajar en once horas 12 varas (1 vara 0.836 metros) de agua, trabajo que podía ser realizado por diez malacates en tiempo similar. Para 1716 el banquero Isidro Rodríguez en Madrid, intentó desaguar las minas de Pachuca por medio de bombas traídas especialmente de Inglaterra, con un costo de cien mil pesos, pero resultaron infructuosas. (104)

(101) Elías Trábulse. Op. cit. pag. 175

(102) Ibidem. pag. 174.

(103) Clara Bronstein Punski. Introducción de la Máquina de Vapor en México. Tesis Profesional. U.N.A.M. México 1965. pag.63

(104) D.AL Brading. Op. cit. pag. 251.

En 1739 José Alejandro Bustamente, decidió rehabilitar la mina "Veta Vizcaina" en Real del Monte, mediante la construcción de un socavón de desagüe. Para lograrlo formó una compañía con vecinos de la zona, tal es el caso del Marqués de Valle Ameno y Juan de Barandiaran con el financiamiento de Romero de Terreros. Los trabajos duraron nueve años por la mala proyección de las obras y abandonados estos trabajos a una profundidad de 1200 varas, sin lograr el desagüe. El túnel fue terminado hasta 1762. La Veta Vizcaina todavía no producía utilidades; entre 1741 y -- 1758 sólo se extrajeron 216,093 marcos de plata (1 marco = 230 - gramos). Romero de Terreros afirmó haber invertido 1'428,096 pe sos en la excavación de tiros para el desagüe. (105)

Las técnicas de desagüe empleadas en las minas mexicanas hasta el siglo XVIII, resultaban de un alto costo, baja eficiencia y gran pérdida de tiempo por lo que era necesario renovar -- las técnicas empleadas hasta el momento, así lo hace ver un comentario del minero alemán Sonneschmidt que "cerca de 4,000 caballeros son empleadas en mover los malacates" en las minas de -- Guanajuato. (106) Las Reformas Borbónicas lograron en gran medida introducir cambios tecnológicos en relación al problema de desagüe. José Antonio Alzate (1729-1790), fué uno de los científicos mexicanos que realizaron trabajos para la solución de estos problemas y ayudar al engrandecimiento de la minería mexicana. -

(105) Ibidem. pag. 252.

(106) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 363.

Así en 1768 en "El Diario Literario de México" da a conocer una máquina de vapor utilizada para el desagüe de minas en los términos siguientes:

"Las piezas principales que componen esta máquina cuyos efectos parecerán a muchos exageraciones, se reducen a una caldera cubierta por un chapitel de de plomo; en la parte superior de éste, está soldado un tubo con una llave para abrirlo o cerrarlo, y lo llaman regulador. Se une a éste un cilindro o tubo de metal de tres varas de largo y veinte y dos pulgadas de diámetro. En lo interior del tubo juega un émbolo bien ajustado, para que no penetre el aire exterior. El émbolo dicho pende de la extremidad de una viga horizontal, que tiene un eje casi en la medianía. En la parte opuesta de la viga está afianzado en el émbolo o émbolos de las bombas de desagüe... Para poner en movimiento la máquina, se enciende fuego bajo de la caldera, para que el agua, que ocupa casi la medianía, llegue a hervir. Entonces se abre el regulador para que los vapores impelan por su fuerza el émbolo a la parte superior del tubo. Impelido el émbolo, hace inclinar la parte opuesta, con cuyo movimiento los émbolos de las bombas descienden. Para hacerlos subir, se abre en el tubo o bomba de la caldera el cañoncillo, que se llama de inyección; y por él entra una corta cantidad de agua fría, lo que precipita los vapores que suspendían el émbolo. Por la condensación de éstos, se forma un vacío; y el aire por su peso hace descender el émbolo a la parte inferior; de modo que la falta de equilibrio hace mover la máquina; cuando se abre el regulador, los vapores hacen su efecto; y cuando esto se cierra, y se abre el tubo de inyección, la atmósfera ejecuta los efectos de su pesadez en la parte superior del émbolo".(107)

Es con los trabajos de Alzate, cuando por vez primera se comienzan a manejar otros conceptos, distintos a los tradicionales, como lo es el vacío y con él, la nueva tecnología surgida en Europa y que se reflejó en el desarrollo de la máquina de vapor. Alzate inicia el cambio de mentalidad en las técnicas empleadas

(107) Roberto Moreno Obras I.- Periódicos. José Antonio Alzate y Ramírez. Ed. U.N.A.M. México 1980. pag. 31-35.

por más de tres siglos y da la pauta para que otros hombres de ciencia se enfoquen a los problemas de la minería y de la industria en general. Así en 1771 Velázquez de León a su regreso de las Californias, realiza un informe detallado de las formas de explotación minera en la Nueva España, con descripciones de máquinas inventadas o mejoradas por él que fueron puestas en práctica en aquel lugar. (108) En el mismo año Velázquez adquirió por donación y luego por denuncia ante el virrey, cuatro minas inundadas en Temascaltepec, en las que aplicó las máquinas y arbitrios de su invención. (109)

Velázquez en la segunda "representación" por el año de 1779 describe cuatro máquinas de desagüe diseñadas y aplicadas por él en las minas: los malacates dobles, una máquina de tracción animal y dos movidas por agua. (110)

En 1784, Alzate publicó un artículo dedicado al malacate con el fin de hacer algunas observaciones para mejorarlo. En la gaceta del 5 de mayo de 1784, en un artículo llamado "Noticias de Varios Inventos", dijo al respecto:

"No conocemos en la Nueva España otra máquina útil para el desagüe de las minas que el malacate; esto se entiende de los desagües que se hacen a grandes profundidades, que para los -

(108) Roberto Moreno. Joaquín Velázquez. ... Op. cit. pag. 32.

(109) Ibidem. pag. 33.

(110) Ibidem. pag. 38.

desagües interiores se usa de otros arbitrios. Sería muy útil que los sujetos dedicados a la maquinaria comunicasen sus reflexiones acerca de los defectos que se observan en la construcción de la máquina y al mismo tiempo los que provienen -- por falta de economía. El autor del presente artículo se obliga a exponer lo que sobre el particular tiene observado y lo ejecutará pasados dos meses de publicado ésto, caso que algún otro no lo haya verificado". (111)

Esto originó una controversia entre Velázquez de León y José Antonio Alzate. En la gaceta del 14 de julio de 1784, Alzate presenta los defectos que le encuentra al malacate en cuatro puntos importantes.

"1o.- La devanadera o sea la estructura que mueven los caballos para enrollar las cuerdas, debía ser cilíndrica y no poligonal... o diez y seis lados como acostumbran los mineros. La razón: los caballos la mueven sin uniformidad por los bordes de la estructura; y las sogas se rompen con más facilidad por la frotación con las costillas. 2o.- La roldana o garruchas en las que pasa la soga son muy chicas; si se hicieran más grandes opondrían mayor resistencia. 3o.- El espeque del que tiran los caballos es muy bajo y los caballos tienen --- que hacer demasiado esfuerzo. Debía ir a la altura del pecho. 4o.- La devanadera se encontraba demasiado lejos de los tiros en detrimento de su fuerza".(112)

Velázquez de León, en su carácter de Director General del Tribunal de Minería, se vió obligado a responder de la misma manera:

"1o.- Lo que ganaría en tiempo y en longitud enrollada por la devanadera cilíndrica es despreciable y no se compensaría con los costos de carpintería. 2o.- Las roldanas o poleas son --

(111) Ibidem. pag. 114.

(112) Ibidem. pag. 114-115.

dos: las de dirección, que sirven para dar el ángulo a la cuerda entre el tiro y la devanadera, y las de guía para que la cuerda vaya horizontal del tiro a la máquina. Con el destino de la polea es dar ángulo simplemente, si fuera muy grande facilitaría el movimiento, pero la cuerda rozaría en mayor superficie. Por consiguiente deberían ser de tamaño mediano. - - 3o.- Le parece obvio que el espeque bajo hace oblicuos los tirantes y dificulta el esfuerzo de las bestias. Niega que aún lo usen los mineros. 4o.- El asunto de la distancia de la devanadera al tiro, francamente lo puso furioso. Protesta que si no hubiera ninguna razón, no se haría el gasto de aplanado o cuerdas largas. Las razones son las que la resistencia del peso aumentaba en la proximidad del tiro porque las dos cuerdas no iban paralelas sino convergentes; por lo que toca a la economía, no sólo se extraía en el malacate agua sino que se sacaban o introducían piedras, escombros, escaleras, etcétera, y se necesitaba un espacio amplio". (113)

La discusión se alargó aún más y llegaron a proponerse mutuamente experimentos en presencia de los dos, para comprobar de manera práctica quién tenía la razón, pero al parecer, nunca se llevaron a cabo y dio término este problema. A pesar de esto, Velázquez tenía una visión más amplia; no se limitaba al uso exclusivo del malacate sino que aceptaba otras alternativas y reconocía los muchos inconvenientes derivados de los malacates; mencionaba la utilidad de las máquinas hidráulicas y neumáticas. -- (114)

En 1783 con la publicación de las Reales Ordenanzas, se menciona en el título VI del desgaje de las minas, problemas presentado en la extracción de los minerales. (115)

(113) Ibidem. pag. 114-115.

(114) Elías Traluse. El Círculo Roto... Op. cit. pag. 181.

(115) Miguel León Portillo. Op. cit. pag. 134.

En 1788, en "La Gaceta de México", se notifica la instalación de bombas de desagüe en las minas de Mellado y descrita en los siguientes términos:

"Quanaxuato.- Don Joseph Sotello, natural de la Villa de Redondela en Galicia, obispado de Tuy, ha proyectado en la antigua mina de Mellado de este Real, un arte para lograr el desagüe por medio de bombas hidráulicas que, colocadas por escala desde la lengua del agua, han hecho salir por la boca de la mina más de una naranja de agua continua, lo que visto por varios inteligentes aseguran que no podrán diez malacates hacer otro tanto. Esta mina tiene hasta la agua 118 varas de perpendicular, con 300 varas de tendido en cuyo distrito ocupan 27 bombas. La habilidad que ha tenido el autor para su proyecto ha sido sólo de 500 pesos". (116)

José Alzate, había insistido en la superioridad de las máquinas hidráulicas con respecto al malacate pero consideraba, -- que sin la ayuda de buenos técnicos era imposible fabricar dichas máquinas en México. Alzate en 1768 hace un comentario al respecto:

"La construcción de una máquina hidráulica necesita de más luces de las que a muchos parece. Se requiere un gran conocimiento de las matemáticas, ayudado de una gran penetración y habilidad para conformarse a las dificultades accidentales -- que suelen sobrevenir. Esto es lo que ha frustrado varias máquinas mal entendidas o peor pensadas que se han intentado ejecutar para el desagüe de las minas y no han tenido el efecto deseado, por la falta de conocimientos expresados. Mi ánimo no es destruir este uso tan antiguo; los que practican sobran lo que hacen; pero es compasión el que se hallen tantas minas ricas abandonadas por no poderse costear el desagüe". - (117)

(116) Clara Broustein Punski. Op. cit. pag. 82-83.

(117) Elías Trabulse. El Círculo... Op. cit. pag. 186.

Todos los intentos para mejorar las técnicas de desagüe resultaron infructuosas, porque no pudieron sustituir los métodos tradicionales como lo eran socavones y tiros, acompañados del uso de malacates. El financiamiento para este propósito, no excusa ya que en 1801 el conde de Regla gastó 250,000 pesos para mantener 28 máquinas (malacates). El costo principal, sin incluir la inversión inicial, era el forraje para el mantenimiento de las mulas o caballos. Los 14 o 16 malacates de la mina "La Quebradilla" en Zacatecas, requería de 800 caballos para su operación y estos animales consumían 1,800 fanegas de maíz al año (1 fanega = 46-50 kilogramos). La mina de "Veta Negra" en Sombrerete requería 29 malacates operados por 1,000 caballos. (118)

La introducción de alguna máquina que facilitara el desagüe, se vió frenada, una vez más, a la intransigencia mostrada por los mineros; acostumbrados a utilizar los métodos antiguos, sin que su mentalidad sufriera algún cambio importante con respecto a las operaciones de desagüe.

Es a fines del siglo XVIII, con la llegada de Fausto de Elhúyar y más tarde de Manuel Andrés del Río, cuando se introducen en México las técnicas de desagüe más eficaces empleadas en las minas europeas. Así, en la mina de Morán en Pachuca se realizaron diversos experimentos con bombas hidráulicas de tipo húngaro. Se inclinaron por la fuerza hidráulica en vez de la de va

por, debido a la escasez de combustible que existía en nuestro territorio. El director de minería, Fausto de Elhúyar, manifestaba que no se tenía conocimiento de minas de carbón y la única región en la que se habían localizado era el de Nuevo México, -- además de no tener suficientes bosques que proporcionaran el combustible necesario, razón por la cual se optó por las máquinas hidráulicas. En 1801 Humboldt describe la primera máquina de columna de agua instalada por Del Río en los siguientes términos:

"... una máquina con columna de agua, cuyo cilindro tiene 26 centímetros de altura y 16 de diámetro. Esta máquina, que es la primera de este género que se haya construido en América, es muy superior a las que existen en las minas de Hungría; fué construída según los cálculos y planos del señor Del Río..." (119)

La utilización de este tipo de máquinas se encontraba limitada, a minas en las cuales existiera caídas de agua para proporcionar la fuerza motriz necesaria. Estos fueron los primeros pasos para la introducción de la máquina de vapor en México y se inició el interés por éstas. El 2 de noviembre de 1803, supremo gobierno dirigió una carta al rey en donde se pedía toda información acerca de la utilidad que podían representar las máquinas de vapor, para así enviar un técnico que las implementara en México, al igual de como se había hecho en las minas de Almaden, España, pero esta misión no se llevó a cabo. En 1805 se insistió

(119) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 362.

de nueva cuenta, ya que se pensaba que la escasez de carbón y leña en México podía suplirse con la menuda de monte bajo (hojas - secas, ramas, etc.) al igual que en las minas de Almaden. Así, la primera máquina de vapor usada en América se introduce en la mina de Santa Rosa del Cerro de Pasco, Perú en 1816 por Pedro de Abadía, rico comerciante, en sociedad con José Arimendi y Francisco Ubillo; quienes después de grandes dificultades lograron conducir a la mina las calderas, máquinas y bombas para el desagüe. (120)

El 9 de agosto de 1818, se solicitó por parte del gobierno un ejemplar en donde se hablaba de los efectos conseguidos en la extracción y desagüe desarrollado por las máquinas de vapor en las minas de Santa Rosa. Además se manifestó la necesidad de éstas en la Nueva España y conceder absoluta libertad de derechos a su introducción, sea de cualquier país y premiar por ello al primer dueño de una mina mexicana que estableciera la -- primera máquina en el país. (121) Con estos antecedentes el 21 de noviembre de 1818, se presentó ante el gobierno Tomás Murphy minero de los reales de Guanajuato y Pachuca, para solicitar el privilegio exclusivo por 10 años para la introducción en la Nueva España de las máquinas de vapor, además del reintegro del costo de la máquina puesta en Veracruz y que se le bonificaría la mitad de los gastos de los malacates por un lapso de 25 años. (122)

(121) Luis Chavez Orozco. Documentos para la Historia Económica de México. Vol. IX. S.E.N. México 1935. pag. 3.

(122) Ibidem. pag. 4.

Sin embargo, la junta de consultores opinó en rechazar la solicitud, basados en la real orden del 9 de agosto de 1818, donde se establecía que todos los mineros tenían libertad para solicitar las máquinas de vapor de cualquier país extranjero, con las exenciones y premios que por ello se les otorgaban.

La junta de mineros analizó las posibilidades del establecimiento de las máquinas de vapor en nuestro país y las ventajas que podían ofrecer a la minería y la industria en general. El 11 de junio de 1819 se dió a conocer una carta de Lucas Alamán dirigida al conde de la Valenciana en donde se especificó que una máquina de 88 caballos de fuerza permitía extraer agua a una profundidad de 600 varas, con un costo de 90,000 pesos entregada en el puerto de Veracruz. (123)

Finalmente, manifestaron que sin la minería no podían -- existir la agricultura, el comercio y la industria en general ya que al tener minas inundadas frenaban el desarrollo de la nación y por lo tanto era necesario acceder a la posibilidad de la introducción de las máquinas de vapor enfocadas primordialmente al desagüe de estas minas. Se puede atribuir a Thomas Murphy la -- primera iniciativa formal para el establecimiento de estas máquinas, aunque ésta resultó desfavorable debido a la información in completa que se tenía al respecto. El establecimiento de la máquina de vapor resultó sumamente difícil, tal vez, por la inesta

bilidad política provocada por la lucha de independencia que una vez consumada dió origen a varias compañías extranjeras, principalmente de capital inglés, con el principal objetivo de explotar las minas, a iniciativa de Lucas Alamán. Cuando las Compañías inglesas comenzaron las operaciones en las minas mexicanas, Taylor señala que en la mina de Morán, propiedad de Thomas Murphy, era la única mina donde se habían instalado bombas para el desagüe; eran las llamadas "Machine a Collone D'eau" (máquina de columna de agua), puestas en práctica por un minero Alemán y describe su funcionamiento de la siguiente manera: "Lograba sacar el agua con bombas de 9 pulgadas que operaban 12 horas diarias, logrando su cometido, pero él vió que suministraba la potencia, sólo tenía suficiente agua en la época de lluvias, 3 meses al año, por lo que la máquina se abandonó".(124)

El 8 de julio de 1820, Elhúyar informó sobre las condiciones de las máquinas de vapor que ofrecía traer al país el americano Santiago Smith Walcochs. Según Buckart, la primera máquina de vapor inglesa, en las minas de Catorce, fué establecida alrededor de 1821, seguramente con el propósito de mover bombas de desagüe en todo el distrito. (125)

En el informe de Lucas Alamán de 1823 se menciona que: --

(124) Clara Brunstein Punski. Op. cit. pag. 133.

(125) Modesto Bargalló. Op. cit. pag. 343.

"Las máquinas de vapor que se proponen conducir y de las cuales se estan estableciendo ya dos, la una de Temascaltepec, y la otra en el Real del Catorce, contribuirían poderosamente a tan importante resultado". (126)

La compañía británica de Real del Monte, transportó sus primeras máquinas de vapor a México a mediados de 1825. Esta expedición la encabezaba James Colquhoun, cuyo cargamento de 1,500 toneladas, estaba compuesto por nueve máquinas de vapor; 5 para el bombeo, 2 para los molinos de piones y 2 para el aserradero, varias bombas, ferretería diversa, herramientas y utensilios, 150 carretas y 760 juegos de arcos para mulas. (127)

Lucas Alamán en 1825 declaró con respecto a la situación de las máquinas en las minas mexicanas "En Catorce se ha emprendido el trabajo de la mina de Guadalupe y esta concluido el desagüe de la Concepción, por medio de una bomba de vapor. Otra máquina de esta especie se ha establecido también en Temascaltepec y el buen resultado que ha tenido, tanto en este mineral como en el de Catorce, ha probado evidentemente cuan preferible es para los mineros su uso al de todas las demás en los parajes en que la abundancia de combustible permite establecerlas, aunque para el fomento general sea una cuestión muy difícil de resolver de con-

(126) Jorge Aguayo Spencer. Obras de D. Lucas Alamán. Documentos Diversos Inéditos y muy Raros. Memoria de la Secretaría de Estado y del Despacho de Relaciones Exteriores e Interiores, 1823. Tomo I. Ed. Jus. México 1942. pag. 93.

(127) D.W. Randall. Op. cit. pag. 66.

veniencia".(128) Esto demuestra lo mostrado por Alamán en procurar el progreso de la industria minera en el país.

La compañía de Real del Monte recibió en mayo de 1826 las máquinas traídas de Inglaterra. La primera que era pequeña y horizontal, se colocó en la mina de Morán, la cual a mediados de 1827 estaba suficientemente libre de agua. La segunda máquina de 30 pulgadas fué instalada el 10. de julio de 1827 encargada de desaguar la Veta Vizcaína. (129)

A pesar de que en estos años, México contaba con algunas máquinas de vapor, su uso no era generalizado, ya que en muchos distritos mineros se utilizaban todavía, malacates para el desagüe. Las máquinas no se extendieron por todo el país debido principalmente a la falta de combustible. George Ward en 1827 durante su estancia por Guanajuato apunta "No se emplearon máquinas de vapor, debido a la escasez de combustible; pero se instalaron ocho malacates de los más grandes alrededor del tiro general y se mantuvieron trabajando ininterrumpidamente noche y día durante veintidós meses; en ese tiempo el agua bajó 185 varas".(130)

Ward interesado por el desarrollo de las compañías extranjeras en el país, realiza una serie de comentarios enfocados a la industria minera. En su obra "México en 1827" narra los obs--

(128) Jorge Aguayo Spencer. Op. cit. pag. 150.

(129) R. W. Randall. Op. cit. pag. 77, 120.

(130) Henry George Ward. Op. cit. pag. 563.

táculos a los que se enfrentaron las compañías, como lo fue el desagüe y la falta de tecnología para superar este problema. En un viaje de Altamira a Catorce con el objetivo de instalar una máquina de vapor en las minas de Catorce para el desagüe, es un ejemplo de las penalidades sufridas para el transporte e instalación de alguna maquinaria en algún centro minero. La descripción de este suceso, presentado por Ward, es digno de elogiarse por sus detalles y en especial por la situación que en ese momento atraviesa la nación.

"El 16 de mayo de 1822 salimos de Altamira con catorce carruajes de cuatro ruedas, cargados con maquinaria - partes de una máquina de vapor de treinta y seis pulgadas - para la mina de la Concepción, en el Real de Catorce. El coronel Martínez, como representante de los señores Gordon y Murphy, conducía el grupo... Avanzamos muy poco el primer día... En Chocolate... tuvimos la mala fortuna de que se nos rompieran dos ruedas y se dañara otro de los carruajes... El desperfecto de los carruajes se debió en parte a los bueyes, que eran todos salvajes; pero principalmente a los conductores, grupo de antes con plenamente incivilizados... El coronel Martínez mostró en todos los casos la mayor timidez, y permitió que los hombres hicieran lo que les viniera en gana... A una legua de Chocolate, se averió otro de los carruajes... Habíamos viajado dos leguas cuando los conductores de dos de los carruajes se salieron del camino y deliberadamente rompieron dos de las ruedas... De esta manera seguimos nuestra ruta hasta el 28 y debido a la falta de regulaciones adecuadas la pasamos generalmente mal... Al llegar el 28 a la venta de los Esteros, se decidió que todo el grupo debería descansar uno o dos días. Me ocupé, sin embargo en hacer dos pequeñas carretas, pensando que los conductores podrían manejarlas mejor que los carros... El coronel Martínez salió de Esteros el 31 de mayo con catorce carruajes; yo me quedé con dos, cuyas ruedas necesitaban reparación, y me tomó cuatro días el hacerlo. Pasé dos días sin más comida que la que me proporcionaba la caridad de algún viajero, y que consistía de tres o cuatro tortillas... Nos quedamos en Chocolló hasta el 9 de junio... El 13 nos detuvimos frente a un río, no por razón de su agua, que era muy poca, sino por la pendiente de sus márgenes y por su lecho rocoso, a través del cual nos vimos obligados a abrir un camino para que pasaran los carruajes. El 14 complementamos nuestra tarea y el 15 logramos pasar todos los carros... El 10 de julio descansamos en un lu

gar llamado Pletil... el 2 de septiembre... recorrimos tres leguas. Aquí, por falta de pastura, nos vimos forzados a alimentarnos a los burros con nopal... El día 11 salimos de Linares... Como las ruedas y los cuerpos de nuestros carruajes necesitaban reparación general, decidimos detenernos en Comacho con tal propósito. Nos llevó siete días dejar todo arreglado... El 27 llegamos a Pílon, a catorce leguas de Linares. En la región se podía observar un cultivo de tipo más aventajado; la comarca era en general extremadamente fértil, y las frutas y verduras de toda clase eran abundantes y baratas... El 10 de octubre llegamos a Callejón... a cinco leguas de Pílon... Nuestra ruta desde Altamira hasta Monterrey había sido en dirección noroeste... al salir de Monterrey, proseguimos rumbo al oeste... el 2 de noviembre proseguimos nuestro viaje hasta Buena Ventura... El 10 recorrimos tres leguas y nos detuvimos en Pechón... Salimos temprano a la mañana siguiente (el 11), y no habíamos caminado mucho cuando nos topamos con gran cantidad de hombres, mujeres y niños, que habían venido a encontrarnos y a escoltarnos hasta el Potrero... Los Obregones habían acordado con los administradores de varias minas que despecharan todos sus hombres al Potrero, de manera que inmediatamente después de nuestra llegada todas las piezas fundidas pudieran ser conducidas a Concepción, mina donde se debía instalar la máquina y para llegar a la cual había que subir por lo menos dos millas por una montaña muy empinada. Las cajas pequeñas y todo nuestro equipaje fueron llevados ese mismo día, y llegamos a nuestra futura residencia... habiendo tardado exactamente doce meses desde Londres hasta Catorce; salimos el 11 de noviembre de 1821 y llegamos a Catorce el mismo día, en 1822... Permanecimos ociosos por falta de fondos hasta el 10 de abril de 1823, fecha en que comenzamos a demarcar el terreno para poner los cimientos de la casa de máquinas, y el 9 salí para Matamala en busca de madera para las bombas; pero no pude encontrar en ese lugar cuarenta yardas de madera de diez pulgadas de diámetro. Sin embargo, hice indagaciones en Matamala, y la gente de ahí me informó que había un rancho, llamado Laca, como a unas doce leguas, en cuyas cercanías existía un bosque magnífico, con árboles de todos tamaños. Por lo tanto, salí para Laca, pero a mi llegada a ese lugar no encontré árboles mayores de dos y medio pies de largo y de siete pulgadas de diámetro... Sin embargo... a dieciséis leguas de Laca... se formaron que el pino y el nogal crecían abundantemente... Durante los dos días siguientes continué visitando la cañada y marqué doscientos veinte árboles, que hacían un total de cuatrocientas yardas de madera para las bombas. Así, después de grandes fatigas y desilusiones, logré por fin mi objetivo, y el 21 de abril llegué de nuevo a Catorce... La semana siguiente a mi regreso, me ocupé de llevar las calderas y el cilindro hasta la mina. A los ojos de los nativos parecía imposible poderlos subir enteros a la montaña, pero por medio de poleas y sogas de seis pulgadas, en menos de cuatro días logré llevar las pesadas piezas de maquinaria hasta la cima... El siguiente paso era instalar una perforadora para taladrar las bombas; --

usé para ello un malacate... para levantar nuestras pesadas -- piezas de maquinaria... El 25 de septiembre atornillamos el cilindro, el 11 de octubre acomodamos el balancín en su sitio, y para noviembre estaba completamente instalada y lista para tra bajar... para el 20 de abril estábamos preparados para echar a andar la máquina... Al arrancar la máquina, vimos que el agua subía con dificultad; las bombas tenían defectos, y no obstante que las aseguré con hierro lo más fuertemente posible, la mayor parte de ellas reventó al alcanzar el agua a una altura moderada. Nos pasamos tres meses completos en este inútil esfuerzo... Continuamos en esta inútil tarea hasta el 7 de noviembre de 1824, cuando se decidió enviarme a los Estados Unidos para traer bombas de hierro. Por consiguiente, salí de Ca torce el 22, con instrucciones de que si no se podía encontrar en ese país una fundición que reparara la tubería, debería dirigirme inmediatamente a Inglaterra... Me vi detenido en Tampico hasta el 16 de diciembre, día en que me embarqué en una goleta americana y zarpé hacia Nueva Orleans... En Nueva Orleans me informaron de una fundición establecida en Louisville... El 10 salí de Nueva Orleans, llegué a Louisville el 25, e inmediatamente me presenté ante el señor Prentice, propietario de la fundición, quien me dijo que necesitaría doce meses para completar mi pedido y me recomendó proseguir hasta Cincinnati... Por consiguiente, salí el 26 y llegué a Cincinnati a la mañana siguiente... En cuatro meses completaron el pedido... El peso de los tubos era de sesenta y tres toneladas y quinientas libras, a seis dólares por cada 112 libras. El último tubo se fundió el 20 de mayo, y el 2 salí de Cincinnati... el 4 de junio, fleté una pequeña goleta y la cargué con las piezas fundidas, y el 22 de junio llegué a Tampico. Pero nos vimos detenidos fuera de la barra hasta el 17 de julio... El 28 se descargaron las bombas. Las carretas llegaron el 26 de agosto, y a su arribo terminé mi asunto a la mayor brevedad posible y salí para Altamira... En febrero y marzo de 1826 llegaron las piezas fundidas. El 18 de marzo especé a montarlas en el tiro y el 10 de junio hice arrancar de nuevo la máquina: trabajamos durante dos semanas y logramos progresos considerables en nuestra labor de bajar el nivel del agua, a pesar de que paramos un corto tiempo por falta de combustible; pero la máquina continuó en actividad, con pocas interrupciones, hasta el 24 de noviembre, y durante ese tiempo sacamos la mayor parte del agua y de los escombros...". (131)

A pesar de todos los inconvenientes, las máquinas instaladas permitieron un desagüe eficaz y en menor tiempo, esto provo-

(131) Henty George Ward. Op. cit. (Apendice A). pag. 727-742.

có el interés de los mineros que iniciaron un período de avance técnico y en consecuencia, importaron un mayor número de máquinas.

La máquina de vapor es otra de las tecnologías introducidas al país en forma tardía; aproximadamente sesenta años respecto a los países europeos, situación que provocó un atraso no sólo a la minería sino a la industria en general.

CAPITULO III

INDUSTRIA TEXTIL

CAPITULO III

INDUSTRIA TEXTIL

EVOLUCION DE LA TECNOLOGIA (1760-1850).

La industria textil, ocupó un lugar predominante dentro de las industrias surgidas durante la Revolución Industrial Inglesa. La acumulación de capital, proveniente del comercio y la agricultura, se destinó principalmente a la industria textil. La mecanización de esta industria, totalmente ligada a la agricultura en sus inicios, se pudo lograr gracias a que Inglaterra, contaba para esa época, con instituciones públicas de tendencia liberal y al aumento de la población del reino. (132)

Dentro de las fibras naturales, el algodón por ser elástico, abundante y más resistente, fué el más afortunado; al principio la mayoría de la maquinaria, especialmente las máquinas hiladoras, fueron exclusivas para éste. Las características físicas del algodón, permitieron que la energía mecánica auxiliase al trabajo manual.

(132) Luis Chavez Orozco. Revolución Industrial, Revolución política. Biblioteca del Obrero y Campesino. No. 23. México - 1937. pag. 7.

Con el surgimiento de la industria textil, países como Inglaterra y los Estados Unidos, invirtieron grandes capitales para el cultivo del algodón. Entre 1790 y 1818 la producción de algodón en los Estados Unidos aumentó de 680,000 a 36'500,000 -- kg. (133) Aún así estas cantidades fueron insuficientes para cubrir la demanda de la fibra. La cantidad de esclavos africanos de los sembradíos sureños de los Estados Unidos, se vió en aumento año con año; de 700,000 pasó a 3'200,000 en 1850. (134) Algunos autores sostienen que la Revolución Industrial y especialmente la maquinaria textil, propiciaron este aumento en el número de esclavos. Inglaterra que no podía producir dentro de su territorio la cantidad suficiente de algodón para sus grandes fábricas de hilados y tejidos, se vió en la necesidad de importarlo de las costas orientales del mediterráneo y de sus dominios en América.

Luis Chávez Orozco apunta con respecto a la Revolución Industrial "El antiguo orden de las cosas se derrumbó súbitamente a los rudos golpes de la máquina de vapor y del telar mecánico, de las filaturas mecánicas, de los caminos perfeccionados de la expansión del tráfico interno y externo y de la Riqueza de las Naciones. Los dos hombres que más contribuyeron a consumir la revolución fueron Adam Smith y James Watt; ayudados por otros inventores destruyeron el mundo antiguo y construyeron uno nuevo...

(134) Ibidem. pag. 813.

(135) Luis Chavez Orozco. Op. cit. pag. 6.

La población creció rápidamente, pero el número de los agricultores disminuyó, tanto relativa como absolutamente; el sistema de factorías se convirtió en el hecho más prominente en la industria; la sobreproducción y la crisis - fenómenos totalmente desconocidos antes - se tornaron normales en la vida de los negocios...". (135)

El cuadro siguiente muestra el incremento en el consumo de algodón y lana durante la Revolución Industrial en Inglaterra.

CUADRO No. 12

AÑOS	LANA BRUTA (MILLONES DE LIBRAS)	ALGODON BRUTO (MILLONES DE LIBRAS)
1695	40	1
1741	57	2
1772	85	3
1779	98	50
1805	102	60
1840	260	430
1860	410	950

Fuente: German P. Montford. Tesis Profesional Universidad La Salle. La Industria Química y la Revolución Industrial. México 1985.

Las fábricas inglesas adquirieron gran notoriedad por haber empleado la mano de obra infantil, que era barata y de gran utilidad; sus pequeños cuerpos eran los indicados para limpiar la tosca maquinaria y también eran utilizados como remendones -- cuando los hilos se rompían. Esta explotación continuó durante un buen período hasta 1833, año en que fué prohibida la ocupación de menores de nueve años, pero siguió el empleo infantil en la media jornada.

Es importante recalcar que los inicios de la Revolución Industrial muestran una desvinculación entre la ciencia y la técnica. El apogeo de la industria de los hilados y tejidos se debió en gran medida, a la inventiva de artesanos y mecánicos.

La Máquina de Hilar.

Las primeras máquinas de hilar de funcionamiento eficaz - datan del año 1760, aún existe la polémica sobre el primer innovador de la máquina de hilar. James Hargraves inventó la "Jenny" o máquina de hilar de usos múltiples en 1764. Pero tardó seis años en patentarla y por esto, la "water-frame" o máquina de hilar de Arkwright se registró primero (136). La patente de Arkwright, fué invalidada ya que la máquina se vendió con anterioridad a la obtención de la patente. El nombre de "water-frame", -

(136) Derry & Willimas. Op. cit. pag. 815.

induce también a confusión puesto que los planos originales de Arkwright, describían que la máquina debía ser movida por un caballo. (137) Para esta época, la maquinaria textil requería una fuerza motriz mayor a la que podía ser proporcionada por la tracción humana o animal, de aquí la necesidad de utilizar, en un -- principio, la fuerza hidráulica. Las fábricas tenían que esta-- blecerse en las vecindades de los ríos o alguna fuente de sumi-- nistro de agua. Con el desarrollo de la máquina de vapor, la industria textil pudo aplicar esta nueva tecnología para las opera-- ciones de hilado y tejido. La introducción de la máquina de va-- por a la industria textil marcó el inicio de una nueva etapa en la producción fabril; el artesano quedó relegado al trabajo en -- inmensas fábricas, que durante más de siglo y medio representa-- ron la principal industria de Inglaterra.

La Máquina de Hilar de Arkwright.

La máquina de Arkwright, consistía en cuatro bobinas hori-- zontales de madera, que sostenían las mechas de algodón bruto -- previamente lavado y cardado. La mecha era conducida hacia aba-- jo a través de dos pares de rodillos, el segundo de los cuales -- se movía con mayor rapidez que el primero para estirla. Conti-- nuaba su camino descendente hasta la base de la máquina por me-- dio del brazo de una aleta unida a un huso, que contenía también

(137) Ibidem. pag. 815.

una bobina con menor velocidad con respecto al huso, gracias al primitivo mecanismo de enrollar una pieza de estambre en torno a su base. Finalmente, el algodón quedaba enrollado uniformemente en el huso. (138)

La Máquina de Hargraves. "Jenny".

La máquina de Hargraves, de menor peso que la de Arkwright fue más adecuada para trabajar los hilos de entramado o para los fuertes hilos de calcetería que para los hilos de urdumbre. En el caso de la "Jenny", las mechas eran extraídas de unas bobinas situadas en la parte inferior de la máquina y que se movían hacia adelante y hacia atrás. Dos rieles se comprimían el uno -- contra el otro para sujetar firmemente la mecha mientras la barra realizaba su movimiento de retroceso. La mecha era torcida por unos husos situados en el extremo opuesto de la máquina, la barra se movía entonces de nuevo hacia adelante al tiempo que un alambre empujaba el hilo hacia abajo, de forma que pudiera ser enrollado en los husos. (139)

En 1785, la patente de la máquina de Arkwright, fué cancelada por no ser original, situación propicia para que la máquina fuera del dominio público. La balanza se inclinó a favor de las empresas de gran escala, ya que los industriales de mayor capi--

(138) Ibidem. pag. 816.

(139) Ibidem. pag. 816.

tal introdujeron la tecnología del momento. Así, en Papplewick, Inglaterra se instaló la primera fábrica operada en su totalidad con máquinas de vapor. A partir de 1790, el uso de vapor de agua se extendió simultáneamente en otras industrias como la minera, la del transporte, etc. La energía mecánica que había sido aplicada en el proceso de hilado, pronto se usó también para otros procesos dentro de la industria textil tal es el caso del proceso de apertura, el del batido y el de tejido. Los procesos de apertura y batido consistían en abrir y limpiar las fibras en redadas de algodón en bruto para ser introducidas en la máquina de cardar. (140)

Para el año de 1815, se puso a la venta un nuevo tipo de "waterframe" que satisficó la demanda de hilos fuertes que pudiesen ser utilizados en los telares mecánicos.

Máquinas Tejedoras.

Las Máquinas tejedoras no tuvieron una aplicación tan específica para el algodón como las máquinas de hilar; su uso fué más diversificado. El primer adelanto en el telar manual corrió a cargo de Jacquard, quien desarrolló un dispositivo para arrollar la tela automáticamente. Este dispositivo se patentó en 1805 y su uso se generalizó entre los tejedores manuales con el

(140) Ibidem. pag. 499.

nombre de "Telar Dandy". (141) El progreso de las máquinas tejedoras fué más lento comparado con el de las máquinas de hilar; - las máquinas tejedoras continuaron en fase experimental mientras persistió el empleo de telares manuales en toda Inglaterra. En el año de 1791, existían 2,400 telares mecánicos en todo el territorio inglés, para la década de los 1820's la cifra se multiplicó por diez, en 1850 la industria del algodón ocupaba 250,000 telares mecánicos y solamente la quinta parte de esta cantidad de telares manuales. (142) A mediados del siglo XIX, los telares mecánicos alcanzaron adelantos que permitieron el empleo de la máquina de vapor de Watt y así, la industria textil se transformó en una totalmente mecanizada.

La introducción de la nueva tecnología permitió que la industria textil se diversificara para tratar otras fibras como el lino y el cáñamo. Esto le permitió abrir nuevos mercados y expandirse por varias partes del mundo, así los Estados Unidos, a la vanguardia del desarrollo industrial, fué uno de los países que aportaron algunos adelantos relacionados con la industria textil. Además, esta industria dió la pauta quizás, para el desarrollo de la industria química relacionada íntimamente con los procesos de blanqueado, estampado y teñido.

(141) Ibidem. pag. 500.

(142) Julia de L. Mann. A History of Technology. Vol. 4. Ed. Singer.-Op. cit. pag. 292-293.

INDUSTRIA TEXTIL EN MEXICO.

Período Colonial.

En la época colonial, las únicas fibras naturales susceptibles al aprovechamiento en la industria textil en nuestro país eran el algodón, la lana y la seda. El algodón fué el más abundante y antiguo así lo comenta Humboldt: "El algodón es una de aquellas plantas, cuyo cultivo es tan antiguo entre los pueblos aztecas como el de la pita, maíz y quinoa. Lo hay de superior calidad en las costas orientales, desde Acapulco hasta Colima... La Nueva España no surte anualmente a la Europa más que con - - 25,000 arrobas, o 312,000 kilogramos de algodón. Sin embargo es ta cantidad, aunque poco considerable en sí misma, es ya seis veces mayor, que la que los Estados Unidos exportaban de su propia cosecha en 1791...".(143)

El lino y el cáñamo, fibras ampliamente utilizadas en la industria textil europea, en México no existía su cultivo. Humboldt afirma que "... es muy cierto que hasta el día no se cultiva en México el cáñamo y el lino...". (144)

Las técnicas eran rudimentarias, todas las operaciones tales como despepitado, cardado, hilado y tejido se efectuaban de

(143) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 290.

(144) Ibidem. pag. 290.

forma manual, no hay referencia alguna que indique la existencia de maquinaria para la industria textil antes de 1832.

Los lugares dedicados a producir las manufacturas textiles en el país eran llamados "obrajes y trapiches" y que según el mismo Humboldt eran lugares inapropiados para efectuar estas operaciones "Sorprende desagradablemente al viajero que visita aquellos talleres, no sólo la extremada imperfección de sus operaciones técnicas en la preparación de los tintes, sino más aún la insalubridad del obrador y el mal trato que se da a los trabajadores. Hombres libres, indios y hombres de color están confundidos con galeotes que la justicia distribuye en las fábricas para hacerles trabajar a jornal. Unos y otros están medios desnudos, cubiertos de andrajos, flacos y desfigurados. Cada taller parece más bien una oscura cárcel: las puertas, que son dobles, están constantemente cerradas, y no se permite a los trabajadores salir de la casa; los que son casados, sólo domingos pueden ver a su familia. Todos son castigados irremisiblemente, si cometen la menor falta contra el orden establecido en la manufactura". - (145)

De todo lo anterior se aprecia que la producción de estos obrajes distaba de ser la óptima; su calidad y su cantidad era paupérrima, no podían competir ventajosamente con los productos extranjeros que entraban al país por la vía oficial de España o

(145) Ibidem. pag. 452.

por contrabando.

La cantidad de algodón exportada era la sobrante de los obrajes mexicanos. La mayoría de los obrajes se encontraban en los hoy estados de Puebla, Tlaxcala y México, este último era el que poseía casi la totalidad de los obrajes de la Nueva España.

La política del gobierno español, preocupada más en sus intereses comerciales que en el desarrollo industrial de las colonias, causó en gran medida el atraso tecnológico dentro de la industria textil. Humboldt afirma "El gobierno, poco ilustrado sobre sus verdaderos intereses, ha preferido que el pueblo mexicano se vista de telas de algodón compradas en Manila y Cantón, o importadas a Cádiz por barcos ingleses, que proteger las manufacturas de la Nueva España". (146)

La situación imperante era de interés para España, ya que con los derechos de importación se enriquecían las arcas públicas. En el año de 1805, México beneficiaba 10,000 arrobas de lana (1'150,600 kilogramos) cada año y 200,000 arrobas de algodón (2'301,200 kg.), mientras que Inglaterra, pionera de la industria textil, beneficiaba 46'308,000 kilogramos de lana y - - - - 27'240,000 kilogramos de algodón en el mismo período. (147) Esta

(146) Ibidem. pag. 290.

(147) Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo II. Noticias de Nueva España en 1805. Op. cit. pag. 3-51.

gran diferencia no debe sorprender ya que si se recuerda, para esta época en Inglaterra estaban en apogeo las grandes fábricas, mientras que en México no se conocía aún la maquinaria textil.

Por lo que respecta a la seda, el cultivo de la morera y la cría de los gusanos de seda se introdujeron por iniciativa de Hernán Cortés, pocos años después del sitio de Tenochtitlán a mediados del siglo XVI. Se obtenía seda de muy buena calidad en la provincia de Oaxaca, en donde algunos pueblos de la mixteca aún hoy en día llevan el nombre de Tepexi de la Seda y San Francisco de la Seda. La política del consejo de Indias, constantemente opuesta a las manufacturas de México y al comercio más activo con la China, unido al interés que tenía la compañía de Filipinas para vender a los mexicanos las sederías del Asia fueron las causas principales que paulatinamente aniquiliaron la industria de la seda. Humboldt apunta en 1803 que "Aún hoy en día en la intendencia de Oaxaca se fabrican pañuelos de aquella seda mexicana... El tejido es áspero al tacto así como el de ciertas sederías de la India, que asimismo son producidas por insectos muy distintos del gusano de seda de la morera".(148)

La cría de carneros merinos de donde se obtenía la lana, también mostraba un desarrollo incipiente en la Nueva España y en el resto de las colonias españolas americanas. Desde la introducción de ganado lanar en el siglo XVI, no se pudo desarro-

(148) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 301.

llar el producto de éstos, no se mejoró la raza, con lo que la lana resultante era de mala calidad; su preparación y tejido dejaban mucho que desear. La industria de los tejidos de lana en México, al igual que la del algodón se efectuaba en talleres de tipo "caseros", con técnicas rudimentarias y equipo manual, a la cual familias enteras se dedicaban.

Industria Textil en el período de la Independencia. (1810-1821).

Durante la lucha de independencia, la incipiente industria textil mexicana sufrió enormemente; los artesanos no pudieron permanecer ajenos y formaron parte del movimiento independentista. Los cultivos de algodón, de por sí raquíticos, se perdieron en su inmensa mayoría y se tuvo un descuido total en lo referente a la adquisición de maquinaria textil. Los adelantos en el teñido y pigmentación, que la Europa había desarrollado a pasos gigantescos no se pudieron introducir al país. La guerra de independencia vino a poner un paso de retroceso en la industria en general. Por lo que respecta a la industria textil, los pocos obreros que continuaron su trabajo, lo hicieron con los mismos métodos manuales anteriores a la independencia. Sus producciones bajaron considerablemente al igual que su calidad, ya que los dueños de los obreros se vieron en la necesidad de contratar personal ajeno a las manufacturas textiles y que lentamente aprendieron el oficio.

La mayor parte de la industria textil estaba en manos de

españoles que vieron afectados sus bienes y personas al estallar la lucha civil. El pueblo mexicano en general, con la euforia propia de los acontecimientos políticos, pensaba que lo más conveniente para la estabilidad y progreso del país era que los españoles abandonaron inmediatamente el territorio nacional.

El pueblo mexicano, fué perjudicado en gran medida por el cierre de los obrajes ya que era el principal consumidor. Los españoles y criollos podían adquirir las manufacturas textiles extranjeras.

Industria Textil en el México Independiente. (Siglo XIX).

Consumada la independencia, la nación estaba más preocupada en la formación del nuevo gobierno, que en las manufacturas textiles. Después del largo dominio español, México se encontraba frente a la disyuntiva de mantener la soberanía territorial o la de industrializarse. Los españoles estaban renuentes a aceptar la independencia; fué hasta el año de 1823 cuando las últimas tropas de la corona abandonaron Veracruz. La doctrina Monroe, fué otra amenaza para nuestra soberanía; "América para los Americanos", ya que Estados Unidos necesitaba de una extensión territorial mayor de la que poseía para cultivar el algodón que abasteciera la demanda de la industria textil. Esta fué otra de las grandes preocupaciones de México recién salido del yugo colonial.

Lucas Alamán, fué uno de los personajes más preocupados por la industria y minería del país desde que ocupó el cargo de Secretario de Relaciones Exteriores e Interiores a partir de --- 1823. Las principales iniciativas, que dentro de la industria se hicieron fueron el Proyecto Godoy (1828), el Banco de Avío -- (1830) y la creación de la Dirección General de Industria. (1842). La primera de estas iniciativas fué propuesta por un particular y las otras dos por parte del gobierno, en base a los comentarios de Lucas Alamán; iniciativas que se dirigían a la introducción de nueva maquinaria textil, desarrollada en Europa y los Estados Unidos, así como el fomento para la creación de juntas industriales en todo el país. Tanto el Banco de Avío como la Dirección General de Industrias fomentaron la industria del papel, la minería, ferrerías, etc. Por lo que se refiere al papel, se compraron fábricas completas en los Estados Unidos, para la minería, ferrerías y jabón solo se adquirieron préstamos y concesiones.

Aunque las anteriores ramas industriales se trataron de fomentar, el objetivo principal de las iniciativas fué la industria textil especialmente la de los hilados y tejidos de lana y algodón.

Hasta 1830 en México, se pensaba que la minería era la base de la riqueza nacional y el poder económico de un país consistía en la cantidad de metales que poseía. El cambio de mentalidad se dió en México a partir de las propuestas de Lucas Alamán

y Estevan de Antuñano; al pensar más en la industria manufacturera como una solución viable para los problemas económicos del país. Lucas Alamán en la Memoria sobre el Estado de la Agricultura, Minería e Industria de la República de 1844 da una idea del cambio de mentalidad en los siguientes términos.

"Todos reconocen ya que el único camino de dar impulso a nuestra agricultura, es proporcionarle por medio de la industria, el consumo de muchos de los productos de los campos, que si las fábricas no los transforman en artículos de comercio, adaptados al uso general: que multitud de brazos que carecían de ocupación, y, por consecuencia, vagarían en la miseria y en los vicios, encuentran un ejercicio honroso y productivo en los establecimientos industriales... que la industria fabril, muy lejos de ser incompatible con la minería, o insignificante comparada con ella, recibe de ella un útil fomento y mutuamente se auxilian; en fin, que la República por ser rica y feliz, necesita ser fabricante, y que no siéndolo, su agricultura que dara reducida a la languidez y a la miseria, a fuerza de la tierra, pasando inmediatamente de las minas de donde salen los puertos en que se embarcan sólo servirán para demostrar con este rápido e improductivo tránsito, que la riqueza no es de los pueblos a quienes la naturaleza concedió las ricas vetas que producen los metales preciosos, sino de los que por su industria saben utilizar éstos y multiplicar sus valores por una activa circulación, que hace vivir con abundancia todas las manos por donde aquellos pasan".(145)

Por su parte Estevan de Antuñano comenta "La verdadera riqueza de un pueblo, es el producto o utilidad del trabajo agrícola y fabril de sus habitantes". (146)

Aunado al cambio de mentalidad estaba el interés de Euro-

(145) Lucas Alamán. Memoria sobre el Estado de la Agricultura, Minería e Industria. México 1844. (H.N.). pag. 132.

(146) Estevan de Antuñano. Teoría Fundamental de la Industria de Algodones. México 1840. pag. 3-4.

pa, principalmente Inglaterra que disponía de capitales considerables consecuencia de la Revolución Industrial, para abrir nuevos mercados y buscar la forma de invertir en las industrias mexicanas. Fué la ausencia de capital propio, lo que obligó al país a buscar capitales extranjeros para el desarrollo de la industria; situación propicia para que México pasara de ser una nación colonial a un país semicolonial y que favoreció las inversiones extranjeras. El proyecto Godoy, fué de las primeras iniciativas enfocadas a introducir capitales extranjeros en la industria textil mexicana.

Proyecto Godoy.

Luis Chavez Orozco describe el objetivo perseguido por el Proyecto Godoy en los siguientes términos: "José María Godoy, -- Guillermo Dollar y Jorge Winterton, a fines de 1828 propusieron al Congreso de la Unión se les concediera, por un espacio de siete años, el derecho exclusivo para introducir en la República -- las materias preparadas de lana y algodón, declaradas por el -- arancel de 1827 de ilícito comercio, a cambio de lo cual pronosticaban un aumento en la recaudación del derecho de alcabala, -- que en el primer año daría al tesoro público un aumento de - - - 800,000 pesos, 1'500,000 en el segundo, 2'000,000 en el tercero y así progresivamente. Godoy y socios se comprometían a establecer 1,000 telares por su cuenta; 900 para el Distrito Federal; - 50 para el Territorio de Colima y 200 o la mitad de los Estados

que lo pidieran". (147)

El Congreso Federal cedió al estudio del proyecto de Godoy al Congreso Estatal de Puebla para que se decidiera lo más conveniente en beneficio de la industria y del país, ya que en este Estado se encontraban la mayoría de las fábricas textiles. Los diputados de Puebla, en su mayoría artesanos dedicados a los tejidos de algodón y lana, lo rechazaron totalmente en la sesión del 26 de febrero de 1829, después de considerar que el asunto estaba totalmente analizado. (148) Los argumentos por los cuales se había rechazado este proyecto, surgen de las condiciones locales. La industria textil poblana en esta época, contaba con 6,000 telares manuales, daban ocupación a 30,000 personas entre maestros y aprendices. (149) El proyecto afectaba considerablemente los intereses locales, ya que era imposible que sus manufacturas compitieran de una manera ventajosa con las extranjeras. Los diputados argumentaban que "¿No basta, por ventura que se hubiesen arrancado por los advenedizos del Congreso General Constituyente una franquicia de importaciones que ha inutilizado nuestros brazos? ¿No basta que veamos a todo género de manufacturas expendirse muy baratas, que aunque nosotros que las fabrica-

(147) Luis Chavez Orozco. Revolución Industrial... Op. cit. pag. 19.

(148) Luis Chávez Orozco. Documentos para la Historia Económica de México. Vol. I. La Industria de Hilados y Tejidos en México 1829-1894. Op. cit. pag. 5.

(149) Luis Chávez Orozco. Revolución Industrial... Op. cit. pag. 20.

bricamos para comer, oigamos llorar a nuestros tiernos hijos que en nuestro redor nos piden un pan que no tenemos?". (150)

Los argumentos de los diputados para rechazar el proyecto Godoy se pueden resumir en:

1.- El Proyecto Godoy y socios es una estrategia de Inglaterra para apropiarse de otra rama de la industria mexicana.

2.- Propiciaba la desocupación y proletarización del arte sano, como lo apunta el diputado Troncoso "La sangre se me enardece y corren por mis ojos dos fuentes de indignación al solo -- considerar que por un momento se figurase asequible la solicitud proyectada, pocas luces se requiere para ver lo mucho que en toda dirección influiría en la parálisis de los talleres. ¿Quién por escaso de vista que sea, podrá carecer de la bastante para no vislumbrar la languidez en que caerían los artesanos al presenciar que convirtiéndose en oficiales y dependientes de los -- privilegiados, su industria se reducía, se ponían cotos a su ingenio y se les condenaba a morir en la indigencia hasta el horroroso extremo de no poder ni aún ligar a su posteridad la esperanza de algún pequeño bienestar...". (151)

3.- Dejaba ociosos muchos brazos dedicados al cultivo del

(150) Ibidem. pag. 20.

(151) Ibidem. pag. 21.

algodón; los diputados hacían un cálculo aproximado, tomaban en consideración cuántos nombres se necesitaban para cultivar el algodón que las industrias de Puebla consumían. Llegaron a los siguientes datos, quedarían paralizados, en los siete años que duraría el privilegio, 6,274 hombres por día; número muy superior al que los telares de Godoy y socios podrían ocupar. (152)

4.- Además "hay que precaverse contra la acechanza de la revolución industrial que engendraría la crisis "decía el diputado Callejas "hemos comenzado a vivir políticamente, nuestros adelantos serán paulatinos para ser verdaderos, de lo contrario ese tren y aparato suntuoso de telares, embarazando el comercio dejará en mayor miseria a la nación, concluido este privilegio". (153)

5.- La empresa Godoy no pudo llevarse a la práctica no únicamente por la resistencia del artesano, sino por la incipiente estabilidad política que existía en el país. El desconocimiento del gobierno de Vicente Guerrero al grito del Plan de Jalapa (1829), entronizó en el poder a Anastasio Bustamante, quien fue el precursor de la formación del Banco de Avio.

Banco de Avio. (1830-1842).

Esta fue la primera iniciativa de tipo gubernamental para

(152) Ibidem. pag. 23.

(153) Ibidem. pag. 24.

formar una dirección que se ocupara de la industria nacional. Lucas Alamán que venia fungiendo como Secretario de Relaciones Exteriores e Interiores desde 1823, propició en gran medida la organización del banco.

El Banco de Avío fué creado por Decreto Gubernamental el día 16 de octubre de 1830 (154). Dentro de los puntos más importantes de este decreto se reproducen los siguientes:

1o.- Se establecerá un banco de avío para fomento de la industria nacional, con un capital de un millón de pesos.

2o.- Para la formación de este capital se prorroga por tiempo necesario y no más, el permiso para la entrada en los puertos de la República de los géneros de algodón prohibidos por la Ley del 22 de mayo del año anterior.

3o.- La quinta parte de la totalidad de los derechos devengados y que en lo sucesivo causaren en su introducción los efectos mencionados en el artículo anterior, se aplicará al fondo del banco.

4o.- Para la dirección del banco y fomento de sus fondos,

(154) La egide de la Ley. Domingo 24 de octubre de 1830 -----
(CONDUMEX) Diario Oficial. Primera Secretaría de Estado,
Departamento del Interior. Sección 1a. 16 de octubre de
1830.

se establecerá una junta directiva.

5o.- La junta dispondrá la compra y distribución de las máquinas conducentes para el fomento de los distintos ramos de industria, y franqueará los capitales que necesitaren las diversas compañías que se formaren.

6o.- Aunque los ramos que de preferencia serán atendidos sean los tejidos de algodón y lana, cría y elaboración de seda, la junta podría igualmente aplicar fondos al fomento de otros ramos de industria y productos agrícolas de interés para la nación.

7o.- El gobierno podrá asignar de los fondos del banco -- hasta seis mil pesos anuales para premios a los diversos ramos de industria.

Este decreto fue firmado por Anastasio Bustamente y dirigió a Lucas Alamán, que quedó al frente del banco.

En el cuadro No. 4 se muestran las juntas industriales que se crearon a instancia del banco de avfo. (155)

CUADRO No. 5

COMPANIAS	SU INSTALACION Y OBJETO	VALOR DE LAS ACCIONES	No.	FONDO GENERAL (PESOS)
México	28 de mayo de 1830 establecer una fábrica de tejidos de algodón.	500	47	23,500
Tlanepantla.	12 de Enero de 1831 establecer colmenares, máquinas para aserrar maderas y proteger los tejidos de lana.	-	-	-
Puebla	31 de febrero de 1831 proteger los tejidos de algodón y alfombras y ramos de tintorería y estampado	50	169.5	9,678
Cuencamé	4 de marzo de 1831 proteger de preferencia los tejidos de algodón y lana.	100	11.5	1,150
San Andrés Tuxtla.	16 de marzo de 1831 establecer una máquina para despepitar algodón.	-	-	-
Tlaxcala	11 de abril de 1831 para plantear una fábrica de tejidos ordinarios de algodón.	500	17.5	8,775
León de los Aldamas	14 de mayo de 1831 fomentar la cría de gusanos de seda y en clase secundaria los tejidos de algodón y lana.	200	50	10,000
San Miguel Allende	24 de junio de 1831 para planear una fábrica de papel.	200	40	9,200
Celaya	10 de julio de 1831 establecer una fábrica de hilados y tejidos de algodón.	200	30.75	6,150
Querétaro.	10. de agosto de 1831 establecer una fábrica de paños de imitación a los de Europa.	-	-	-
San Luis Potosí.	14 de agosto de 1831 fomentar la industria del Estado, su agricultura y minería.	-	-	-

COMPANIAS	SU INSTALACION Y OBJETO	VALOR DE LAS ACCIONES	No.	FONDO GENERAL (PESOS)
Morelia	21 de octubre de 1831 pro- teger los tejidos de algó- dón y explotación de mi- nas de fierro.	200	48.25	9,650
Chihuahua	Fomento de los tejidos de algodón y lana.	-	-	16,000

Fondo Total 102,603 pesos.

La mayoría de las juntas industriales se dedicaron a los tejidos de algodón y lana, aunque no se encontró referencia alguna de la instalación de estas fábricas-proyecto. El banco de avío logró aunque de manera incipiente formar el espíritu de empresa. El fondo total de las juntas ascendía a 102,603 pesos, cantidad reducida, comparada con los grandes capitales destinados a la minería.

La introducción de maquinaria textil fué otro aspecto que intentó fomentar el banco de avío. Del informe del banco de avío de 1832 se consigna la siguiente información (156):

Para la compañía industrial mexicana, se mandaron construir en los Estados Unidos máquinas para cardar, hilar y tejer el algodón con el fabricante Jenks. Para la de Celaya 2,400 husos y 40 telares. Para la de Puebla 3,840 husos y 50 telares.

(156) Lucas Alamán. Documentos diversos Inéditos. Doc. No. 2. (Información y cuentas del Banco de Avío). 1832. pag. 32.

Desde Francia se mandó traer una fábrica completa para cardar, hilar y tejer para la compañía de Querétaro. De Inglaterra, por medio del cónsul mexicano, se mandó traer maquinaria para trillar trigo; limpiarlo y molerlo, también de los Estados Unidos se trajeron arados para el tiro de caballos, dos máquinas para despepitar el agodón, una con 40 sierras y la otra con 17, dos molinos para fabricar papel. De Francia máquinas para tejer medias y una colección de máquinas para trabajar la seda.

La industria textil mexicana, al igual que otras industrias, inició el período de mecanización con tecnología extranjera, capital foráneo y una total dependencia, especialmente de Europa y los Estados Unidos.

En el período de funcionamiento del Banco de Avio surge un caso importante dentro de la industria textil mexicana: Estevan de Antuñano, que con un préstamo concedido por el mismo banco estableció una fábrica de hilados y tejidos en Puebla llamada "La Constancia Mexicana", que fué un ejemplo a seguir dentro de la industria y una de las pocas empresas que pudo seguir en pie a pesar de la desaparición del banco. Antuñano fué uno de los principales promotores de la mecanización de la industria textil. En sus escritos de "Regeneración Industrial de México", formuló un plan que ha pasado a la historia como el "Plan Antuñano", del cual reproducimos los puntos principales. (157)

(157) Agustín Cue Canovas. La industria en México. México 1967. pag. 37-43.

10.- La creación de juntas directoras de industria encargadas de dirigir las operaciones de la industria agrícola y fabril.

20.- La colonización de las costas para aumentar los consumos y la agricultura tropical a efecto de obtener provecho de las condiciones favorables que la naturaleza ha brindado a dichas regiones del país.

30.- El debido y justo estímulo a los que con acierto y constancia se dediquen al fomento de la industria, mediante el empleo de invenciones y técnicas mejores.

40.- La propagación de las plantas y animales y de las producciones no cultivadas y desarrolladas últimamente en el país para el fomento de la agricultura y la obtención a precios bajos de las materias necesarias a la industria fabril.

50.- El desarrollo de caminos y canales a efecto de lograr económica y rápida comunicación, indispensable para obtener el programa de las artes, de la agricultura y del comercio.

60.- La elaboración de estadísticas de población, producciones y consumos de mapas geográficos relativos, para conocer las necesidades, y recursos del país a efecto de aplicar los remedios oportunos mediante una distribución orgánica de los productos y recursos en función de las necesidades y localización

de los centros de población.

7o.- La expedición de leyes relativas al préstamo usurario para poner en circulación los grandes capitales improductivos que no benefician ni a sus dueños, ni a la riqueza pública y en cambio se destinan a las más odiosas de las especulaciones practicadas por el hombre con grave perjuicio de aquellos que se hallan obligados a ocurrir a los préstamos y enajenaciones de créditos contra la hacienda pública.

8o.- La clausura de algunos puertos y la expedición de leyes rigurosas para combatir el contrabando, que anula los esfuerzos de empresarios y artesanos y ocasiona grave daño al tesoro y crédito nacionales.

9o.- La reducción de los días festivos para no interrumpir las labores de la industria honesta y productiva y lograr el aumento en los recursos de subsistencia, el abaratamiento de las manufacturas y mejorar las costumbres religiosas, civiles e industriales consiguiendo al mismo tiempo, apartar del vicio a los trabajadores.

10o.- El aumento de los derechos marítimos para dificultar el contrabando, en beneficio del erario nacional e indirectamente de la industria.

11o.- La celebración de tratados comerciales que permitan

enviar a Cuba y demás Antillas Españolas así como a los países - vecinos, los productos agrícolas, principalmente harinas de nuestro país. Así la producción nacional de cereales podría disponer de un mercado más amplio para la venta de sus excedentes.

12o.- El estancamiento del aguardiente o la expedición de medidas dirigidas a disminuir el uso del mismo, a efecto de proteger a los trabajadores artesanos en beneficio de la industria, de la moral religiosa, de la salud particular y de la paz y bienestar de las familias.

13o.- La creación de fábricas de construcción de instrumentos modernos (máquinas) y de establecimiento para la explotación de fierro, como antecedentes necesarios de toda industria.

14o.- El establecimiento de fábricas de hilados y tejidos a no más de 25 leguas de las costas para impedir la introducción clandestina de hilos o telas extranjeras.

15o.- La persecución de la ociocidad de un pueblo que acaba de salir de la tutela de una metrópoli que fundaba sobre la holgazanería, origen de la ignorancia, la pobreza y la degradación.

16o.- La prohibición absoluta de todas las manufacturas - extranjeras, que nuestro país pudiera fabricar del modo fácil y barato.

El plan de Antuñano, intentaba aplicar un sistema perfeccionista y cerrado, consideraba el más adecuado para el país. - Antuñano en su carácter de industrial, pedía que se controlara - el contrabando, ya que perjudicaba los intereses de todos los fabricantes del país, que para esa época no podían competir con -- las manufacturas extranjeras, la mayoría de las veces de mejor - calidad y de un costo menor. De los puntos más sobresalientes, el que se refiere a la construcción de "nuestras máquinas", no - se pudo llevar a cabo y toda la maquinaria existente en las fá- - bricas nacionales era de procedencia extranjera, ya que en Méxi- - co no tenía la tradición ni la capacidad necesaria para fabricar - las.

Fracaso y Extinción del Banco de Avío.

Fueron varias las causas del fracaso del Banco de Avío y del primer intento de industrialización del país. No existían - por entonces en manos del gobierno, iniciador y promotor de este plan, los recursos económicos indispensables para su realización; era necesario abrir primero, los consumos del ejército que in- - vertir los ingresos oficiales en empresas de fomento industrial. El estado de anarquía política permanente y la falta de tradi- - ción técnica, impedía la realización de este ensayo de transfor- - mación industrial. Se pensaba que la protección arancelaria era suficiente para fomentar el desarrollo de las manufacturas. (158)

(158) Luis Chávez Orozco. Revolución Industrial... Op. cit. pag. 29.

La causa más importante consistía en el error de intentar industrializar el país sobre la base de una estructura económica feudal, herencia del régimen colonial. Se pretendió así establecer un crédito industrial sin afectar los bienes del clero, el único sector que entonces poseía capitales acumulados. Los capitales existentes fuera de las instituciones eclesiásticas, se dedicaban a la especulación, al agio desmedido y no se canalizaban hacia inversiones en la industria. Lucas Alamán principal promotor de este proyecto no tocó los capitales eclesiásticos, a pesar de su educación moderna, compartía las ideas conservadoras; nunca intentó afectar los intereses de la iglesia.

Decreto que extinguió el Banco de Avío. Septiembre 23 de 1842.

Ministerio de Justicia e Instrucción Pública - Antonio - López de Santana, sabed (159):

"Que teniendo en consideración que el Banco de Avío establecido para el fomento de la industria nacional con un capital de un millón de pesos, por la ley de 16 de octubre de 1830, no pudo recibir todo este fondo, sin embargo de la constante protección que le dispensó el gobierno, por la necesidad que éste tuvo de destinar todas las rentas de la nación para la conservación del orden y de su libertad e independencia: Que el banco deseoso

(159) Luis Chávez Orozco. Documentos para la Historia Económica de México. Vol. I. 1829-1842. Op. cit. pag. 14.

de promover de todos los modos la industria del país hizo varias concesiones a los que solicitaban habilitación para sus empresas con el fin de que éstas se realizaran, y que no correspondiendo alguno de ellos como era debido a estas consideraciones, no han adelantado en sus empresas y han consumido inútilmente en alguna parte para atender a los urgentes y precisos gastos que no pueden dejar de hacerse, para conservar la integridad del territorio de la nación y sostener su independencia elevándolo al grado de la prosperidad y gloria a que la llaman sus destinos: que en estado de cosas el banco no puede ya llenar el objeto con que fué establecido, y los pocos capitales que le quedan se consumirán en los indispensables gastos de su secretaría y empleados, sin provecho ni utilidad alguna de la industria del país; y que el espíritu de empresa en este ramo se ha extendido en la República cuanto exige su verdadera felicidad, y no necesita ya la protección que le pudiera dispensar el banco de avío, usando de las facultades que me concede la séptima de las bases acordadas en Tacubaya y sancionadas por la Nación, he tenido a bien decretar lo siguiente".

Art. 1o.- Se extingue el banco de avío establecido por la ley de octubre de 1830, y cesa en todas sus funciones la junta directiva del propio banco.

Art. 2o.- El archivo del banco con todos los demás papeles y efectos de cualquier clase que le correspondan, se entregarán bajo formal inventario al Ministerio de Hacienda, quien dará

cuenta al supremo gobierno luego que lo haya recibido, para determinar de todo lo que corresponda.

Art. 3o.- El ministerio de industria pasará las órdenes convenientes al de hacienda y al banco de avío, para el cumplimiento y ejecución de este decreto.

Antonio López de Santa Anna. 23 de septiembre de 1842.

Ese mismo año habría de crearse la Dirección General de Industria, otra vez bajo los auspicios de Lucas Alamán, quien quedó al frente de esta dirección y así pudo una vez más a través del gobierno intentar organizar la industria del país. La industria textil fué la que predominó, al igual que el Banco de Avío se trató de fomentar de una manera fundamental la industria de las manufacturas textiles.

Creación de la Dirección General de Industria. 2 de diciembre de 1842.

El decreto de 1842, partía de la premisa de que el fomento de la industria nacional nunca podría alcanzarse satisfactoriamente, mientras este ramo no tuviese una organización conveniente, eficaz y duradera. Los componentes de la Junta General Directiva de la Industria Nacional habrían de escogerse precisamente entre "individuos matriculados en ese ramo" y expertos en él, que hayan tenido o tengan negociaciones industriales, agrícola

las o fabriles, en quienes concurran, además, las cualidades de integridad y buena reputación, debiendo preferirse los que hayan prestado servicios importantes a la industria nacional.

Entre las facultades más importantes del director de la junta, estaban los siguientes:

- a).- Promover el establecimiento de juntas de industria locales en todo el territorio nacional.
- b).- Estar al tanto de los adelantos que se hagan fuera de la República, en la agricultura e industria, proporcionando los libros y modelos más útiles para el progreso de este ramo y proponer al gobierno la asignación de las sumas que hubieran de invertirse para la adquisición de maquinas o translación de plantas y animales útiles.
- c).- Promover la educación (primaria y religiosa) entre los operarios de las fábricas.
- d).- Procurar la propagación y divulgación de los conocimientos científicos.
- e).- Procurar la creación de cajas de ahorro, de socorro mutuos y de beneficencia.
- f).- Señalar los medios para combatir el contrabando.
- g).- Concertar los datos estadísticos de la producción nacional.
- h).- Formular anualmente un estado general de la industria nacional con los datos proporcionados por las juntas locales.

- i).- Organizar periódicamente exposiciones de la industria nacional.

La organización de los industriales, es uno de los puntos más importantes que perseguía el decreto del 2 de diciembre de 1842, tal organización consistía en que cada junta industrial había de abrir un registro en el que se matricularan los propietarios de fábricas de hilados y tejidos, estampados de algodón, seda, lana, cáñamo y lino, y los de loza, vidrio, papel y fierro. Solo habrían de matricularse los cosecheros de algodón, seda, lino y cáñamo, y los de criaderos de ganado lanar que tuvieran más de 4 mil cabezas de ganado. La matrícula sería obligatoria, so pena de multa que fluctuaba entre los 5 y los 50 pesos. (160,161)

Periodo de la Dirección General de: Industria. Avances en la Industria Textil.

México antes de la independencia exportaba algodón a Europa, por los años de 1843-1844, la producción nacional de este cultivo no alcanzaba a satisfacer las demandas internas. Esto se debió a que la producción de algodón no aumentó en forma considerable y al incremento en las fábricas de hilados y tejidos en el país. Lucas Alamán narra en la Memoria sobre el Estado de

- (160) Diario Oficial. Diciembre de 1842. Decreto del gobierno se establece una dirección de industria nacional. (H.N.)
- (161) Diario Oficial, Junio 27 de 1843. Decreto de gobierno sobre establecimiento de juntas industriales. (H.N.)

la Agricultura e Industria de la República de 1843. "Desde 1838 empezó a escasear el algodón; y el precio que hasta entonces había sido de 16 o 17 pesos el quintal (46.025 kg.), con largos -- plazos para su pago, fué subiendo hasta venderse a 40 pesos el quintal y al contado o a corto plazo. El producto de las cosechas nunca ha llegado a proveer suficientemente a las fábricas, las que han cuidado como arrebatándose unas a otras el algodón, y contentándose con recibirlo de la más mala calidad. Nunca ha habido sobrante de un año para otro, pues muy lejos de esto, las fábricas han tenido que suspender o acortar sus labores, para no tener que pagar..." (162)

En el cuadro No. 6 se aprecia el estado que predominaba en el país en lo que respecta a fábricas de hilados y tejidos en 1843.

CUADRO No. 6

DEPARTAMENTO	No. DE FAB.	HUSOS EST.	HUSOS POR EST.	No. DE TELARES
Durango	5	5,560	816	160
Guajuato	1	500	300	-
Jalisco	4	8,904	5,604	220
México	17	23,834	200	1,187
Puebla	21	37,396	5,482	530
Querétaro	2	5,400	4,200	691
Sonora	1	2,198	-	54
Veracruz	8	22,850	1,992	366
T O T A L	59	106,708	18,654	2,609

NOTA: Solamente se mencionan los husos y telares mecánicos.

(162) Lucas Alamán. Memoria sobre el estado de la Agricultura e Industria de la República. México. 1843. (H.N.).

FUENTE: Lucas Alamán. Memoria sobre el Estado de la Agricultura e Industria de la República. México 1843. (H.N.)

En el cuadro anterior se puede observar que el número total de fábricas en el país era de 59. El incremento fué notable ya que en el año de 1815 no existía en México ningún establecimiento que pudiera considerarse como fábrica. Toda la maquinaria que se utilizaba en estas fábricas se importó de Europa o de los Estados Unidos, así como algunos de los operarios.

En el cuadro No. 7 se aprecia el estado de la industria textil en México en el año de 1844.

CUADRO No. 7

DEPARTAMENTO	FABRICAS	HUSOS EN ACTIVIDAD
Coahuila	2	1,960
Durango	5	5,560
Guanajuato	1	800
Jalisco	4	13,056
México	17	26,077
Michoacán	1	1,530
Puebla	21	38,094
Querétaro	2	4,560
Soñora	1	2,198
Veracruz	8	18,353

FUENTE: Lucas Alamán. Memoria sobre el estado de la Agricultura e Industria. México 1844. (H.N.)

En el cuadro siguiente (8) se aprecia la evolución de esta industria para 1845.

CUADRO No. 8

DEPARTAMENTO	FABRICAS	HUSOS EN ACTIVIDAD
Coahuila	2	1,960
Durango	5	5,520
Guanajuato	2	1,592
Jalisco	4	11,588
México	9	21,868
Michoacán	1	1,668
Puebla	20	42,812
Querétaro	3	4,800
Sonora	1	2,198
Veracruz	8	19,807
T O T A L	55	113,813

FUENTE: Lucas Alamán. Memoria sobre el estado de la Agricultura e Industria. México 1845. (H.N.).

En los cuadros anteriores se aprecia que el número de fábricas disminuyó entre los dos últimos años (1844 y 1845), aunque el número de husos aumentó, principalmente en el distrito de México las fábricas disminuyeron de 17 en 1843 a 9 en 1845, ésto se debió a la escasez del algodón y su alto costo. Puesto que el distrito de México no cosechaba algodón, que tenía que trasladarse desde los lugares de producción, de donde se encarecía considerablemente. El Banco de Avío, como la Dirección General de la Industria trataron de industrializar el país, especialmente en el ramo de hilados y tejidos de algodón, se logró de una mang

ra considerable, puesto que las máquinas adquiridas en Europa o de los Estados Unidos, habrían demostrado su operabilidad en relación a las técnicas artesanales. En el tiempo en que el Banco de Avío y la Dirección General de Industria estuvieron funcionando en México, en Europa y Estados Unidos, la industria prevaleciente, tanto en personal como en el número de fábricas, era la industria textil. México siguió la misma tendencia, para mediados del siglo XIX, la principal industria del país era la industria textil.

En los cuadros siguientes se muestran los cambios en las técnicas de producción, así como el número de fábricas y los husos establecidos en el país. Por lo que respecta a la tecnología en las fábricas de hilados y tejidos en 1843, de las 59 existentes se clasificaban de la siguiente manera. (163)

De motor de vapor	2
De motor hidráulico	34
De motor animal	14
De motor humano	9
TOTAL	59

Para 1880 el esquema de la tecnología de producción era la siguiente:

(163) Luis Chávez Orozco. Revolución Industrial... Op. cit. pag. 60.

De agua y vapor	54
De vapor	9
De agua	36
TOTAL	97

En 1843 la mayoría de las fábricas existentes tenían motor hidráulico, para mover toda la maquinaria textil, situación muy desventajosa puesto que limitaba el establecimiento de las fábricas a sitios en donde se dispusiera de agua y aún en este año se empleaba fuerza animal y humana, cosa que en Europa y especialmente en Inglaterra habían sido sustituidos muchos años atrás. Hasta alrededor de 1880, cuando las fábricas mexicanas en su mayoría trabajaban ya con fuerza hidráulica o de vapor, la mecanización estaba en un gran avance y las producciones locales alcanzaban perfectamente la demanda interna.

Situación Política en México en el período de 1842-1876 y su repercusión en la industria nacional.

Desde 1842, fecha de creación de la junta directiva de la industria nacional, a 1876 año en que se consolidó la paz en el país, aconteció lo siguiente: Guerra con los Estados Unidos, - - (1846-1848), Desamortización de los bienes de comunidades religiosas y civiles (1856-1857), Intervención francesa en México -- (1862-1867) y el inicio de la política ferrocarrilera (1873). En punto de vista de Luis Chávez Orozco, persona versada en la his-

toria industrial del país, es la siguiente:

"El primero, la Guerra con los Estados Unidos, tuvo como consecuencia la pérdida de más de la mitad del territorio nacional... al acercarse la nueva frontera a la zona poblada de México, la industria nacional sufrió un fuerte descalabro... en lo sucesivo, el contrabando no sólo habría de practicarse por los puertos atlánticos y pacífico, sino también a lo largo de la línea divisoria que trazaba el río Bravo... La Revolución Industrial se veía también de momento, obstaculizada por la transformación económico-social que sufría la República con motivo de la promulgación y ejecución de las leyes de desamortización de bienes de comunidades religiosas y civiles. La Reforma, tuvo como principal consecuencia, por una parte, el fortalecimiento incontestable de la aristocracia semifeudal y, por otra, la consolidación de la pequeña burguesía. La aristocracia semifeudal se aprovechó, apropiándose, de las haciendas desamortizadas del clero... No disponemos, por desgracia, de suficientes datos para determinar, la forma cómo influyó la desamortización en el fomento de la industria o la minería; pero por lo poco que tenemos a mano es de creerse que el despojo de los bienes del clero no acrecentó lo más mínimo el capital invertido en la industria... Después de la intervención francesa la Reforma engendró la paz, y esta paz, a su vez, engendró las circunstancias propicias para las inversiones capitalistas en la industria, como que tal momento coincidía con la ocasión en que se empezaba a germinar el im-

perialismo europeo y norteamericano". (164)

En el cuadro No. 9 se muestra el progreso de la industria textil mexicana en el período de 1837 a 1911, que representa sus inicios y la fase de la consolidación.

CUADRO No. 9

ANOS	TELARES	HUSOS	FABRI GAS	PROD. ANUAL	OBRREROS	KG. PRODUC.
1837	-	-	-	44,929	-	-
1838	-	-	-	63,122	-	-
1839	-	-	-	124,948	-	-
1840	-	-	-	88,096	-	-
1841	-	-	-	195,758	-	-
1842	-	-	-	217,851	-	-
1843	2,609	106,708	59	339,820	-	8'306,008
1844	-	112,188	62	400,381	-	587,560
1860	-	-	60	-	-	-
1863	-	133,122	53	-	-	-
1880	9,214	258,458	97	-	12,346	-
1885	-	-	92	3'800,000	-	-
1893	-	-	90	-	16,250	-
1898-99	13,944	469,547	112	10'753,764	-	1'931,422
1899-00	18,069	588,434	134	10'525,952	-	1'884,401
1900-01	18,885	596,816	134	11'581,523	-	1'873,302
1901-02	17,974	595,728	124	10'428,532	50,632	1'879,329
1905	-	678,058	146	13'731,638	30,162	-
1906-07	23,507	693,842	142	18'928,832	33,132	2'117,738
1908	-	732,874	145	16'280,843	35,816	-
1911	24,000	725,000	145	-	32,000	-

(164) Luis Chávez Orozco. Revolución Industrial... Op. cit. pags. 56-59.

NOTA: Los renglones vacíos, no existen datos registrados.

FUENTE: Luis Chávez Orozco. Revolución Industrial, Revolución - Política Biblioteca del obrero y campesino No. 23. México 1937. pág. 61.

CAPITULO IV

COLORANTES

CAPITULO IV

COLORANTES

Colorantes de Origen Natural.

El hombre ha dejado testimonio de su desarrollo a través de pinturas y escritos en los que intentó describir el medio que lo rodeaba. El color en las pinturas, jugó un papel importante por ser un instrumento necesario para plasmar la palabra escrita y elaborar textos. Para llevar a cabo esta tarea, trató de obtener sustancias colorantes, en un principio, a partir de productos naturales y posteriormente con el avance tecnológico, producirlos artificial e sintéticamente.

El primer antecedente del uso del color data de aproximadamente 15,000 años, con el descubrimiento del color rojo ocre - en tumbas para propósitos estéticos y ornamentales. (165) El arte de teñir los textiles fue aparentemente conocido en China por el año 3000 A.C. El indigo, obtenido de la planta conocida como añil, fué utilizado en la India alrededor del año 2500 A.C. En Egipto desde el año 2000 A.C., el teñido era empleado en los -

(165) Encyclopaedia Británica. Vol. 5 15th. Edition, U.S.A. 1980. pag. 1899.

lienzos para la conservación de cadáveres (momias) y además se desarrollaron diversas tonalidades y colores como el amarillo, el rojo y el verde. (166)

La lana se convirtió en el principal material de las manufacturas textiles entre babilonios y asirios, desde los años - 1500 A.C. La lana era teñida generalmente antes de ser hilada y tejida; incluso antes de ser esquilada o arrancada del animal. (167)

Los fenicios depuraron el teñido de los textiles con el color púrpura a partir del colorante denominado "púrpura de tioro", obtenido de un crustáceo de los países mediterráneos.

El empleo de mordientes (sustancias químicas utilizadas para fijar el color), fué conocido desde la época de los egipcios. Los mordientes de mayor importancia eran los alumbres, que se encuentran con frecuencia en la naturaleza. Los alumbres naturales se encuentran generalmente contaminados con fierro, que representa un obstáculo en la aplicación del tinte. La purificación de los alumbres fué entonces un proceso importante. (168)

(166) Ibidem. pag. 1099.

(167) Derry-Williams. Historia de la tecnología. Vol. I. Op. cit. pag. 383.

(168) Ibidem. pag. 384.

Los griegos y romanos utilizaron el alumbre de potasio, - proveniente de regiones volcánicas, para el teñido de telas. En el siglo XII los escritores árabes describieron un método para - purificar el sulfato de amonio o alumbre de yemen. El proceso - implicaba el tratamiento de la solución de alumbre con orina de caballo, fuente para la obtención del amoniaco, para después con centrarla mediante ebullición hasta que el alumbre cristalizara al enfriarse. (169)

La alunita ($K_2SO_4 \cdot Al_2(SO_4)_3 \cdot 6H_2O$), se explotó a -- gran escala a mediados del siglo XV, debido a su capacidad mor-- diente. Este compuesto se purificaba mediante cristalización en agua.

Los colorantes, así como las prendas teñidas fueron intro ducidas a Europa, desde Pekin y China, a través de la famosa ru-- ta de la seda.

Los colorantes de origen vegetal, utilizados hasta la pri mera mitad del siglo XIX, involucraban diversos problemas en la obtención y en la aplicación. Por ejemplo, para obtener el añil, se seguía el siguiente procedimiento, la planta se maceraba en - agua y seguida de una fermentación, de donde resultaba el color azul característico. Después de un tiempo, el añil precipitaba como una sustancia denominada "indigonita", que para el proceso

de teñido se convierte en solución, al tratarla con miel y cal. La tela se sumergía en el licor y el color azul, producto de la oxidación, aparece cuando el material así tratado se expone al aire para secarse. (170)

La fabricación del colorante denominado "púrpura de tiro" se perdió tras la caída de Bizancio, alrededor de la primera mitad del siglo XV. Posteriormente para obtener el color púrpura, se recurrió a una combinación de tintes rojos y azules. El principal colorante que requería de mordientes para su aplicación -- fué la alizarina, obtenida de la rubia (madder-root), ampliamente cultivada en Europa, que proporciona una coloración roja con el mordiente de alúmina. Los colores intermedios eran obtenidos con otras mezclas de mordientes.

El descubrimiento de América y las nuevas rutas comerciales, ocasionó la introducción de nuevos colorantes a Europa. Entre los principales colorantes americanos se pueden señalar los palos de tinte (palo de Campeche, maderas de Brazil, etc.) y la grana cochinilla, que proporcionaba tonalidades rojas con los mordientes de alúmina, tonalidades cafés con mordientes de fierro y rojo-rosadas con mordientes de estaño. (171)

(170) Ibidem. pag. 387.

(171) Encyclopedia Británica. Op. cit. pag. 1099.

Colorantes Sintéticos.

En la segunda mitad del siglo XIX, se inició la fabricación de colorantes sintéticos a partir de compuestos químicos orgánicos. La industria de los colorantes sintéticos resultó del avance tecnológico a raíz de la Revolución Industrial Inglesa. El carbón fue uno de los principales instrumentos de la Revolución Industrial que transformara los modos de producción y proporcionara las bases para el desarrollo de la industria de los colorantes. Con la explotación de las minas de carbón, se obtuvieron diversos compuestos orgánicos, tal es el caso del alquitrán de hulla, que proporcionó el benceno, materia prima esencial para la producción de la mayoría de los colorantes.

August Wilhelm Von Hofmann, químico alemán fue nombrado en 1846 director del "Royal College of Chemistry". Hofmann encontró que el benceno, proveniente del alquitrán de hulla, tratado con ácido nítrico, produce una sustancia oleosa: el nitrobenzeno. Hofmann encontró un método apropiado para reducir el nitrobenzeno, de donde se logró anilina a un menor costo y en una mayor cantidad.

Entre los más distinguidos discípulos de Hofmann, se encontraba William Henry Perkin (1838-1907), quien en el año de 1856 trató de sintetizar quinina a partir de aliltoluidina; droga utilizada para combatir la malaria. El experimento de Perkin consistía en la oxidación de la aliltoluidina, derivado de la --

anilina, para obtener quinina pero no logró su propósito. Entonces, realizó un nuevo experimento con anilina directamente y obtuvo un precipitado negro y algunos cristales púrpuras. (172) - Encontró que estos cristales podían ser utilizados como colorantes, ya que podían teñir la seda de un color malva brillante, -- que no se decoloraba ante la luz y lavado. De esta manera se -- descubrió el primer colorante sintético la "mauveína". Perkin pa tentó inmediatamente el colorante y con la ayuda de su padre y -- un hermano construyó la primera fábrica para producir colorantes sintéticos en Greenford en 1857. John D. Bernal comenta la importancia del descubrimiento de Perkin en los siguientes términos: "... el descubrimiento de Perkin - que fué despreciado en -- Inglaterra - fué tomado inmediatamente por los dirigentes de la nueva industria alemana, que tenían una mentalidad mucho más -- científica; y muy pronto, los grandes beneficios obtenidos de -- los colorantes sintéticos permitieron crear una enorme y dominante industria química en Alemania. Y esta industria, que primero fué auxiliar de la textil, fue la que suministró después - por -- su capacidad de producción el ácido nítrico utilizado en los nuevos explosivos - los recursos para las dos guerras mundiales...". (173)

El descubrimiento de Perkin fué el principio para que mu-

(172) Derry-Willimans. Op. cit. pag. 791.

(173) John D. Bernal. Op. cit. pag. 606-607.

chos investigadores intentaran sintetizar otros colorantes. Así en Francia y en Gran Bretaña se descubrió un colorante azul, llamado "azul de rosanilina". Este colorante tenía la desventaja - de ser poco soluble en agua; problema que fué superado por Edward Nicholson que al sulfonarlo con oleum lo convirtió en la forma soluble. El proceso de sulfonación se extendió rápidamente a otros colorantes, ya que la mayoría de ellos tenía que disolverse en agua para poder ser aplicado. (174)

La industria de los colorantes, ya en manos alemanas, continuó con la tendencia de la síntesis de los colorantes de origen natural. La compañía "Badische Anilin Und Soda Fabrick" (B.A.S.F.) trabajó durante siete años en estos propósitos e invirtió un millón de libras, en el perfeccionamiento del proceso de síntesis del añil. En 1895 la B.A.S.F. logró la síntesis del añil y trajo como consecuencia que los cultivos del indigo disminuyeran de 19,000 toneladas en este año a 1,000 toneladas en 1913. (175) El número de patentes registradas sobre colorantes, en un período de cinco años, fué de 20 en 1860 y de 52 en 1900, mientras tanto en Alemania para los mismos años se registraron 8 y 427 respectivamente. (176) Los factores de mayor importancia que propiciaron la supremacía de Alemania en el campo de los colorantes, fueron - tal vez, la mayor disponibilidad de materias primas, un mejor sis

(174) Derry-Williams. Op. cit. pag. 792.

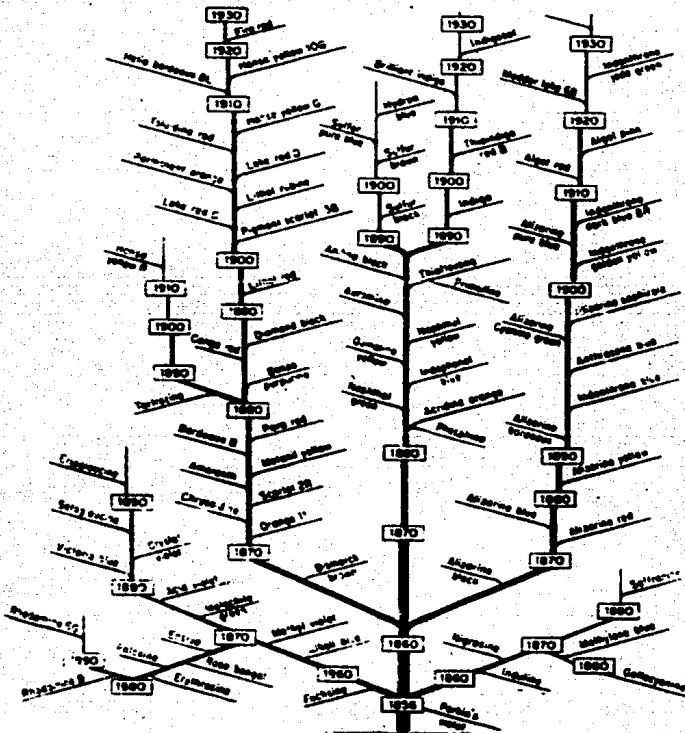
(175) Ibidem. pag. 793.

(176) Ibidem. pag. 793.

tema de educación técnica y el de gran apoyo financiero del Estado.

En la figura No. 1 se muestra el desarrollo histórico de la industria de los colorantes sintéticos, así como la interdependencia existente entre ellos.

FIGURA No. 1



Colorantes en México.

Desde la época prehispánica hasta la época colonial, los principales colorantes naturales que se producían en México eran la grana cochinilla, el añil y el palo de Campeche. La grana cochinilla, insecto originario de México, tuvo una importancia considerable dentro de la economía mexicana, ya que junto con la planta representaron los principales productos de exportación de México durante la época colonial. La tabla No. 4 muestra los principales productos de exportación mexicanos en el año de 1803.

TABLA No. 4

PRODUCTO	VALOR EN DOLARES
Oro y Plata	5 17'000,000
Cochinilla	2'400,000
Azúcar	1'300,000
Harina	300,000
Añil (nativo)	280,000
Carne Salada	100,000
Cueros	80,000
Zarzaparrilla	80,000
Vainilla	60,000
Jalapa	60,000
Jabón	50,000
Palo de Campeche	40,000
Pimienta de Tabasco	30,000
T O T A L	21'780,000

FUENTE: Henry George Ward. México en 1827. Biblioteca Americana. F.C.E. México 1981. pag. 271.

Los cocos o cochinillas pertenecen al orden de los insectos hemipteros, caracterizados por tener seis patas y cuatro alas, dos de ellas en forma de estuches crustaceos, sin órganos masticatorios y solo un pico para succionar los líquidos de que se alimentan. La cochinilla se desarrolló en climas semifríos localizados en México en el sureste de la República, lugar en donde la baja densidad de lluvias y abundancia del nopal, planta que proporcionaba habitat y alimento al insecto.

Se ignora desde cuando los antiguos mexicanos encontraron uso a la cochinilla. Los conquistadores narran, que los indígenas la cultivaban y beneficiaban. Según Humboldt "La cría de la cochinilla (gran nochitztli) en Nueva España remonta a la más alta antigüedad, probablemente antes de la incursión de los pueblos Toltecas. En tiempo de la dinastía de los reyes aztecas la cochinilla era más común que hoy en día..." (177)

La técnica de producción del colorante de la grana cochinilla fué guardada con gran celo por los indígenas; procedimiento que se heredó de generación en generación. La grana cochinilla fué el único producto natural para teñir las telas de color rojo escarlata, situación que prevaleció hasta mediados del siglo XIX. La utilidad de este colorante, provocó una gran demanda en varios países europeos, que reclamaban grandes cantidades

(177) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 304.

para la industria textil. El valor comercial de la grana cochinilla originó que cultivadores y comerciantes la adulteraran. El gobierno colonial preocupado por el comercio de la grana, estableció en Oaxaca una oficina para efectuar un control más efectivo sobre el colorante. George Ward apunta que "En el año de 1758 se estableció en Oaxaca una oficina de registro del gobierno, como consecuencia de las quejas de algunos comerciantes ingleses que habían recibido cargas de cochinilla adulterada, y se ordenó que toda la cochinilla producida en la provincia fuera examinada y registrada en aquélla...". (178)

Sin embargo la adulteración de este producto prevaleció a grado tal que en 1773 la corona publicó un reglamento titulado "Ordenanzas, Methodo, o Regla que se ha de Observar a efecto de cerrar la puerta a la perpetración de Fraudes en la Grana Cochinilla..." el cual contenía nueve artículos tendientes a mejorar el comercio de este colorante. El primero de ellos establecía que "... y siendo dueños, y vendedores en las primeras ventas, y otros que no lo son, los tenderos, que las rescatan de aquellos, y venden en proporciones mayores a los Almaceneros, - teniendo señalados los días miércoles para esta Feria, y no -- otro, han de llevar por sí, o Corredor del número, a las Casas de Ayuntamiento dichas Granas al registro, para que de allí salgan con la Boleta rubricada del Juez, Veedor, y Escribano de -- los que las compran, como se ha acostumbrado desde el estableci

**ORDENANZAS,
METHODO, O REGLA
QUE SE HA DE OBSERVAR**

**A efecto de cerrar la puerta
à la perpetracion de Fraudes
EN LA GRANA COCHINILLA,**

Que es univèrsal daño del Comercio de este Reyno,
y el de Europa se han experimentado, especialmente
al presente con la mezcla de la familia de Sobolla fe-
mejante semejante à dicho precioso grano; A que figuran
lo que la Diputacion de Comercio de esta Ciudad ha
tenido por conveniente se agregue à ellas para
regla en el registro de Granas de esta
Ciudad, y se noten así (i)



Impresa en Mexico por D. Felipe de Zúñiga y Ontiveros, Calle
de la Palma, año de 1773.

miento de este asunto...". (179) Los demás artículos establecían la forma en que se debía llevar a cabo el registro y las sanciones que debían aplicarse a los falsificadores.

Joaquín Velázquez de León transcribió por el año de 1775 un artículo relacionado con la grana cochinilla en donde comenta "... tengo un fragmento manuscrito cuyo autor ignoro y es de letra muy antigua como de ahora dos siglos... La grana cochinilla es color roja purpúrea, colorada, de color sangre, algunas gentes lo llaman carmín y otras carmesí, color que los indios tenían en su antigüedad es muy grande estimación para teñir sus plumajes y pelos de animales, de liebres y de conejos, porque no alcanzaban seda ni la conocían, así no tenían sino ropas de algodón y hilos y cosas de pluma según su modo antiguo". (180)

Crianza y Beneficio de la Grana.

La "Memoria sobre la naturaleza, cultivo y beneficio de la grana", escrita por José Antonio Alzate en 1773, describe -- las operaciones necesarias para obtener un colorante de calidad aceptable. Alzate fué uno de los primeros estudiosos en explicar el procedimiento de cultivo, que hasta entonces no se conocía. En lo que respecta a la operación de matanza Alzate comen

(179) La grana cochinilla Dahlgren de Jordán, México 1773. -- (A.G.N.) Biblioteca.

(180) Roberto Moreno. Joaquín Velázquez de León... Op. cit. pag. 252-253.

ta:

"Esto es lo más principal e interesante assi para el cultivador, como para el comerciante... teniéndolas pues reconocidas se matan para enzurronarlas, lo cual practican los Yndios con métodos distintos, porque unos lo hacen con --- Agua caliente, otros a fuego, y otros al Sol; de esto resuelta el que una grana sea más o menos encendida, más obscura, y más clara, y entre los dos extremos con variedad de grados en el color... Además de la mejor elección en el modo de matar la cochinilla, para lograr, las ventajas de su calidad, es preciso el conocimiento de saber cuando se halla en el correspondiente estado de quitarla de la No palera...". (181)

El método de crianza y beneficio consiste en su primera operación de plantar los nopales, en terrenos limpios o vírgenes. Cuando la planta ha llegado a su estado óptimo, momento en que los cosecheros determinan si tiene el tamaño adecuado y jugo suficiente, se "asemilla", es decir, se establece la colonia de insectos que han de alimentarse de ellos. El tipo de nopal preferido por los cultivadores era la clase denominada "de Castilla"; nopal sin espinas. (182) Las madres se alimentan en el nopal, se desarrollan, dan a luz y mueren en los nidos. Sus cuerpos secados al sol forman una especie de grana llamada "zacatillo", de bello aspecto pero que produce poco tinte y es de

(181) José Antonio Alzate. Memoria sobre la naturaleza, cultivo y beneficio de la grana. (A.G.N.). Galería 4. Correspondencia Virreyes, Vol. 90. Expediente 2906. México 1777.

(182) Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo III, México 1852. Descripción de la Cochinilla Mixteca, y de su cría y beneficio. (A.G.N.) Biblioteca - pag. 82-86.

MEMORIA
 SOBRE LA NA-
 TURALEZA, CUL-
 TIVO Y BENEFICIO DE LA
 GRANA QUE SE VE EN EL REYNO DE MEXICO

Dedicada al Rey Nuestro Señor

(que Dios guie) por mano del Excmo. Sr. D. Fr. D.
 e Antonio Bucareli y Oxavia, Virrey Governador, y
 Capitan General de Nueva España, de cuya
 Orden se escribió: D. Joseph Antonio de Alzate, y
 Ramirez, Socio correspondiente de la Real Academia
 de las Ciencias de Paris, y de la sociedad Nacionale

En Mexico Año de 1777.

un precio bajo. El macho no es de ninguna utilidad en lo referente al tinte, solo fecunda a la hembra y muere, de sus cuerpos no se puede obtener tinte.

La grana cochinilla es muy susceptible a los cambios en el medio ambiente, principalmente a la lluvia. Este fenómeno atmosférico de bajo control encarece este cultivo. Además el precio elevado de la cochinilla se atribuye a que este insecto tiene una infinidad de enemigos naturales como lo son otros insectos, culebras, ratas, armadillos, etc.

La cosecha consistía en procurar que las madres estuvieran fecundadas para lograr así el mejor colorante. Los métodos para matar la cochinilla eran diversos. Uno de ellos consistía en sumergir la cochinilla en agua caliente (casi hirviendo), para posteriormente pasarla por un tamiz para recoger la cochinilla muerta. Se ponía al sol para secarse o en unos hornos llamados "Temazcales", que servían también para los baños de vapor y de aire caliente. (183) El método seco era el más favorecido porque el agua disuelve parte de la materia colorante y da a la cochinilla una humedad superflua que la altera. El procedimiento por medio del cual se obtenía la cochinilla de más valor, -- consistía en colocarla por capas en una vasija honda y angosta y dejarla así por veinticuatro horas; tiempo suficiente para -- que el calor natural de estos insectos la sofoque y conserve --

(183) Ibidem. pag. 83.

así su polvo, por la cual se le llamaba "jaspeada" a la que se mataba por este procedimiento. La que se mataba por sumergimiento en agua, perdía el polvo razón por la cual aparece un color más oscuro. A este se le denomina "denegrada". La que es muerta en planchas calientes se le nombra "cochinilla negra". - (184)

La cochinilla muerta y seca retiene varias sustancias extrañas como huevecillos, orugas, despojos de machos, etc., todo lo cual se separaba por medio de cribas o escobillas y quedaba lista para el consumo.

El costo elevado del colorante preparado a partir de la cochinilla, se explica por el complicado y lento proceso de su cultivo, aunado a los requisitos de cantidad, ya que para producir un kilo de colorante se necesitaban aproximadamente 200,000 insectos. (185)

La exportación que alcanzó México entre 1758 y 1858, fué de 59'999,954 libras, que produjo a la nación 117'161,988 pesos con 33 centavos. (186)

En la tabla No. 5 se muestran las exportaciones de cochinilla.

(184) Ibidem. pag. 85.

(185) A History of Technology (1850-1900) Oxford Press... Op. cit. pag. 850.

(186) Boletín de la Sociedad Mexicana de Geografía y Estadística. Tomo I. 1869. Ligera descripción de la grana cochinilla. (A.G.N.)

TABLA No. 5

AÑO	CANTIDAD (ARROBAS)	VALOR (PESOS)
1796	6,112	439,609
1797	838	54,471
1798	12,220	804,903
1799	40,602	2'703,471
1800	5,150	379,256
1801	3,848	298,258
1802	43,277	3'303,470
1803	27,251	2'191,399
1804	11,737	1'220,193
1805	-	-
1806	4,254	425,400
1807	2,823	282,300
1808	7,374	737,400
1809	21,560	2'587,200
1810	20,415	2'449,800
1811	11,215	1'211,220
1812	7,654	766,400
1813	6,381	724,080
1814	2,993	959,160
1815	21,006	2'520,720
1816	11,434	1'476,420
1817	14,640	1'903,200
1818	4,961	545,710
1819	21,704	2'430,848
1820	15,956	1'675,380

NOTA: 1 ARROBA = 11.506 kg.

FUENTE: Miguel Lerdo de Tejada. Comercio Exterior de México.
Banco Nacional de México, S.A. México 1967.

Por lo que respecta al otro colorante de importancia en México el añil, al igual que la cochinilla, se cultivó desde la época prehispánica. George Ward apunta "El uso de esa planta era general entre los aztecas de la Conquista: Le llamaban xiuh quilipitzahuac..." (187)

El cultivo del añil no tuvo un gran desarrollo en México, los cultivos estaban descuidados en comparación con centro y -- sudamérica. Humboldt en el Ensayo Político menciona que "El -- cultivo del añil muy extendido en el reino de Guatemala y en la provincia de Caracas, esta muy descuidado en México. Los plantíos que se encuentran a lo largo de las costas occidentales no son suficientes ni aún para las pocas fábricas de tejidos de al godón del país. Todos los años se importa añil del reino de -- Guatemala, en donde el producto total de los plantíos asciende a dos millones cuatrocientos mil pesos". (188) Respecto a su fabricación Humboldt agrega "... los mexicanos separaban la fécula del jugo de la planta, proceder muy distinto del que se emplea hoy día. Los panecillos de añil secados al fuego se llaman mohuitli o tleuohuilli...". (189)

En el sureste del país se encontraban los únicos cultivos de añil. tal vez, debido a su cercanía con Guatemala. El -

(187) George Ward. Op. cit. pag. 71.

(188) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 298.

(189) Ibidem. pag. 298.

añil en México también era utilizado para la escritura, ya que en el país en un principio escaseaba la tinta. Únicamente el añil nativo o silvestre se cosechaba con relativa abundancia, pero tenía el inconveniente de que era de menor calidad que el añil cultivado y por consecuencia de menor precio.

Aplicación de la Cochinilla.

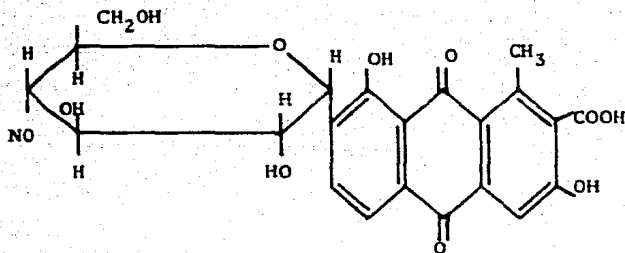
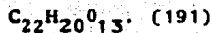
Cochinilla Amoniaca: Para obtener un color rojo-violáceo se combinaba la cochinilla pulverizada con amoníaco empleado en el teñido de la seda. Se podían obtener diferentes matices según se usara sola o combinada con otros matices. La cochinilla amoniacal se preparaba con un 3% de amoníaco acuoso (NH_4OH) y de 1 a 1.5% de cochinilla pulverizada. Posteriormente se fabricaban pastillas solubles en agua, que con diferentes mordientes daban las diferentes tonalidades. (190)

Principio Activo de la Cochinilla.

En el año de 1894 se descubrió que el ácido carmínico -- era el principal colorante que se encontraba presente en la cochinilla, en un porcentaje del 15 al 30%, dependía de la calidad de la cochinilla (procedimiento de matanza). Este ácido es

(190) Ricardo Ferrer. Métodos de Tintorería. Ed. José Montesó. Barcelona 1930. pag. 170.

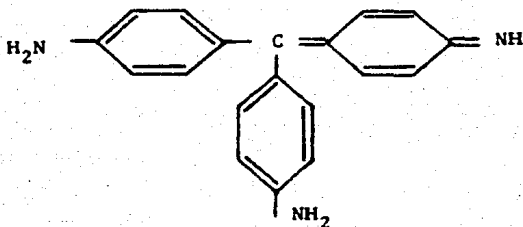
soluble en agua y da una coloración roja. Su fórmula es - - -



En el año de 1856, con el descubrimiento del químico alemán Hofmann, quien descubrió el rojo de anilina, se rompió el monopolio hispano-mexicano de la cochinilla. Al surgir los colorantes sintéticos el cultivo de la grana cochinilla desapareció casi totalmente, ya que la fucsina o rojo de anilina resultó ser más barata que el colorante obtenido de la cochinilla. La fucsina, se obtenía a partir del tetracloruro de carbono y anilina cruda. Su estructura fué explicada por Emil Fischer y su primo Otto Fischer, como un derivado del trifenil metano --- (192). Este producto proporciona una coloración roja carmín, es soluble en alcohol y su fórmula es la siguiente.

(191) Kirk-Othmer. Enciclopedia de Química Industrial. Vol. 8. Op. cit. pag. 820.

(192) Lockeman. Historia de la Química. Vol. 2. Ed. UTHEA. México 1960. pag. 450.



La gran calidad de los textiles teñidos con cochinilla, se reflejó en 1954, cuando la guardia real inglesa usaba aún cochinilla para teñir sus uniformes, a pesar del desarrollo que había tenido la industria de los colorantes sintéticos. (193)

Los colorantes sintéticos no se fabricaron en México, -- hasta el siglo XX, aunque no fueron desconocidos, la industria textil mexicana los utilizó para sus operaciones de teñido. En la época porfirista México, importó los siguientes colorantes: aceite de anilina, alizarina natural y artificial, antraceno -- principalmente. (194)

(193) Encyclopedia Británica. Vol. 5. Op. cit. pag. 1100.

(194) Estadísticas Económicas del Porfiriato. Op. cit. pag.260.

CAPITULO V

ACIDOS

CAPITULO V

ACIDOS

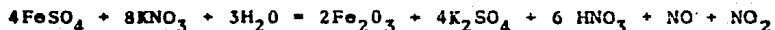
ACIDO NITRICO.

La preparación del ácido nítrico fué conocida desde la época de los egipcios. Olimpiodoro, filósofo de Alejandría y comentarista de Aristóteles, habla del "aceite de nitro", disolvente de la magnesia, del antimonio, de la arena y la piritita. Los alquimistas del siglo XVIII, lo aplicaron especialmente para el apartado de oro y plata. Según Geber, el ácido nítrico se obtenía a partir de una mezcla de nitro (KNO_3), vitriolo de cobre (CuSO_4) y alumbre, mediante un proceso de destilación. En su obra "Alchimia Generi" describe esta operación: "Tómese una libra de vitriolo de Chipre, libra y media de salitre y un cuarto de libra de alumbre de Jameni; sométase todo a la destilación, para extraer de allí un líquido que contiene gran fuerza disolvente. Esta fuerza se aumenta cuando se añade una cuarta parte de sal amoníaco, porque entonces este líquido disuelve el oro, la plata y el azufre". (195) Geber lo designó como "Aqua Dissoluta" o "Aqua Fortis", además como "Aqua Regia" a la mez-

(195) Joaquín Almedilla y Puig. Historia de la Industria Química. Ed. Bailly-Baillière e hijos. Madrid, España sin año. pag. 27.

cia de ácido nítrico y ácido clorhídrico.

En el año 1100 se difundió rápidamente por Europa, donde se fabricaba a partir de nitro y vitriolo verde, por destilación. La reacción principal que se verifica es: (196)



En los viajes realizados por Alberto el Magno, durante el siglo XIII, describe en la obra "Alquimia", la preparación del ácido nítrico y la de sus diferentes sales.(197).⁵ Basilio Valentín, experimentó la acción de este ácido sobre el alcohol, de donde obtuvo un producto de característica dulce. Esta reacción la denominó "la reacción de dulcificación". (198)

Aún en el período alquimista este ácido se aplicó en la minería para el apartado de oro de la plata. Para este propósito se usaba una mezcla conocida con el nombre de "mezcla real", la que estaba constituida por nitro, sal, vitriolo y ladrillo machacado.(199).⁶ Más tarde Boyle confirmó, que el ácido nítrico concentrado no atacaba directamente a los metales pero que

(196) J. R. Partington. Tratado de Química Inorgánica. Ed. Porrúa, S.A. México 1959. pag. 514.

(197) Hugo Balier. Historia de la Química. Ed. Labor, S.A. Barcelona, España 1933. pag. 40.

(198) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 30.

(199) Ibidem. pag. 33.

combinado con ácido clorhídrico si se efectuaba la reacción, lo realizado por los alquimistas cuando utilizaban el agua regia, de aquí comenzó a manejarse el término "rey de los metales" por que ésta podía reaccionar con el oro. (200)

En 1650 J. R. Glauber, lo preparó al destilar una mezcla de nitrato de potasio y ácido sulfúrico, lo llamó "Espiritus Nitri Glauberi". (201) A pesar de estos intentos, el desarrollo de su fabricación tardó más de un siglo en perfeccionarse. En la época de transición, entre la Alquimia y la Química moderna, conocida con el nombre de "el Flogisto", el ácido nítrico pasó casi desapercibido, ya que no existieron aportaciones relevantes en relación a su fabricación. Es 1776 cuando Lavoisier analizó el ácido nítrico y demostró la presencia de oxígeno, como resultado de calentar una mezcla de nitrato de mercurio. (202) Desde 1785 Cavendish había demostrado que este compuesto por nitrógeno y oxígeno. También Priestley descubrió que se podía unir directamente nitrógeno y oxígeno en forma gaseosa al aplicárseles una corriente eléctrica. Cavendish confirmó y amplió estos experimentos, describe que por la combustión de hidrógeno en un exceso de aire, se forma agua con pequeñas cantidades de ácido nítrico y que se podía obtener éste ácido al provocar la explosión de una mezcla de hidrógeno y aire atmosférico. (203)

(200) José A. Babor. Op. cit. pag. 347.

(201) J. R. Partington. Op. cit. pag. 515.

(202) Ibidem. pag. 515.

(203) Edward Thorpe. Enciclopedia de Química Industrial. Tomo V Op. cit. pag. 178.

Se puede atribuir a Cavendish la primera síntesis del ácido nítrico y logró establecer las bases para que más tarde, se pudieran desarrollar procesos que permitieron elaborarlo a escala industrial, procesos de fijación de nitrógeno.

En 1816 J. L. Gay-Lussac efectúa el primer intento para asignar una fórmula química al ácido nítrico y la escribe $\text{H}_2\text{O}-\text{N}_2\text{O}_5$. (204) En 1859 gracias a las patentes de Newton y Le-fevre, se determina con mayor exactitud la unión entre el nitrógeno y el oxígeno a través de una corriente eléctrica. (205) En 1892, William Crookes experimentando con la llama del nitrógeno, produjo vapores de ácido nitroso y nítrico, al aplicarle una fuerte corriente de inducción. (206) En 1897 Lord Raleigh en su obra "Observations on the oxidations of nitrogen gas", -- menciona, que por medio de la oxidación del nitrógeno en un arco eléctrico, se producía ácido nítrico a escala semi-industrial. El experimento se llevó a cabo en un recipiente de vidrio, con una capacidad de 50 L., que contenían oxígeno y el arco eléctrico. Los óxidos de nitrógeno resultantes se absorbían por medio de una solución de sosa cáustica, que se inyectaba en la parte superior del recipiente que servía para un doble propósito: man tener frío el recipiente y aumentar la superficie de absorción.

(204) José A. Babor. Op. cit. pag. 347.

(205) Edward Thorpe. Op. cit. pag. 180.

(206) Ibidem. pag. 181.

El rendimiento de estos experimentos fué que de cada 50 g. de ácido nítrico producido, se invertía 1 kilowatt-hora. (207)

Estas experiencias dieron la pauta para que se iniciara el desarrollo de distintos procesos para la producción de ácido nítrico en forma sintética, ya que el primer método de obtención fué a partir de una fuente natural, el nitrato de sodio -- proveniente de Chile tratado con ácido sulfúrico. Los distintos procesos para la producción de ácido nítrico son fundamentalmente el tratamiento de nitrato de sodio con ácido sulfúrico el proceso de arco eléctrico y el proceso a partir de amoniaco.

Proceso Natural (Nitrato de Sodio y Acido Sulfúrico).

En este proceso, el nitrato de sodio es abastecido por yacimientos naturales, tal fue el caso del nitrato chileno. Este es el método más antiguo para la elaboración del ácido nítrico y se extendió por casi toda Europa. La reacción involucrada en esta operación es la siguiente:



La reacción es reversible a temperatura ambiente, pero al aumentar la temperatura la reacción se ve favorecida. Los vapores obtenidos son condensados en refrigerantes con agua de

enfriamiento, el ácido se recoge en recipientes resistentes. -- Los primeros utilizados fueron de vidrio. Los vapores de color amarillo, al someterse a una corriente de aire se convierten en incoloros, después los óxidos se eliminan por medio de una destilación. (208) Este proceso fué desplazado casi en su totalidad, por los métodos sintéticos desarrollados cuando el amoniaco comenzó a producirse a gran escala por el proceso Haber-Bosch o sus modificaciones. El proceso quedó relegado a escala de laboratorio.

Proceso de Arco Eléctrico.

A partir de las investigaciones enfocadas a la producción de ácido nítrico, por la combinación directa de hidrógeno y nitrógeno, a través de una corriente eléctrica, se empezó a trabajar para llevarlo a escala industrial. La desventaja principal de este proceso, era el alto consumo de energía eléctrica, por lo cual solo podía emplearse en países donde la energía eléctrica fuera de bajo costo como Canadá, Italia y Noruega. En 1859 los ingleses MacDougall y Howles establecieron la primera planta de ácido nítrico a partir de nitrógeno atmosférico. Sin embargo el proyecto resultó un fracaso y abandonaron su empresa. (209) En 1901 Bradley y Lovejoy fundaron la "Atmospheric Products Company", con un capital de un millón de dólares. Utiliza

(208) José A. Babor. Op. cit. pag. 348.

(209) Edward Thorpe. Op. cit. pag. 181.

ron las cataratas del Niágara como suministro de la energía -- eléctrica. La empresa inició sus operaciones en 1902, pero debido al bajo rendimiento que obtuvieron, la empresa cerró sus - puertas en 1904. (210)

El primer éxito industrial en la obtención del ácido nítrico a partir de los elementos del aire, fué alcanzado por Bir keland y Eyde en 1903 en Cristianta, Notodden, Noruega, fundaron una compañía noruega-franco-escandinava. El método consistía en la combustión del nitrógeno en un horno que contenía un arco eléctrico formado por dos electrodos de cobre y que por la acción de un alto campo magnético, se expandía en un disco circular de grandes dimensiones (aproximadamente de dos metros de diámetro). El arco era producido por una corriente de alta tensión con frecuencia de 50 ciclos. Los hornos consumían 3,500 - kilowatts aproximadamente. La corriente de aire se llevaba a - través de los hornos a temperaturas de 800-1000° C., donde se - producía óxido nitroso en forma gaseosa, posteriormente los gases se enfriaban hasta 150-200° C. para que se efectuara la oxidación. La oxidación se efectuaba en cámaras de fierro recu-- biertas con materiales resistentes al ácido. Cuando la absor-- ción de óxido de nitrógeno alcanzaba el 96%, el proceso Birke-- land-Eyde, producía 550 kg. de ácido nítrico por kilowatt-año. (211).

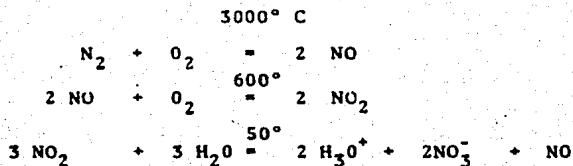
(210) W. S. Landis: The War and the Nitrogen Industry. Chem. & Met. Eng. Vol. 19 No. 12 Dec. 15. 1918. pag. 828-829.

(211) S. Nauchkoff. How do the warring nations obtain their nitrogen supply? Met. & Chem. Eng. Vol. 17, No. 9 1917. -- pag. 529.

Por estos años Schönder inventó un horno de arco eléctrico de características similares al de Birkeland-Eyde. El diseño fué adquirido por la "Norwegian Nitrogen Company", establecida en Rjukan que estaba financiada por la "Badische Company". El horno de Schönder consistía en un gran tubo vertical con electrodos en ambos extremos. Sin embargo, este diseño no tuvo un gran desarrollo a pesar de que tenía mayor capacidad y consumía menos energía. (212)

El método desarrollado por Kowaski y Moscicki, basado en la operación de un horno de alta tensión, fué otro de los procesos que no tuvieron éxito industrial, debido fundamentalmente a su bajo rendimiento. (213)

La serie de reacciones que se efectúan en el proceso de arco eléctrico son las siguientes. (214)



Al igual que la compañía noruega y la "B.A.S.F.", se for-

(213) Ibidem. pag. 530.

(214) José A. Babor. Op. cit. pag. 349.

maron sociedades o filiales en varias partes de Europa en 1906. Así nacen la "Farvenfabriken Vorm Fried Bayer und Co.", en Elberfeld y la "Actiengesellschaft Für Anilina Fabrication" de Berlín, con un capital de 16 millones de coronas y la "Norsk Salpeterverker", con una inversión de 18 millones de coronas, destinadas a construir y explotar fábricas de nitro en Noruega. - (215)

El proceso de arco eléctrico, comenzó a entrar en desuso cuando se logró sintetizar el amoníaco y producir ácido nítrico a partir de él. Ya que los procesos de contacto resultaron más eficientes y de menor consumo de energía eléctrica.

Proceso de Amoníaco.

El proceso para obtener ácido nítrico a partir de amoníaco, tuvo sus inicios a principios del siglo XX, como resultado de la síntesis de amoníaco, fuente para la fijación del nitrógeno. El objetivo principal de la fijación de nitrógeno, fue en primera instancia, la producción de explosivos, ya que desde el punto de vista militar el ácido nítrico representó un recurso estratégico. En un principio las principales fuentes de obtención de nitrógeno eran de origen natural, como el nitrato chileno, compuesto de gran demanda en Europa. En Inglaterra se fa--

bricaban por el proceso natural alrededor de 1300 toneladas semanales durante la primera guerra mundial. (216) La guerra provocó una escasez de nitratos, la demanda se incrementó notablemente y los yacimientos chilenos fueron insuficientes para satisfacerla. Se considera que el primer conflicto mundial consiguió acelerar el desarrollo de los procesos para la síntesis de amoniaco.

Wilhem Ostwald (1853-1932) comenzó las investigaciones tendientes a convertir amoniaco en ácido nítrico y logró desarrollar el proceso de oxidación catalítica del amoniaco. En él se mezclaba amoniaco, procedente del proceso Haber-Bosch, con unas diez veces su volumen de aire, calentado previamente a unos 600° C. La mezcla se ponía en contacto con una malla de platino (como catalizador). Las primeras instalaciones lograron producir 200 kg. de ácido nítrico al 53% en 24 horas. El proceso Ostwald fué llevado a escala industrial por la compañía Du Pont, quien adquirió los derechos de la patente. (217)

El proceso Ostwald fué mejorado en los aspectos técnicos por Alemania, que al haber desarrollado el primer método para elaborar amoniaco, tuvo gran facilidad para obtener ácido nítrico económicamente, situación que ayudó en gran medida a este país durante la primera guerra mundial.

(216) T. M. Lawry. The manufacture of acids during the war. Nature. Vol. 110. No. 2771. 1912. pag. 778.

(217) S. Nauckhoff. Op. cit. pag. 533.

En el cuadro siguiente se muestra la producción de ácido nítrico en los Estados Unidos. (1935-1951).

CUADRO No. 10

PRODUCCION DE ACIDO NITRICO EN ESTADOS UNIDOS

AÑO	PRODUCCION (TON)
1935	87,188
1937	159,537
1939	152,170
1941	315,118
1943	450,207
1945	405,589
1947	1'077,599
1949	1'024,679
1951	1'359,079

FUENTE: Raymond E. Kirk & Donald F. Othmer. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo XI Ed. U.T.H.E.A. México 1962. pag. 260.

ACIDO CLORHIDRICO.

El ácido clorhídrico, al igual que el ácido nítrico, tuvo su primera aplicación en el apartado del oro y la plata como agua regia. El cloruro de hidrógeno (HCl), fué descubierto por Basilius Valentín quien lo preparó por la destilación común de -

vitriolo de fierro (FeSO_4) y sal común, posteriormente utilizó ácido sulfúrico en lugar del vitriolo. (218) La reacción que ejemplifica este procedimiento es:



Van Helmont (1577-1644), demostró la existencia del ácido clorhídrico en forma gaseosa, lo denominó "Gas de Sal". (219) En la misma forma Glauber obtiene el "Espíritu de Sal", al destilar sal común con ácido sulfúrico concentrado y disolver el gas resultante en agua. El otro producto de la reacción es el sulfato de sodio, conocido como la sal de Galuber. (220)

En 1787, Nicolas Leblanc estableció un proceso para obtener sosa (Na_2CO_3), en el cual uno de los productos secundarios era el ácido clorhídrico. Cuando el proceso Leblanc estuvo fuertemente establecido se pudo obtener grandes cantidades de ácido clorhídrico, aunque en un principio no se encontró uso para él. (221) El proceso Leblanc se estableció en Francia en 1791, gracias a los esfuerzos realizados por Leblanc y Dizé. Este proceso tuvo grandes dificultades con las autoridades, ya

(218) Raymund E. Kirk & Donald F. Othmer. Tomo Iv. Op. cit. pag. 698.

(219) J. R. Partington. Op. cit. pag. 56.

(220) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 56.

(221) A. and N. L. Clow. A history of technology. vol. 4. Op. cit. pag. 239.

que los gases de desecho, principalmente ácido clorhídrico, ocasionaban problemas en los alrededores donde se erigía cualquier planta para la producción de sosa. En 1836 William Gossage, diseñó unas torres, las cuales llevan su nombre, que permitieron absorber el ácido clorhídrico en agua a escala industrial. (222) La absorción del ácido clorhídrico en el agua depende principalmente de las condiciones siguientes: temperatura, concentración de ácido clorhídrico y el tiempo de contacto entre este ácido y el agua.

En 1856 se formó una comisión Belga para el control de los gases ácidos producidos en este proceso, pero no tuvo el éxito esperado. La promulgación de la "Alkali Act", en 1863, obligó a los fabricantes de sosa a adoptar medios eficaces para condensar el ácido clorhídrico. Así, la primera ley sobre alcalis permitió la recuperación del 95% del ácido contenido en los gases de desecho. (223) Un reglamento adicional se publicó en 1874, donde se establecía que los gases de escape no contendrían más de 0.454 g. de HCl por metro cúbico (registrado en la "Alkali Inspector"). (224) Para 1885, el contenido promedio de ácido clorhídrico en los gases de chimenea era de 0.23 g/m^3 , con una densidad de 1.15 a 1.17. (225)

(222) Trevor I. Williams. A. History of Technology. Vol. 5. Op. cit. pag. 236.

(223) Ibidem. pag. 236.

(224) Edward Thorpe. Tomo II. Op. cit. pag. 548.

(225) Ibidem. pag. 549.

Las torres de Gossage o torres de absorción, fueron utilizadas universalmente. Las torres tienen la característica de estar elevadas en piedra y rellenas con trozos de coque, por donde desciende el agua y a contracorriente los gases de absorción. Para la elevación del ácido, se empezó a utilizar una bomba de membrana, patentada por Hazlehurst en 1876. Modificaciones a las torres se han tratado de hacer, como las propuestas de Lunge y Rohrmann; las que no utilizan empaque, sino como superficie de contacto platos perforados. (226)

Con los volúmenes de cloruro de hidrógeno y la innovación de Gossage, comenzó el despegue de la industria del cloro; al obtener color a partir de ácido clorhídrico y con esto se abrió el mercado mundial de los agentes blanqueadores los cuales encontraron aplicación en la industria textil y la industria del papel.

El proceso Leblanc, fué desplazado en su totalidad a finales del siglo XIX por el proceso Solvay. En el proceso Solvay, también podía obtenerse ácido clorhídrico a partir de cloruro de amonio y ácido sulfúrico. (227)

En 1886 O.N. Witt, utilizó ácido fosfórico fundido y cloruro de amonio para producir ácido clorhídrico, además se forma

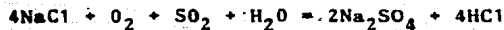
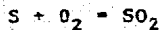
(226) Ibidem. pag. 540.

(227) Ibidem. pag. 544.

ba fosfato de amonio que al calentarlo expulsaba el amoniaco y regeneraba el ácido fosfórico. (228)

Más tarde Mond, propuso otro método de obtención de ácido clorhídrico al hacer pasar el cloruro de amonio a través de un catalizador de óxido de níquel a una temperatura de 350° C. La reacción era modificada al elevar la temperatura a 500-600° C. el cloruro de níquel formado se descompone con vapor de agua y se produce finalmente ácido clorhídrico y el óxido de níquel que se regenera. (229)

A fines del siglo XIX se introdujo en Inglaterra un nuevo proceso conocido como "el proceso de Hargreaves", que partía de azufre o anhídrido sulfuroso, sal y vapor de agua. La siguiente reacción es la que interviene en el proceso. (230)



A continuación, la siguiente tabla muestra la producción de ácido clorhídrico en los Estados Unidos en el período de --- 1933 a 1949.

(228) Ibidem. pag. 544.

(229) Ibidem. pag. 545.

(230) Raymund E. Kirk & Donald F. Othmer. Tomo IV. Op. cit. --- pag. 700.

TABLA No. 6

AÑO	NÚMERO DE FABRICAS	PRODUCCION TOTAL (TON. 100% HCl)	PRODUCCION PARA LA VENTA
1933	26	56,815	40,728
1935	33	79,606	49,794
1937	34	110,198	64,560
1939	42	127,312	69,671
1941	--	207,082	115,634
1943	56	310,237	119,611
1945	--	369,722	-
1947	--	385,645	-
1949	74	439,295	187,519

FUENTE: Raymond E. Kirk & Donald F. Othmer. Enciclopedia de Tecnología Química. Tomo IV. Ed. U.T.H.E.A. México 1962. pag. 718.

ACIDO SULFURICO.

"El ácido sulfúrico representa uno de los insumos de mayor importancia en la industria de las naciones, su característica de material estratégico, básico y necesario, no solo mide la potencialidad de transformación industrial de un país, sino también la capacidad económica en su conjunto y de diversas ramas de actividad en lo particular. Este material ha condicionado el incremento y la diversidad de las actividades industriales. (231)

(231) Jesús García Fadrique, La participación del Estado Mexicano en la Industria de los Fertilizantes. U.N.A.M. México 1987. pag. 20.

Antecedentes.

Sus orígenes datan del siglo XIII, por las observaciones de Zósimo, filósofo de Alejandría, donde mencionaba que al destilar una mezcla de "sal de azufre amarillo y flores de cobre", este último sulfato cúprico, obtenía un ácido blanco. (232) Este compuesto tuvo poca importancia para Zósimo que solo vio en él un paso en la preparación del oro y sin embargo, se trataba del ácido sulfúrico.

Rhasis (880-940), contemporáneo de Geber, describió la preparación del ácido sulfúrico por la destilación del sulfato de hierro o "atramiento". (233) En los escritos de Geber este ácido era preparado por el calentamiento intenso de alumbre. -- (234) Basilio Valentín, a finales del siglo XVI, lo preparó -- con vitriolo de hierro y también, a partir de la combustión del azufre. (235) Labavio, director del "Colegio de Coburgo", señala que a partir del ácido sulfúrico se podía preparar ácido sulfúrico. (236)

El ácido sulfúrico no tuvo un rápido desarrollo y su pre

(232) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 24.

(233) Ibidem. pag. 27.

(234) Hugo Balier, Op. cit. pag. 35.

(235) Kirk & Othmer. Op. cit. pag. 816.

(236) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 36.

paración quedó durante mucho tiempo a escala de laboratorio. En el siglo XVII, surgen los primeros intentos para iniciar su producción a escala industrial, en el momento en que Angel Sala -- descubre que la combustión del azufre en presencia de aire húmedo producía "aceite de vitriolo", similar al obtenido de los sulfatos de fierro y cobre y que lo preparaba de la siguiente manera:

"En un platillo que contenía azufre fundido se colocaba sobre un sostén en la superficie de un barreño lleno de agua caliente. Se quemaba el azufre y se recibían los vapores debajo de una campana colocada en la parte superior; manteniendo húmedas las paredes; se operaba la transformación de los vapores sulfurosos al mismo tiempo que su condensación y la pequeña cantidad de ácido producida caía en el barreño. Este era el aceite, o sea el espíritu de azufre por campana". (237)

A finales del siglo XVII y principios del siglo XVIII, surgió una de las teorías más importantes en la historia de la química la "Teoría del Flogisto", promovida principalmente por Stahl. La teoría se basaba en que todos los cuerpos tenían una misma parte constitutiva a la que se llamó "flogisto". Así, cuando el azufre era quemado y formaba su respectivo ácido, la idea era que el azufre era la combinación del "respectivo ácido con flogisto". (238)

Con las aportaciones de Sala, surgieron innovaciones a

(237) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 64.

(238) Hugo Balier. Op. cit. pag. 35.

su proceso como las realizadas por Nicolas Lafebre (1666) y Lamerly (1675), en donde para favorecer la combustión del azufre, éste se mezclaba con cierta cantidad de nitro. (239) Esto permitió, que por primera vez, se obtuviera un proceso continuo para la fabricación de ácido sulfúrico. Gracias a los trabajos realizados por Joshua Ward (1685-1761) y Jonh White, que producían "aceite de vitriolo" por el método de la campana, surgió la primera fábrica en Twickenham (1736) y más tarde en Richmond (1740). (240) La instalación de esta planta la describe Joaquín Almedilla de la manera siguiente:

"... enormes balones de vidrio, que contenían cerca de 40 a 50 galones de capacidad, se hallaban dispuestos en dos filas en un baño de arena calentado. Llevaba cada uno lateralmente una abertura y en el cuello, que podía colocarse un tapón de madera, había un ladrillo. Un obrero colocaba allí una cuchara de hierro que contenía una mezcla de azufre y nitro inflamado, después tapaba con destreza el balón, pasaba a otro, y una vez terminada la serie, volvía al punto de partida, empleando de esta suerte sin interrupción la mezcla combustible. El agua, colocada previamente en los balones recibía el ácido sulfúrico producido y la operación se prolongaba muchos días, al cabo de los cuales se reunían los líquidos y se concentraban en calderas de plomo". (241)

Este procedimiento permitió producir ácido sulfúrico a mayor escala y fué la base para el desarrollo de su fabricación durante el siglo XVIII. Por primera vez su precio se abatió en

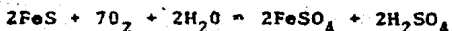
(239) J. R. Partington. Op. cit. pag. 459.

(240) N.L. Clow. A History of Technology. Op. cit. pag. 242-243.

(241) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 127.

forma considerable; de 33 francos a 6 francos el kilogramo. (242)

La reacción que toma parte en este proceso es la siguiente: (243)



Proceso de las Cámaras de Plomo.

El despegue de la industria del ácido sulfúrico comenzó en 1746, con los trabajos realizados por la empresa Roebuck y Garbett que no fué, sin embargo solo otro de los trabajos en la lista del ácido sulfúrico. Roebuck, recibió la mejor educación posible de la época; estudió medicina en Edimburgo y Leyden y posteriormente decidió abandonar la medicina por la tecnología. Aprovechó la observación de Glauber, que el plomo resistía la acción del ácido sulfúrico y construyó su planta productora de vitriolo con este metal. (244) La cámara construída por Roebuck fué de 1.80 metros en cuadro. (245) La substitución del vidrio por el plomo fué uno de los grandes avances en la historia de la tecnología química.

(242) Ibidem. pag. 127.

(243) J. R. Partington. Op. cit. pag. 460.

(244) N. L. Clow. Op. cit. pag. 231.

(245) Kirk & Athmer. Op. cit. pag. 830.

En 1774, se empleó vapor de agua procedente de una caldera y unos veinte años después se demostró que el salitre servía únicamente como intermediario en la oxidación del anhídrido sulfuroso y que además, al enviar una corriente continua de aire a donde se quemaba el azufre se ahorra gran cantidad de nitro.
(246)

La primera instalación de una planta en Francia, se debió al esfuerzo realizado por Holker en 1766, quien ayudado por varios obreros ingleses la estableció en el barrio San Severo. La producción de ácido sulfúrico en Inglaterra, antes de la expansión de la industria de sosa sintética, fue del orden de 3,000 ton/año. Su costo de producción alcanzó los 2 1/2 d por libra. (247, 248)

Para 1818 Mr. Hill en Deptford, modificó la materia prima utilizada en el proceso; en lugar de azufre empleó piritas, debido al decaimiento que tuvo el abasto de azufre nativo a mediados del siglo XIX. (249)

Los inventos más sobresalientes en la fabricación del ácido sulfúrico son dos los de mayor importancia; primero la in

(246) Ibidem. pag. 832.

(247) Joaquín Almedilla y Puig. Op. cit. pag. 128.

(248) N. L. Clow. Op. cit. pag. 245.

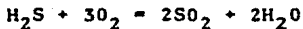
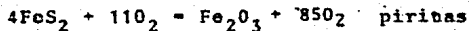
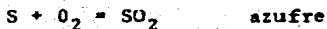
(249) Edward Thorpe. Tomo VI. Op. cit. pag. 294.

roducción de la torre de Gay-Lussac (1827) y posteriormente la torre de Glover (1859). La primera se utilizó para la recuperación de los óxidos de nitrógeno por disolución del ácido sulfúrico y la segunda para economizar combustible, por medio del calor desarrollado en la combustión de las piritas que servía para la concentración del ácido diluido y la desnitrificación del ácido sulfúrico-nitroso. (250)

Los elementos necesarios en una planta de ácido sulfúrico, por el método de cámaras de plomo debían ser un horno para la producción de una mezcla de anhídrido sulfuroso, oxígeno y nitrógeno, una disposición para introducir los óxidos de nitrógeno o ácido nítrico en la corriente de los gases del horno, un generador de vapor, una o más cámaras de plomo, en las cuales se verificará la reacción, una torre de Gay-Lussac, para recuperar la mayor parte de los óxidos de nitrógeno que acompañan a los gases de escape y una torre de Glover, para introducir de nuevo estos ácidos y concentrar el ácido de las cámaras.

Los hornos se modificaron de acuerdo a las innovaciones que el proceso sufría. Así, el primer horno utilizado para quemar mineral molido se dió a conocer en 1868 por McDougal. En 1878, aparece el horno de Spence y más tarde, en 1910 el horno de Herreshoff. Entre 1910 y 1911, se patentó el horno de Harris útil para la tostación de galenas. Las reacciones de este pri-

mer paso quedan sujetas a las distintas materias primas. (251)



Existen dos métodos para introducir óxidos de nitrógeno o ácido nítrico. En el primero el ácido nítrico se obtiene de una mezcla de nitrato de sodio y ácido sulfúrico, introducido a intervalos en un recipiente de fierro situado en la parte ca---liente del conducto de gases. El segundo método, el ácido nítrico se introduce en estado líquido, bien sea en la torre de Glover junto con el vitriolo nitroso o bien en la primera cámara. (252) Las cámaras, fueron construídas con placas de plomo de 30 a 40 metros de largo, por 6 a 9 metros de ancho y de 5 a y metros de alto. Cada placa alcanzaba un peso de 30 kilogramos con una capacidad de 700 a 2000 m³. En 1909 Meyer, patentó unas cámaras de 10 m. de diámetro y 8 m. de altura con una capacidad de 1875 m³. Es importante mencionar, que todas las conexiones para el proceso debían ser de plomo. (253) Este proceso

(252) Ibidem. pag. 300.

(253) P.C. Hoffman. Progress in Sulphuric Acid Manufacture. -- Chem. & Met. Eng. Vol. 33. No. 7. July 1926. pag. 406--408.

fué aún utilizado durante la primera mitad del siglo XX; para 1920 un tercio de la producción total de ácido sulfúrico era proporcionado por este método. (254)

Proceso de Contacto.

El proceso de contacto se originó en 1831 por la patente de Peregrine Phillips, quien descubrió que el anhídrido sulfuroso reaccionaba directamente con el oxígeno del aire al pasar por un hilo de platino calentado "hasta color amarillo". (255) Sin embargo este método fué poco empleado, debido al éxito que tuvo el de las cámaras de plomo y con la desventaja del envenenamiento del catalizador. En 1852 Wöhler y Mahla, mostraron que el óxido de fierro podía ser empleado como catalizador en lugar del platino, lo que significó un menor costo y mayor disponibilidad. (256)

El proceso de contacto se expandió a consecuencia de la demanda creciente de ácido sulfúrico y oleum (ácido sulfúrico con exceso de trióxido de azufre) que requería la industria química orgánica. El oleum era utilizado con ácido nítrico para efectuar la "nitricación" y producir una serie de sustancias ex-

(254) Frank, Greenaway, R. G. W. Anderson. A History of Technology. Vol. 6. Op. cit. pag. 515.

(255) Kirk & Othmer. Op. cit. pag. 836.

(256) Trevor I. Williams. A History of Technology. Op. cit. -- pag. 247.

plosivas así como nitrocelulosa para la industria del plástico. La demanda principal de oleum, la proporcionaba la "Casa Starck" de Bohemia, que lo obtenía por destilación y monopolizó estos trabajos. (257,258).

Para 1870 el químico alemán Rudolf Messel (1847-1920), propuso que el envenenamiento del catalizador podría ser evitado, si los gases reaccionantes eran purificados primeramente. Al término de la guerra franco-prusiana, Messel junto con W.S. Squiere formó la firma de Chapman & Company en Inglaterra, desarrollaron un proceso de contacto satisfactorio; instalado en Silvertown, llegó a producir más de 1,000 toneladas semanalmente. (259) Este fué el principio para la instalación comercial del proceso de contacto. Los primeros intentos fueron realizados por la firma "Emil Jacob" en la fábrica de Kreuznach, donde se producía gas sulfuroso a partir de azufre. (260) También en Alemania, la "Badische Anilin-und Soda Fabrick" - - (B.A.S.F.), condujo extensivas investigaciones del proceso de contacto. En 1901, publicó por medio de R. Knietch a la "Deutsche Chemischen Gesellschaft", algunos de los resultados de estos trabajos. Se estudió el comportamiento del platino y otros catalizadores bajo condiciones variadas de temperatura y rela--

(257) Frank, Greenaway. Op. cit. pag. 517.

(258) Kirk & Othmer. Op. cit. pag. 836.

(259) Trevor Williams. A History of Technology. Op.cit. pag. 247

(260) Kirk & Othmer. Op. cit. pag. 838.

ciones distintas del flujo de reactantes, así como el envenenamiento del catalizador por los derivados de la pirita, principalmente el dióxido de azufre. (261) La firma alemana "Verein Chemischer Fabriken" en Mannheim investigó los catalizadores de óxido de hierro. La patente de 1898. describió la técnica del proceso Mannheim el cual se llevaba a cabo en dos etapas. La primera etapa de conversión, utilizaba una columna con relleno de óxido férrico y la segunda etapa con platino. (262)

El proceso de Schöder y Grillo, desarrollado a principios de siglo, usaba como catalizador platino impregnado con sulfato de magnesio. Este proceso se puso en operación en Alemania y Estados Unidos por la "Tentelov Chemical Company" de San Petesburgo, en el cual el dióxido de azufre era precalentado y el catalizador era colocado en el convertidor en varias secciones. Para 1911, veinticuatro plantas del tipo Tentelov se encontraban en operación. (263) El primer catalizador de vanadio para este proceso, fué patentado por el Alemán Ede Haen en 1900 y la B.A.S.F. le dió uso comercial en 1915. (264)

El proceso de contacto se extendió por varios países de Europa y América y comenzó a entrar en competencia con el proceso de las cámaras de plomo y cinco años más tarde cambió al pro

(261) Frank, Greenaway. Op. cit. pag. 517.

(262) Kirk & Othmer. Op. cit. pag. 817.

(263) Frank, Greenaway. Op. cit. pag. 518.

(264) Ibidem. pag. 518.

ceso de contacto. (265)

La siguiente tabla presenta el consumo de ácido sulfúrico por la industria de los fertilizantes en los Estados Unidos.

TABLA No. 7

ANO	TUNELADAS
1930	2'477,000
1931	1'455,000
1932	780,000
1933	1'200,000
1934	1'450,000

FUENTE: Charles J. Brand. Recovery in the fertilizer industry. Ind. & Eng. Chem. Vol. 27 No. 4. 1935. pag. 374.

ACIDOS EN MEXICO

Hablar de la industria de ácidos en nuestro país resulta aventurado ya que no existe suficiente información sobre su desenvolvimiento. Sin embargo, el objetivo de este apartado es dar a conocer la evolución de esta industria, en forma general para ácido nítrico y ácido clorhídrico; por ser los ácidos inorgánicos más importantes dentro de la industria.

(265) J. A. de Cw. The Developments of Chemical Industry in Canada. AICHE. 1910. pag. 254-267.

Con la conquista, la Nueva España contó con hombres de - intelecto que proporcionaron los medios para que la colonia se desarrollara satisfactoriamente. El interés de los primeros co - lonizadores, fué la explotación de metales preciosos como oro y plata. Al igual que en Europa, surgió la necesidad de separar al oro de la plata y buscar sustancias que hicieron posible ésto. Así, se encontró que el ácido nítrico servía para este pro - pósito. El ácido nítrico se obtenía en un principio por medio de la destilación de caparrosa y salitre en recipientes de vi - drio, procedimiento similar al utilizado por Geber cuatro si - glos atrás. Durante el siglo XVI, Alvaro López originario de - Don Benito, España, parece ser el primero en atribuírsele la fa - bricación de "agua fuerte", junto con el flamenco Gregorio Mi - guel en distintas localidades. (266)

El primero en fabricar "agua fuerte" a mayor escala, se asegura que fué Cristóbal Miguel, hermano de Gregorio, además de enseñar la separación de oro y plata y de buscar minas de ca - parrosa en San Luis y Campostela. (267)

En 1580 Juan y Guillermo Enríquez, establecieron en la - capital y en Zumpango de la Laguna fábricas de "agua fuerte". - Preparaban también el soliman o sublimado corrosivo con el mer -

(266) Modesto Bargalló. La Química en México. Ed. U.N.A.M. Méxi - co 1966. pag. 97.

(267) Ibidem. pag. 97.

Con la conquista, la Nueva España contó con hombres de - intelecto que proporcionaron los medios para que la colonia se desarrollara satisfactoriamente. El interés de los primeros colonizadores, fué la explotación de metales preciosos como oro y plata. Al igual que en Europa, surgió la necesidad de separar al oro de la plata y buscar sustancias que hicieron posible esto. Así, se encontró que el ácido nítrico servía para este propósito. El ácido nítrico se obtenía en un principio por medio de la destilación de caparrosa y salitre en recipientes de vidrio, procedimiento similar al utilizado por Geber cuatro siglos atrás. Durante el siglo XVI, Alvaro López originario de Don Benito, España, parece ser el primero en atribuírsele la fabricación de "agua fuerte", junto con el flamenco Gregorio Miguel en distintas localidades. (266)

El primero en fabricar "agua fuerte" a mayor escala, se asegura que fué Cristóbal Miguel, hermano de Gregorio, además de enseñar la separación de oro y plata y de buscar minas de caparrosa en San Luis y Campostela. (267)

En 1580 Juan y Guillermo Enríquez, establecieron en la capital y en Zumpango de la Laguna fábricas de "agua fuerte". Preparaban también el soliman o sublimado corrosivo con el mer-

(266) Modesto Bargalló. La Química en México. Ed. U.N.A.M. México 1966. pag. 97.

(267) Ibidem. pag. 97.

curio enviado de las minas de Almaden. Pedro Arauz, preparaba "Agua fuerte" en Clahuacán, junto a la capital. (268,269)

En 1558 a Gaspar Lomán, se le otorgó el privilegio para la fabricación del agua fuerte por seis años. Su procedimiento consistía en "sacar agua fuerte en vasos de barro sin redomas - de vidrio para apartar con ella el oro de la plata" y lo fabricaba de forma más económica. La ventaja que ofrecía este proceso era que no empleaba envases de vidrio ya que éstos eran traídos de España; por ser esta industria nula en el país. (270)

La industria del ácido nítrico, en este periodo, jugó un papel de importancia al ser de gran utilidad en la separación - del oro de la plata y que permitió las grandes exportaciones de estos metales y colocar a la Nueva España como una de las colonias más ricas del mundo. A pesar de esto la industria del ácido nítrico estaba intervenida por la Real Hacienda al igual que el salitre, la pólvora y el mercurio; elementos indispensables en la explotación y beneficio de los minerales. (271).

Por casi dos siglos, la situación de la industria de los ácidos permaneció en la obscuridad y no es hasta el año de 1791 con la expedición Malaspina, donde Antonio de Pineda describe -

(269) Elías Trabulce. La Historia de ... Op. cit. pag. 412-413.

(270) Modesto Bargalló, Op. cit. pag. 98.

(271) Ibidem. pag. 133.

la inmensa riqueza de la Nueva España. Pineda, visita la Casa del Apartado, donde se llevaba a cabo el apartado del oro, de la plata, se fabricaba vidrio y se producía agua fuerte. El -- agua fuerte alcanzó una producción anual de 15,000 libras y su obtención era a partir de salitre y caparrosa. Ambos ingredien-- tes eran previamente molidos y se colocaban en retortas de vi-- drio, las que se llenaban hasta las dos terceras partes de su - capacidad. En los hornos se producía además ácido sulfúrico o vitriolo proveniente de la caparrosa. Pineda describe este pro-- cedimiento de la siguiente manera:

"... abriéndose los poros de aquellos cuerpos en que tiene más afinidad el ácido sulfúrico con la base alcalina del nitro se une con ella, y así el gas nitroso combinado con dicha sustancia, se desprende, y va a parar a las retor-- tas o recipientes colocados exteriormente... Como el áci-- do nitroso que se obtiene de este modo contiene algo de -- ácido muriático por la sal marina que lleva el nitro, le purifican echándole solución de plata en la misma agua -- fuerte..." (272)

Antonio Pineda hace mención de la producción de los tres ácidos en la oficina del Apartado, primero el ácido sulfúrico, luego el ácido nítrico y después el ácido clorhídrico; todos -- ellos provenientes de los minerales o sales en el beneficio de la plata.

En 1803, la Nueva España recibe la visita de uno de los personajes más cultos y elocuentes de la época, Alejandro de --

(272) Virginia González Claveran. Op. cit. pag. 205.

Humboldt, quien describe detalladamente la preparación de ácido nítrico en la Casa del Apartado.

"El ácido nítrico de que se sirven para el Apartado, se hace descomponiendo salitre bruto por medio de una tierra vitriólica llamada colpa, que contiene una composición de -- alumina, de sulfato de hierro y de óxido de hierro rojo... en cada retorta se ponen ocho libras de colpa y otras tantas de nitrato de potasa sin purificar; la destilación dura de 34 a 40 horas. Los hornos son redondos y no tienen rejillas. El ácido muriático (HCl) que resulta de la descomposición del salitre sobrecargado de muriato, que se -- quita con nitrato de plata... si se tiene presente que --- allí se purifica una cantidad de ácido nítrico suficiente para hacer el apartado de siete mil marcos de oro al año".
(273)

Humboldt sugiere además "No hay duda en que para la destilación del agua fuerte sería más provechoso emplear salitre refinado en lugar de primera conchura". (274) En el apartado -- del oro de la plata, procedimiento llevado a cabo en recipientes de vidrio, al ser calentadas las retortas en una serie de -- hornos, en la destilación del nitrato se vuelve a obtener ácido nítrico en un hornillo. Esta operación duraba de 84 a 90 horas. (275)

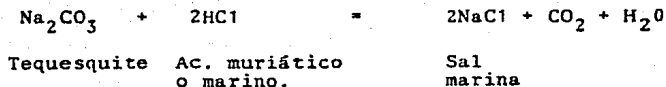
Es importante mencionar que el ácido clorhídrico se conoció desde el momento en que apareció el beneficio de los minerales de plata, este ácido se empleaba en la operación cuando la

(273) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 460.

(274) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 460.

(275) Ibidem. pag. 460.

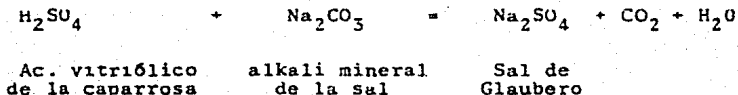
plata era amalgamada. La explicación de la acción del ácido clorhídrico se debió a las aportaciones realizadas por Federico Sonneschmidt, quien a través de sus trabajos da a conocer algunos procesos químicos tal es el caso de la obra titulada "Tratado de Amalgamación". Además da una extensa explicación de reacciones químicas que ocurren en esta operación de beneficio, procedencia de las sustancias empleadas y la teoría de afinidad. - Así, dice que la sal común o marina es una sal neutra, constituida del ácido muriático o marino, alkali mineral (tequesquite) y un cierto porcentaje de agua. El magistral, lo registra como un mineral amarillo de cobre o pirita cobriza, que después de molido y reververado contiene "vitriolo cobrizo" y a veces "vitriolo marcial" (estos llamados sulfatos), los cuales producen la sensación de quemar cuando son humedecidos; debido a la actividad que tiene el "ácido vitriólico" (H_2SO_4) en contacto con agua. (276) Además, agrega que la utilización del ácido clorhídrico es un elemento de vital importancia, ya que es el único que puede "sacar la plata", pero como es de alto costo y difícil de obtenerse utiliza su sal correspondiente la sal marina. (277) La formación de esta sal se puede ejemplificar mediante la siguiente reacción:



(276) Elías Trabulse. Op. cit. pag. 408.

(277) Ibidem. pag. 413.

Sonneschmidt menciona que el alkali mineral tiene atrapa-
do al ácido y que esta unión es difícil de romper. Además ex-
plica la intervención del ácido vitriólico ya que al tener --
afinidad por el tequesquite reacciona con él y deja libre al --
ácido para que reaccione y actúe en el beneficio. El ácido vi-
triólico se debía agregar en combinación con otras sustancias -
al sugerir que resultan más económicas las alcaparrosas o capa-
rrosas y se puede obtener por medio de esta operación la sal de
Glaubero descubierta en el siglo XVI. (278) La siguiente reac-
ción explica este proceso:



La industria de los ácidos, comenzó a tener un enfoque di-
ferente al surgir la necesidad de contar con una de mayor produc-
ción. Esto fué posible gracias a Lucas Alamán, hombre de vasta
cultura y de posición social estable por ser sus padres mineros
prominentes en las minas de Guanajuato. Sus conocimientos abar-
caban la química, la mineralogía y la política en general. En -
sus viajes por Europa conoció a Humboldt. mientras se encontra-
ba en París, recibe la noticia de Bustillos, en cuyo poder esta-
ban los intereses de su familia, de la quiebra de su empresa y -

(278) Elías Trabulse. Ibidem. pag. 415.

la salvación de la ruina de las minas de Guanajuato, situación que provocó el planteamiento de un método de apartado de oro y plata por Alamán para establecerlo en México, por medio de ácido sulfúrico en lugar de ácido nítrico; por ser el primero de mayor abundancia tanto en Inglaterra como en Francia. (279) Para realizar sus planes se traslada a Madrid, para solicitar al gobierno se le permitiese establecer por su cuenta este método. Apoyó sus peticiones en los servicios ofrecidos por su familia a favor de la minería. Así en París, adquiere profundos conocimientos en el citado método y bien provisto de ácido sulfúrico y crisoles embarca hacia México. Llegó a la patria en febrero de 1820. (280)

Más tarde, debido a sus trabajos encaminados al fomento industrial es nombrado, en diciembre de 1842 tres meses después de haberse acordado por Santa Anna la extinción del Banco de Avío, presidente de la Dirección General de Industrias. (281) En este cargo Lucas Alamán narra en su memoria de 1842 como establece la primera fábrica de ácido sulfúrico en el país, con la tecnología utilizada en Europa en esa época: "Yo establecí la primera cámara de plomo que hubo para fabricarlo, cuando en el año de 1826 formé el apartado del Campo Florido, pertenecien

(279) Lucas Alamán. Historia de México. Ed. Jus. México 1945. - pag. XVI.

(280) Ibidem. pag. XVIÏ.

(281) Agustín Cue Canovas. La Industria en México. Op. cit. --- pag. 58.

te a la compañía unida de minas que dirigió y fundó en Europa...".
(282)

Además, propone al supremo gobierno se suspenda el estanco de las materias primas para producirlo como el azufre y el sa litre. Con esta primera fábrica, se abate de alguna manera su costo, ya que antes eran las boticas las únicas que vendían el ácido sulfúrico hasta tres veces más y con esto se amplió su uso; comenzó a utilizarse en tintes, curtidos, textil, etc. (283)

Alamán,* pronuncia una idea que en la actualidad manejamos "... el mejor barómetro para medir el estado de los adelantos de una nación en las artes, es saber el consumo que se hace de este ácido $\{H_2SO_4\}$ y el precio a que se vende". (284)

A pesar de lo expresado por Alamán, en su primer año al frente de la Dirección General de Industrias, el gobierno ignoró los señalamientos y por tanto el problema del estanco quedó sin resolución; el azufre y el ácido sulfúrico se vendió a precios elevados.

Alamán en su memoria de 1844, hace de nueva cuenta énfasis

(282) Lucas Alamán. Memoria sobre el Estado... México 1843. Op. cit. pag. 27.

(283) Ibidem. pag. 27.

(* El pensamiento de Alamán tiene también vigencia hoy como entonces.

(284) Ibidem. pag. 28.

sis en lo perjudicial que resulta el estar estancadas las materias primas básicas para la fabricación del ácido sulfúrico. -- Menciona el monopolio por parte de la Casa del Apartado, ya que era la única planta productora en gran escala y donde podía adquirirse. Presenta como analogía la elaboración de la pólvora, que presenta los mismos obstáculos por tener estancadas las mismas materias primas y argumentaba de no ser de utilidad al pueblo en general, pero sí a las personas que laboraban las minas. En esta memoria da a conocer la petición elaborada por la Junta General de Apoderados en los siguientes términos: "... acordando unánimemente se suplicase al gobierno supremo que sirviese - iniciar una ley para la libertad de estos ingredientes, y que - entre tanto se obtiene, se den a los fabricantes éstos y el ácido sulfúrico por su costo". (285) Agregaba "Es tan grande el uso que las artes hacen de este ácido, que su precio influye mucho en el de los productos de aquellas y ahora es tanto más necesario que sea muy moderado, cuanto que los talleres de blanquimiento, tintes y pintados que se han establecido con buen -- éxito requieren para progresar y sostener la competencia con -- los efectos extranjeros, poder vender más baratos sus productos, siendo éste el medio de dar salida a los tejidos de algodón que por su cantidad no tiene ya fácil expendio". (286)

(285) Lucas Alamán. Memoria sobre el Estado... México 1845. Op. cit. pag. 26.

(286) Ibidem. pag. 27.

Lucas Alamán, a través de sus escritos trató de ayudar al fomento de las ramas industriales existentes en el país como la minería, la industria textil, los colorantes, la agricultura, -- etc., al exponer la interconexión de todas estas industrias y -- notaba la falta de coordinación que las combinara. Tal vez, es to se debió a la inestabilidad que sufrió el país durante el si glo XIX; los levantamientos continuos y los cambios de poder, -- fenómenos que frenaron casi en su totalidad el desarrollo indus trial del país y que además, no le permitió ser una nación com petitiva con las del resto del mundo.

Dentro de las mercancías de importación, los ácidos ocu paron un lugar sobresaliente, así lo demuestra la estadística - del quinquenio del 1o. de enero de 1834 al 31 de diciembre de - 1838, tomada del informe que publicó el Coronel Miguel M. Azcá rate, comandante del resguardo de esta capital. (Ver cuadro 10)

CUADRO No. 10

56 cajas de aceite de - vitriolo.	225 Libras de ingredientes químicos.
7 Cajas de ácido sulfú rico.	70 Cajas de fierro.
28 Cajas de ácido nítri co.	1884 Cajas de loza.
163 Cajas de agua fuerte	35 Cajas de vias de fierro
1642 Frascos de azogue	538 Bultos de pintura
55 Cajas de fierro	2 Cajas de potasa
29 Tercios de cera vir gen.	52 Cajas de polvos para -- blanquear.

15 Bultos de cohetes	362 Cajas de seda cruda.
1084 Cajas de esperma.	79 Cajas de seda torcida.
838 Fierros de planchar.	5 Bultos de fierro.
29695 Bultos de fierro	121 Cajas de tinta.
27 Cajas de fósforo	29 Cajas de tintura.
684 Frascos vacíos de azogue.	339 Bultos de zinc.
8552 Garrafrones.	7 Cajas de sosa.
17 Cajas de grasa para curtir.	

FUENTE: M. Lerdo de Tejada. Comercio Exterior de México. Nu. 44 Banco Nacional de Comercio Exterior, S.A. México 1967. Ed. Original 1853. Cuadros 45-46.

Leopoldo Río de la Loza y la Relación con la Industria de los Acidos.

De los establecimientos de mayor importancia que surgieron en la década de los 1820's para la elaboración de productos químicos, fué quizá la de Mariano Río de la Loza, ubicado en el número 7 de la calle del Apartado. Esta pequeña fábrica abastecía de diversas sustancias a la Casa de Moneda. (287) En esta fábrica laboraba su hijo Leopoldo Río de la Loza, que más tarde se convertiría en uno de los científicos sobresalientes de nuestro país. En 1815, durante la preparación de sublimado corrosi

(287) José G. Lobato. Gaceta Médica de México. Tomo XI. No. 10 - Mayo 1945. pag. 398.

vo (Hg_2Cl_2), ocurrió una explosión de fatales consecuencias, -- donde falleció el Sr. Mariano y resultó gravemente herido Leopoldo. Sin embargo, la familia continuó con este negocio. (288)

Leopoldo Río de la Loza, ingresó al Colegio de San Idelfonso y al de Minería en 1820, tomó sus primeras lecciones de química bajo la dirección del profesor Manuel Coteró. En 1827, obtuvo el grado de Cirujano y en 1833 el de Médico y Farmacéutico. Fué inspector de boticas y medicinas (1835) y de establecimientos industriales (1838). (289, 290)

Río de la Loza, publicó numerosos escritos relacionados con las ramas científicas como química, farmacopea, medicina, -- química orgánica, química agrícola, etc. Algunos de estos escritos fueron recopilados por el farmacéutico Juan Manuel Noriega. De los documentos más interesantes con respecto a los ácidos es el denominado "Azufre y Salitre", donde hace énfasis en el estando en que se encuentran estos materiales:

"... pareciera bien extraño ocuparse en un periódico de medicina de los perjuicios que ocasiona el estanco del salitre y del azufre. Más si se atiende a que tal prohibición sirve de demora a la enseñanza y progreso de una de las -- ciencias auxiliares de la medicina a que son indispensables, para la preparación de muchos medicamentos de uso común... Nada de esto es compatible con el subsidio precio -

(288) Diccionario Porrúa. Tomo II. México 1970. pag. 1765.

(289) José G. Lobato. Op: cit. pag. 398.

(290) Enciclopedia de México. Vol. II. México 1978. pag. 270.

de los ácidos para cuya preparación son indispensables aquellas materias y tales compuestos han de valer mucho mientras subsista el estanco peligroso, cuyo único apoyo ha sido el infundado concepto de que favorece al erario...".(291)

Al igual que Lucas Alamán, Rfo de la Loza remarca la importancia de suprimir los estancos de estos materiales tan útiles para la industria, pero desgraciadamente estas sugerencias quedaron en proyectos. De los años de 1835 a 1870, Rfo de la Loza, fué nombrado catedrático de química en diversas instituciones del país. En la rama industrial, con suficiente capital estableció junto con el Sr. Bustillos una oficina farmacéutica a imitación de las europeas. Además, erigió una planta de ácido sulfúrico en Tlascoaque, como lo menciona José Lobato en su escrito: En Tlascoaque fundó una fábrica de ácidos, montando -- una cámara de plomo... para fabricar ácido sulfúrico, todo con el correspondiente servicio de hornos y hornillos, retortas y -- además utensilios para la extracción de otros ácidos, y la preparación de todo género de éteres".(292)

En 1876, fallece este notable personaje, quien inició -- una de las etapas de industrialización de México. A su muerte la fábrica de ácidos pasó a manos de inversionistas alemanes, -- en el año de 1885, que se convertiría más tarde, en la fábrica

(291) Juan Manuel Noriega. Escritos de Leopoldo Rfo de la Loza. México 1911. pag. 111.

(292) José Lobato. Op. cit. pag. 409.

de "Acidos la Viga", que producía con otra pequeña fábrica la cantidad de 160 toneladas anuales de ácido sulfúrico. Además, fabricaba pequeñas cantidades de ácido clorhídrico, ácido nítrico y algunas sustancias fosfatadas. (293)

Al parecer, el consumo interno de ácido sulfúrico, a finales del siglo XIX, era cubierto por lo proporcionado por las dos fábricas, pero existía la necesidad de importar los demás ácidos, así, lo demuestran las estadísticas de la época. (tabla 8 y tabla 9).

TABLA No. 8

IMPORTACION DE ACIDO CLORHIDRICO, SULFURICO Y SULFUROSO

PERIODO	CANTIDAD (KG)	VALOR (PESOS)
1892-1893	408,575	13,564
1893-1894	522,141	19,373
1894-1895	449,544	12,184
1895-1896	547,367	13,792
1896-1897	470,298	15,161

FUENTE: Anuario Estadístico de la República Mexicana. Importación Habida por las Aduanas de la República. Años 1893-1897. Num. 1-5. pag. 208, 448, 100, 96, 138.

TABLA No. 9

IMPORTACION DE ACIDO CLORHIDRICO Y SULFUROSO (1888-1911)

AÑOS	CANTIDAD (KG)	VALOR (PESOS)	AÑOS	CANTIDAD (KG)	VALOR (PESOS)
1888-89	655,772	27,893	1900-01	613,955	41,538
1889-90	643,779	27,035	1901-02	679,016	54,407
1890-91			1902-03	624,144	59,473
1891-92			1903-04	813,301	69,986
1892-93	408,575	20,549	1904-05	924,234	71,730
1893-94	3'295,954	184,039	1905-06	555,990	74,858
1894-95	449,544	23,893	1906-07	579,986	60,785
1895-96	547,367	25,543	1907-08	547,049	86,668
1896-97	470,298	29,731	1908-09		
1897-98	429,618	51,664	1909-10	532,114	81,049
1898-99	589,386	38,823	1910-11	645,973	109,572
1899-1900	626,402	42,766			

FUENTE: Estadísticas Económicas del Porfiriato. Comercio Exterior de México 1877-1911. Colegio de México. México --- 1960. Vol. I. pag. 266.

Los Acidos en el Siglo XX.

Para fines del siglo XIX, se registraron en el Archivo - General de la Nación (A.G.N.) algunos telegramas donde se piden datos acerca de la producción de ácido sulfúrico y además un informe elaborado pro el Sr. Carlos Gris sobre el ácido nítrico -

(294,295). En la época del porfiriato, se mantuvo la importancia de las droguerías en donde se laboraban diversos productos químicos. De las droguerías de mayor impacto figuraban la "Droguería de la Palma", ubicada en la calle de la Profesa No. 4. Esta se comparó con la fábrica de la Viga, así lo demuestran -- las declaraciones de Ramón S.U. Araluce "La importancia de esta droguería es indiscutible, si se visitan los almacenes de la calle de la Profesa, se afirma mucho cuando más se conoce la fábrica de ácidos y productos químicos situada en la Viga y que lleva su nombre. Entonces sí, puede formarse una idea del fuerte capital empleado por los señores Carlos Félix y Cía., y de su espíritu de empresa al que se debe esta acreditada negociación".

(296)

El nombre de Félix, estuvo ligado a la etapa porfirista, por ser una de las firmas en productos químicos más importantes y que fué la base para la creación de la empresa Beick Félix & Cía., que en el siglo XX inició la producción de fertilizantes y dió la pauta para la formación de nuevas plantas para producir ácido sulfúrico.

En el período revolucionario (1910-1921), la industria -

(294) Industrias Nuevas. Fomento y Obras Públicas. México 1887. (A.G.N.).

(295) Ibidem. México 1896. (A.G.N.).

(296) Ramón de S.U. Araluce. Gufa General Descriptiva de la República Mexicana. México 1899.

de los ácidos no tuvo el auge que se esperaba, debido tal vez, a la lucha civil en que se vió envuelto el país, así lo declara el profesor Carlos F. de Landero: "Existe en nuestro país esta industria, en lo que toca al ácido desde hace más de medio siglo, pero en lugar de progresar, se mantuvo estacionaria y en las últimas décadas en decremento...". (297)

Sin embargo, la Compañía Beick, Félix se consideró como la empresa más importante al término de la Revolución Mexicana, debido a la importación y comercialización de sustancias químicas. (298) Mientras tanto, en 1900 los Estados Unidos producían 1'548,123 ton/año y para 1905 ascendía a 1'869,437. En 1917 exportaban 486 toneladas de ácido nítrico por año. (299,300)

El retraso de la industria de los ácidos en el país, con respecto a otras naciones, frenó en gran medida el desarrollo de otras ramas industriales que permitieran alcanzar a México un nivel competitivo. Este retraso tecnológico se debió a varios factores por los que el país atravesó, tal es el caso de la lucha de Independencia, las intervenciones extranjeras, las

(297) Carlos F. Landero. Sociedad Científica Mexicana. "Antonio Alzate". Consideraciones sobre industrias químicas que podían implantarse en México. Tomo 37. Junio 1920. pág. 173.

(299) Charles E. Munroe. AICHE. Vol. II. 1909. pag. 84-105.

(300) E. Kilburn. *Ind. Chem. & Met. Eng.* 25 Sept. 1918. pag. 411-14.

rebeliones en el territorio mexicano, la Revolución, educación a los mejores niveles y de los más importantes, la mala administración de los gobiernos y de la nación.

Es al término de la Revolución Mexicana, cuando el país tiene la necesidad de industrializarse y surgen diversas empresas para este propósito. Así, en la década de los 1920's, la industria de los ácidos registra las primeras fábricas productoras y que paulatinamente fortalecen la industria química básica del país. La tabla No. 10 muestra las distintas empresas que se establecieron con sus años respectivos de arranque, proceso y producción hasta mediados de este siglo.

TABLA No. 10

PLANTAS DE ACIDO SULFURICO (1925-1951)

AÑO DE INICIO	NOMBRE	MATERIA PRIMERA EMPLEADA	SISTEMA	CATALIZADOR	PRODUCCION TON/DIA
1924	Compañía Mexicana de Petróleo "El Aguila" PEMEX. Minatitlán	Azufre	Schroeder-Grillo.	Platino	20
1924	Compañía Nacional de Explosivos.				
1925	Beick, Félix y Cía. "La Viga"	Azufre	Chemico	Vanadio	20
1926	Mexican Zinc Co. S.A.	Gases de tostación de minerales sulfurosos.	Monsanto	Vanadio	45
1926	Segunda planta de Petróleos "El Aguila" PEMEX. Cd. Madero	Azufre	Schroeder-Grillo.	Platino	30
1929	Hard Chemical Works.				
1943	Fábrica Nacional de Explosivos y Productos Químicos.	Azufre	Monsanto	Vanadio	
1947	Acidos Asarco, S.A.	Gases de tostación de minerales sulfurosos.	Chemico	Vanadio	
1948	Soller, S.A.	Azufre	Monsanto	Vanadio	
1951	Guanos y Fertilizantes de México.	Azufre.	Chemico	Vanadio	
1951	Nitrógeno, S.A.	Azufre	Chemico	Vanadio	

FUENTE: Manuel Oscar Becerril. Fabricación de Acido Sulfúrico. Banco de México, S.A. 1951. pag. 2, 3, 4, 14.

En las siguientes tablas, se muestra el proceso evolutivo de la industria de los ácidos durante el siglo XX en el país en los renglones de importación y producción.

TABLA No. 11

IMPORTACION DE VARIOS ACIDOS POR MEXICO (1925-1929)

ACIDO SULFURICO

AÑO	CANTIDAD (TON)	VALOR (\$)	VALOR UNITARIO (S/TON)	CANT.	VALOR	%
1925	1,723.419	127,022	73.70	1,723.419	127,022	
1926	3,429.775	267,398	77.96	5,153.194	394,420	99
1927	767.762	95,824	124.8	5,920.956	490,244	(77)
1928	1,266.724	116,778	92.18	7,187.680	607,022	65
1929	871.641	74,487	85.45	8,059.321	681,509	(31)

ACIDO CLORHIDRICO, ACIDO CARBONICO Y ACIDO SULFUROSO

AÑO	CANTIDAD (TON)	VALOR (\$)	VALOR UNITARIO (S/TON)	CANT.	VALOR	%
1925	1,347.567	164,512	122.080	1,347.567	164,512	
1926	1,045.946	227,331	217.34	2,393.513	291,843	(22.4)
1927	902.908	232,606	257.61	3,296.421	624,449	(13.67)
1928	572.449	144,236	251.96	3,868.87	768,685	(36.6)
1929	348.991	77,397	221.77	4,217.816	846,082	(39.3)

ACIDO NITRICO

AÑO	CANTIDAD (TON)	VALOR (\$)	VALOR UNITARIO (S/TON)	CANT.	VALOR	%
1925	151.68	39,849	262.71	151.68	39,849	
1926	126.818	32,288	254.60	278.498	72,137	(16.4)
1927	89.904	30,542	339.71	368.402	102,679	(29.1)
1928	101.595	39,346	389.28	469.997	142,025	13.0
1929	123.072	29,309	238.14	593.069		21.13

FUENTE: Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. D.G.E. Secretaría de la Economía. S.P.P. pag. 374.

TABLA No. 12

IMPORTACIONES DE ACIDO SULFURICO (1939-1950)

AÑO	CANTIDAD (TON)	VALOR (PESOS)
1939	44	27,056
1940	287	50,405
1941	633	96,958
1942	47	34,714
1943	128	34,429
1944	151	58,381
1945	96	40,932
1946	225	89,457
1947	201	89,283
1948 X	223	171,384
1949 X	280	211,863
1950	601	587,713

FUENTE: Fabricación de Acido Sulfúrico. Anuario de Comercio Exterior. México 1951. pag. 52.
X Incluye ácido bórico.

TABLA No. 13

PRODUCCIONES DE ACIDO SULFURICO (1935-1950)

ANOS	CANTIDAD (TON)
1935	12,564
1936	14,458
1937	16,372
1938	13,379
1939	12,602
1947	33,365
1948	36,167
1949	30,011
1950	43,374

FUENTE: Manuel Oscar Becerril. Fabricación de Acido Sulfúrico.- Banco de México, S.A. México 1951. pag. 48-49.

TABLA No. 14

CAPACIDAD DE PRODUCCION DE ACIDO SULFURICO (TON. METRICAS)

ANOS	CAPACIDAD DE PRODUCCION (1)	PRODUCCION (2)	CAPACIDAD DE PRODUCCION APROVECHADA 1/2/1
1950	63,145	43,374	68.7
1951	128,845	56,667	44.0
1952	136,145	92,208	67.7
1953	119,650	102,503	85.7
1954	126,850	109,962	86.7
1955	161,200	124,887	77.5

FUENTE: Mercado de Valores. Año XVI. No. 28. Julio 1956. pág. -- 329.

CAPITULO VI

ALCALIS

CAPITULO VI

ALCALIS

ANTECEDENTES.

Como resultado de la Revolución Industrial surgieron diversas industrias que reclamaban una gran cantidad de productos químicos, dentro de los cuales, los compuestos alcalinos ocuparon un lugar predominante. A mediados del siglo XVIII, la nascente industria textil requería de las operaciones de blanqueo y lavado; los álcalis eran materiales indispensables para este propósito. Así también, las industrias del jabón y del vidrio, utilizaban estos productos. Es a partir de este momento cuando resultó imposible satisfacer la demanda de álcalis, que para entonces era considerable solamente con las fuentes naturales, como se había efectuado desde tiempos antiguos. (301)

La sosa natural (NO_2CO_3) se extraía de algunas plantas -- que se desarrollaban en las orillas del mar y que toman del medio salino, sales de sodio tales como: cloruros, acetados, tartas, malatos, oxalatos, etc. Estas plantas pertenecen sobre todo a géneros *salsola* y *salicornia*. Se utilizan también para el

(301) Derry-Williams. Op. cit. pag. 775.

mismo propósito, algas oscuras conocidas con el nombre de varechs o focus (302). En el cuadro No. 11 se muestran las principales fuentes naturales de sosa.

CUADRO No. 11

LUGAR DE ORIGEN	NOMBRE COMERCIAL	% DE SOSA
Costa Sur de España (Alicante, Málaga)	Barilla	25-30
Francia (Cherbourg)	Bourdina	20-25
(Mortes)	Vareca	3-8
(Narbonne)	Salicornia	14-15
Escocia	Kelp	10-15

FUENTE: T.P. Hou. Manufacture of Soda. 2th. edition Publishing - Co. N.Y.

El nombre de kali, fué aplicado por los árabes a todas -- las plantas que por medio de una combustión producen sosa o potasas. Al-kali, nombre árabe de este producto, ha pasado a nuestra lengua con el mismo significado. (303) Otra fuente importante de sosa natural, es el patrón conocido desde la antigüedad. - Este material se presenta en ciertos lagos; principalmente en -- Egipto al oeste de la delta del Nilo. Los lagos egipcios de na-

(302) Pequeña Enciclopedia de Química Industrial. Vol. 3. Sosa - y Potasa. Madrid. sin año. pag. 7.

(303) Pequeña Enciclopedia... Op. cit. pag. 8.

trón, son depresiones cuyo fondo está seco una gran parte del año. Es en invierno cuando se llenan de agua para adquirir una coloración rojo-violeta, que se evapora y deja un depósito de natrón para después separarlo por medios mecánicos. El contenido de carbonato de sodio en el natrón varía considerablemente; depende del lugar de donde se extrae. Por ejemplo, el de Hungría contiene 90%, el de Alejandría 23%, el de Egipto de 32 a 75%, etc. (304) El natrón es equivalente del tequesquite mexicano -- del cual hablaremos posteriormente.

Un método alternativo para la obtención de álcalis, fueron las cenizas de madera, que por medio de una lixiviación y evaporación se obtenía la potasa o carbón de potasio. En Canadá la venta de potasa era el único medio por el cual conseguían sus ingresos los primeros colonos. En 1820, existían aproximadamente 1,500 barcos dedicados a este comercio y para 1831, Canadá exportaba 35,000 toneladas anuales de potasa normal y purificada a Gran Bretaña. (305)

El procedimiento de extracción consistía en la solubilización de las cenizas en agua, se filtraban a través de paja y el extracto se evaporaba a sequedad. Para fabricar la variedad más purificada, el producto bruto se calcinaba en un horno de reverbero. Aunque hubo algunos intentos para la fabricación de sosa

(304) Ibidem. pag. 9.

(305) Derry-Williams. Op. cit. pag. 777.

artificial, las cenizas de plantas se constituyeron como la fuente más importante de potasa hasta el año de 1860, al comenzar la explotación de los vastos yacimientos de sales de potasio de - - Stassfurt, al sur de Magdeburgo, Alemania. (306) Ya para esta -- época, era totalmente indispensable el desarrollo de un proceso para la producción de sosa artificial; el método de obtención de sosa natural, además de ser muy lento, resultaba de alto costo. Los ensayos para la fabricación de sosa artificial, datan de --- años atrás. Desde el año de 1777, un Benedictino P. Malherbe, - propuso la reacción de la sal marina, base del procedimiento, pa ra transformarla en el sulfato correspondiente por la acción del ácido sulfúrico; del sulfato fundido con fierro y carbón resulta ba una mezcla de sulfuro y carbonato sódico, de donde podía ex-- traerse este último por lixiviación. El inconveniente principal era la cantidad de sulfuro obtenido al final del proceso, muy su perior al de carbonato de sodio y no se encontró la manera de -- disminuir el sulfuro, razón por la cual este método no resultó - práctico. (307)

En el año de 1775 la Academia de Ciencias Francesas, ofre ció un premio de 100,000 francos por un método satisfactorio pa ra fabricar sosa a partir de sal común.

(306) Derry-Williams. Op. cit. pag. 779.

(307) Pequeña Enciclopedia de Química Industrial. Vol. I. Op. - cit. pag. 21.

Proceso Leblanc.

Nicolás Leblanc (1742-1806), se basó en el procedimiento de Malherbe y logró de éste un nuevo diseño que consistía en la expulsión de una corriente de dióxido de carbono del azufre del sulfuro, transformado en ácido sulfhídrico y encontró que el sulfuro suministraba el cambio a carbonato. Esta situación tan especial, fué una revelación para Leblanc, quien dedicó sus esfuerzos para las investigaciones al respecto.

El anhídrido carbónico gaseoso no podía obtenerse para este proceso, sino mediante la calcinación de un carbonato. Una mezcla de creta (CaCO_3), carbón y sulfato de sodio no dió resultado. Al recurrir a la vía seca y fundir parte del sulfuro, producto difícil de eliminar con carbón y creta, el resultado fué satisfactorio y la cantidad de sulfuro residual fue mucho menor y mayor la producción de carbonato sódico. (308) Los primeros cristales de carbonato sódico se obtuvieron por este modelo en 1790. También para esta época el químico alemán Segismundo Margraff (1709-1780), pudo distinguir la sosa de la potasa y demostrar lo que Duhamel había supuesto; que el álcali de la sal común, no es el mismo que el extraído de las cenizas de madera. (309)

(308) Ibidem. pag. 122.

(309) Ibidem. pag. 93.

Leblanc obtuvo una patente en 1791, abrió fábricas en St. Denis, Ruan y Lille, pero no pudo obtener beneficios de su procedimiento. Con la Revolución Francesa, la junta revolucionaria le exigió que hiciera de conocimiento público su patente y tuvo que cerrar sus fábricas, situación que lo llevó a la ruina y desesperado se suicidó en 1806. (310)

Leblanc no fué propiamente el inventor del método para fabricar sosa artificial, de hecho, tomó las experiencias de investigaciones anteriores, de aquí que su gran aportación halla sido la asimilación y mejora de los métodos anteriores y su traslación -- a escala industrial.

Un fabricante irlandés de productos químicos James Muspratt, fué quien estableció el método Leblanc en Gran Bretaña por el año 1822. En Liverpool encontró las condiciones ideales para emplear el método Leblanc en una forma económica, ya que la sal cuyo impuesto de 30 libras por toneladas se abolió en 1823, se encontraba en abundancia, así como la caliza y el carbón coque. -- (311)

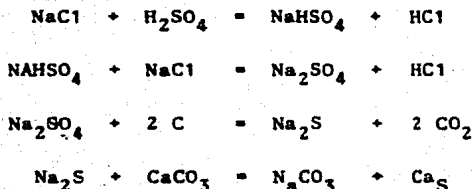
En un principio el método Leblanc se expandió muy lentamente debido a la resistencia de los productores de jabón al uso de la

(310) Derry-Williams. Op. cit. pag. 780.

(311) Singer Holmyard. A History of Technology. Vol. IV. Cap. 8 pag. 240.

sosa artificial, a pesar de que ésta tenía una gran ventaja sobre la sosa natural: su calidad era más homogénea y resultaba más barata. Aunque poco a poco la sosa artificial empezó a difundirse, para el año de 1840 la sosa artificial había desplazado totalmente a la natural en la Gran Bretaña. (312)

Las reacciones del método Leblanc son complejas, las principales son las siguientes. (313)



En este procedimiento se encuentra involucrado como materia prima el ácido sulfúrico, único no natural, motivo por el cual su demanda se vio incrementada notablemente. Dió como resultado que algunos investigadores tratarán de producir más ácido sulfúrico y a un menor costo.

En este proceso se producen emisiones de gas de ácido clorhídrico, que en un principio resultó un problema difícil de

(312) Ibidem. pag. 241.

(313) Edward Thorpe. Enciclopedia de Química Industrial. Op. cit. pag. 207.

resolver. Se intentó desalojarlo por medio de grandes chimeneas algunas de ellas de 90 m. de altura. (314) En 1836 un fabricante inglés de productos químicos William Gossage, puso en contacto el ácido clorhídrico con una corriente descendente de agua en donde el gas se absorbía. Este fué el principio de lo que hoy se conoce como las torres de absorción. El invento de Gossage propició que el gobierno inglés dictara una ley en 1863 sobre álcalis, que obligaba a los fabricantes de sosa absorber por lo menos el 95% del ácido clorhídrico generado en el proceso Leblanc. (315) (ver Capit. V, ácidos).

A partir de la recuperación del ácido clorhídrico surge otra industria que trajo consigo el fortalecimiento de la industria textil, que fué la industria de los blanqueadores químicos.

Durante mucho tiempo la forma tradicional de blanquear tejidos, había sido el tratamiento con suero de manteca y posteriormente en 1758 con soluciones diluidas de ácido sulfúrico. El blanqueado químico fué introducido por el químico francés Berthollet (1748-1822), quien demostró que una solución preparada al pasar cloro a través de potasa (agua de Javel) tenía una acción blanqueadora intensa. (316)

(314) Singer-Holmyard. Op. cit. pag. 241.

(315) Ibidem. pag. 242.

(316) Ibidem. pag. 243.

Charles Tennant (1760-1838) en 1799, empezó a fabricar un polvo blanqueador, resultado de tratar cloro con cal. Las reacciones involucradas en el proceso son: (317)



De esta manera, el problema del ácido clorhídrico se pudo resolver, ya que al ser absorbido y transformado en cloro, se pudo utilizar en grandes cantidades en la industria de los blanqueadores químicos, que fué un puntal importante en la industria textil.

Otro de los grandes inconvenientes intrínsecos del proceso Leblanc, era el residuo llamado "galligu", que contenía grandes cantidades de azufre proveniente del ácido sulfúrico, este problema era de mayor consideración, ya que por cada tonelada de sosa fabricada, se producían dos toneladas de galligu. (318)

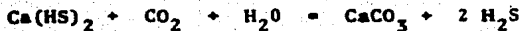
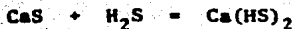
A este problema se dedicaron numerosas investigaciones, ya que el tratar el galligu para recuperar azufre, podría hacer más rentable el proceso. El mismo Gosage y el químico inglés -

(317) Shreve. Chemical Process Industries. Op. cit. pag. 222.

(318) Deey-Williams. Op. cit. pag. 780.

Mond, fueron los primeros en enfrentar el caso, pero no pudieron obtener un resultado satisfactorio. Alexander Chance, utilizó el proceso desarrollado por Gossage pero al disponer de una mejor maquinaria, encontró el cambio buscado. El proceso Chance consistía en inyectar anhídrido carbónico (CO_2) a través del gailu, de donde se desprendía ácido sulfhídrico (H_2S). Mediante un proceso de doble enriquecimiento, se obtenía un gas lo suficientemente rico como para poder quemarlo en hornos diseñados por C.F. Claus. En estos hornos, el sulfuro de hidrógeno, se descomponía parcialmente por oxidación, en agua y azufre, que se separaba por decantación.

Las reacciones en el proceso Chance-Claus son las siguientes:



La del proceso Mond es: (319)



Para 1893 el proceso Chance-Claus se utilizaba en Gran Bretaña a una escala suficiente para producir 35,000 toneladas anuales de azufre, que encontraron un mercado inmediato en la fabricación del ácido sulfúrico. (320) Estas mejoras permitieron que el proceso Leblanc mantuvieran la supremacía en el mercado mundial de la sosa. A pesar de que en el momento en que se efectuaron estas mejoras, se encontraban en pleno desarrollo las investigaciones tendientes a desarrollar un nuevo método para la fabricación de la sosa. La 1a. guerra mundial (1914-1918), provocó en gran medida la desaparición del proceso Leblanc porque el ácido sulfúrico indispensable en el proceso, se necesitaba urgentemente para la fabricación de municiones. (321)

Proceso Solvay o de Sosa Amoniaca.

Las bases de este proceso fueron establecidas en 1811 -- por el ingeniero francés A. J. Frenel. Este proceso más complicado que el Leblanc, involucraba una mayor cantidad de reacciones químicas y el manejo de corrientes gaseosas de amoníaco, por lo que el equipo indispensable, era más sofisticado. El proceso no pudo llevarse a escala industrial sino hasta cincuenta años -- más tarde. (322)

(320) Deey-Williams, Op. cit. pag. 788.

(321) T. P. Hou. Op. cit. pag. 5.

(322) Derry-Williams. Op. cit. pag. 790.

Era conocido que si se hacia pasar una corriente de anhídrido carbónico, por una salmuera saturada con amoniaco, se precipitaba bicarbonato sódico (NaHCO_3), una sal de baja solubilidad acentuada en presencia de cloruro de sodio. Separada se convierte fácilmente en sosa por calentamiento, de donde se desprende anhídrido carbónico que puede ser utilizado nuevamente en la fase de carbonatación. El amoniaco se recuperaba para ser reutilizado, ya que durante el proceso se convierte en cloruro de amonio (NH_4Cl), que se desprende fácilmente al ser tratado con cal viva (CaO). Así, la cal viva se obtiene como un derivado de la calcinación de la caliza (CaCO_3), para obtener anhídrido carbónico; el proceso es por lo tanto altamente autosuficiente y el único residuo que se obtiene es el cloruro cálcico (CaCl_2) no tan perjudicial como el galligu. (323) Dos químicos ingleses, H.G. Dyar y J. Hemming, patentaron en 1838 un procedimiento para producir sosa amoniacal, sin resolver las dificultades con el amoniaco; gas ligero difícil de mantener en proceso. Una vez más, surgen los investigadores que dan el nombre al proceso: los hermanos Solvay, Ernest y Alfred en Bélgica, que introdujeron la torre de carbonatación que hizo del proceso una operación continua. Así también desarrollaron mejoras en los hornos de calcinación, para la producción del anhídrido carbónico y la calcinación del bicarbonato sódico. (324)

(323) José A. Babor. Op. cit. pag. 167.

(324) Derry-Williams. Op. cit. pag. 787.

El proceso Solvay se patentó en 1861 y la primera fábrica que usó el proceso Solvay, fué inaugurada en 1863; en el año de 1880 el proceso empezó a ganar terreno en la fabricación mundial. El cuadro No. 12 muestra la evolución en la fabricación de sosa artificial.

CUADRO No. 12

PRODUCCION MUNDIAL DE SOSA (Na_2CO_3) TON. METRICAS

AÑO	LEBLANC	SOLVAY	TOTAL
1800	-	-	-
1850	150,000	-	150,000
1863	300,00	-	300,000
1865	374,000	300	375,000
1870	447,000	2,600	450,000
1875	495,000	30,000	525,000
1880	545,000	136,000	681,000
1885	435,000	365,000	800,000
1890	390,000	633,000	1'023,000
1895	265,000	985,000	1'250,000
1900	200,000	1'300,000	1'500,000
1902	150,000	1'610,000	1'760,000
1905	150,000	1'750,000	1'900,000
1911	130,000	1'900,000	2'030,000
1913	50,000	2'800,000	2'850,000
1916	-	3'000,000	3'000,000
1923	-	3'500,000	3'500,000
1927	-	4'100,000	4'100,000
1932	-	5'000,000	5'000,000
1940	-	7'000,000	7'000,000

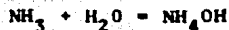
NOTA: No incluyen fuentes naturales.

FUENTE: T.P. Hou. Manufacture of Soda. 2th. Edition. N.Y. 1942. pag. 41.

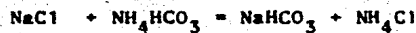
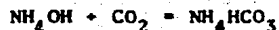
Las reacciones involucradas en el proceso Solvay son: -

(325)

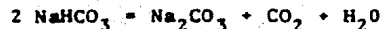
En el tanque de saturación de sal.



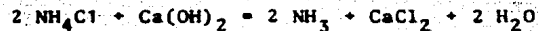
En la torre de carbonatación.



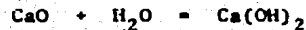
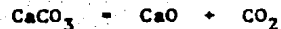
Calcinación del bicarbonato sódico.



Recuperación del amoníaco.



En el horno de cal.



Ecuación global.



El método Solvay fué durante mucho tiempo, casi el único procedimiento para obtener sosa artificial, hasta que entró

como método competidor el sistema electrolítico, que tiene sus bases establecidas desde el siglo XIX. Empezó a competir en el año de 1890 y ya para el año de 1945, la cantidad de sosa cáustica producida por el método electrolítico superaba a la fabricada por el proceso Solvay.

ALCALIS EN MEXICO.

Los antiguos mexicanos conocían la existencia de los -- compuestos alcalinos, tal es el caso del "Tequesquite", de relativa abundancia en los lagos del país; principalmente en el lago de Texcoco. Este compuesto, equivalente a la trona egipcia, era la principal fuente para abastecer de carbonato sódico al país. Garcés y Eguía, científico hispanomexicano, lo describe como "carbonato de natrón, su color es blanco agrisado, a veces amarillo por estar contaminado con otras sustancias, su forma -- es harinosa, su sabor de lejía, su nombre trivial álcali mineral nativo, en mexicano culto tequisquilitl, en mexicano corriente -- tequesquite". (326) Los españoles al llegar a México observaron que los mexicanos "cultivan" el tequesquite, es decir agregaban agua a los terrenos tequesquitosos, para que esté por capilaridad ascienda y aprovecharlo.

Uno de los primeros investigadores que mencionan la com-

(326) Elías Trabulse. Historia de la Ciencia en México. Siglo - XVIII. Op. cit. pag. 394.

posición aproximada del tequesquite es José Garcés y Egüfa, en su discurso preliminar comenta que "... el tequesquite de Texcoco (junto a la capital de México) contiene: 25.1% de Na_2CO_3 y 37.59% de NaCl , el de San Juan 34.9 de Na_2CO_3 y 11.4 de NaCl . La trono de Adahir (estado de Sonora) 47.95 de Na_2CO_3 , 28.97 de NaHCO_3 , 0.6 de NaCl y 0.65 de Na_2SO_4 ". (327)

Los españoles a su llegada al país, introducen el jabón, así como el método de su fabricación, el tequesquite se aprovechó inmediatamente para la fabricación de jabón. Posteriormente con el método de Bartolomé de Medina (beneficio de patio), el tequesquite encuentra otra aplicación. El mismo Garcés y Egüfa comenta al respecto "el mejor tequesquite para la fundición es el que se presenta despojado de tierra y arena, pero unido con sal marina... La aplicación que yo he hecho es del tequesquite; esta sustancia ha siglos que es conocida entre los sabios. Los antiguos la llamaban nitrum, los posteriores la conocen por patrón; y aunque los nativos que se hallan en Asia y en esta América, apenas son conocidos de los químicos modernos, éstos han trabajado sobre la sosa cuyas partes constitutivas son las mismas que las del tequesquite... las propiedades de combinarse con el azufre, y formar con él un sulfuro disolvente de los metales, la de absorber y combinarse con los ácidos, la de fundir y vitrificar".(328)

(327) Modesto Bargalló. La Minería. Op. cit. pag. 345.

(328) Elías Trabulce. Op. cit. pag. 345.

Al introducirse el jabón al país, compuesto fabricado en España desde el siglo VIII, se tuvo la necesidad de producir mayores cantidades de sosa a partir de tequesquite. Este procedimiento no es del todo claro, no existen referencias que permitan esclarecer el método.

Bargalló apunta que en México también se obtuvo sosa -- por la lixiviación de las cenizas de la "jarilla o barilla", o de otras plantas halófilas, como una fuente alternativa al tequesquite. (329)

Alejandro de Humboldt en su "Ensayo Político" menciona respecto al comercio del jabón en el año 1805.

"En la Puebla, México y Guadalajara la fabricación de jabón sólido es un objeto de comercio considerable: la primera de estas fábricas produce cerca de 200,000 arrobas al año ----- (17382.235 Kg.). En la intendencia de Guadalajara se cuentan por el valor de 260,000 pesos. Favorece mucho a esta fabricación la abundancia de sosa que se encuentra casi por todas partes en la meseta interior de México a 2,000 o 2,500 metros. El tequesquite cubre la superficie del terreno sobre todo en el mes de octubre, en el Valle de México, en las orillas de los lagos de Texcoco, de Zumpango y de San Cristóbal; en los llanos que rodean a la ciudad de Puebla; en los que se extienden desde Celaya hasta Guadalajara... Ignoramos si se debe su origen a la descomposición de las rocas volcánicas o a la acción lenta de la cal sobre la sal. En México por 62 pesos se compran 1,500 arrobas de tierra tequesquitososa, es decir una tierra arcillosa impregnada de mucho carbonato y de un poco de sal. Estas 1,500 arrobas, purificadas en las fábricas de jabón dan 500 arrobas (43.45 kg.) de carbonato de sosa puro". (330)

(329) Modesto Bargalló. La Química en México. Op. cit. pag. 99

(330) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 453.

Durante el año de 1803 México exportó hacia Centro y -- Suramérica, 1,766 cajas de jabón. Se puede observar que aunque la pequeña industria mexicana no reclamaba grandes cantidades - de compuestos alcalinos, México para ese momento de su desarrollo era autosuficiente en materia de alcalis, condición que posteriormente perdería.

Leopoldo Rfo de la Loza (1807-1874), fué uno de los investigadores del siglo XIX, que centraron su atención en los yacimientos alcalinos del país. En el escrito titulado "El origen del tequesquite en el lago de Texcoco" menciona que:

"Es un hecho, que desde tiempos muy remotos, el lago de Texcoco ha sido una mina inagotable de sales, entre las que -- figuran, como principales, el carbonato de sosa y el cloruro de sodio o sal común... creen unos, que arrastradas por las lluvias algunas rocas feldespaticas y en contacto con los terrenos calcáreos, se despiertan reacciones cuyo producto son las sales que encontramos en las aguas del lago, y que en virtud de la evaporación cristalizan confusamente en los terrenos desecados. Tal aseveración me parece destituida de fundamento, por dos razones principales: es la primera, que no creo fácil la descomposición de los feldespatos, en las condiciones en que se hallarían en la laguna; y la segunda que no me parece corresponder la proporción de sales contenidas en el agua... según los análisis más recientes, los excrementos humanos contienen por término medio, sobre cien partes 2.367 de sosa y 0.780 de cloro, por lo tanto la cantidad de excrementos humanos correspondiente a cada individuo, en veinticuatro horas sólo sea de 200 gramos; de lo que resultaría como consecuencia, 4 gramos diarios de sosa por individuo... Conforme a la estadística más completa y casi oficial, la población del Distrito es de 269,534, y la del resto del Valle es 196,289. Total de habitantes 465,823. Aplicamos a esta suma el cálculo anterior, es decir, suponiendo el mínimo de cuatro -- gramos de sosa por individuo, resultarían en cada veinticuatro horas 1,863.292 kg. y tomando en consideración los de los cuadrúpedos harían 1'360,203.16 kg. de sosa anuales. - (331)

(331) Juan Manuel Noriega. Escritos de Leopoldo Rfo de la Loza. Secretaría de Instrucción Pública y Bellas Artes. México 1911. pag. 107.

Concluye:

"1.- Que el lago de Texcoco es un depósito de grande importancia para México, ya se considere desde el punto de -- vista hidráulico, ya sea industrial o ya médico, 2.- Que es una fuente inagotable de productos, tanto salinos como alimenticios, 3.- Que ejerce una influencia marcada y muy poderosa en la insalubridad del Valle, 4.- Que la ciencia tiene medios para evitar o cuando menos para disminuir esta influencia, 5.- Y último, que su misma importancia exige que sea atendido convenientemente y no continúe abandonado como hasta aquí".(332)

Según el Dr. Río de la Loza, las sales contenidas en el lago de Texcoco eran provenientes de excrementos humanos y animales, para reafirmar esta hipótesis proporcionó datos que dan una idea de la fuente de estas sales. Diversos investigadores han tratado de explicar el origen de las sales contenidas en el Lago de Texcoco, sin que hasta la fecha se encuentre una afirmación categórica respecto al origen de estas sales.

Río de la Loza también investigó la composición de las aguas del lago de Texcoco. En el artículo "Un vistazo al lago de Texcoco, su influencia en la salubridad de México", menciona que: "Un litro de agua evaporada convenientemente, ha dejado residuo, en gramos 23.536 compuestos de:" (333)

(332) Ibidem. pag. 108.

(333) Ibidem. pag. 188-189.

Cloruro de Sodio	12.5359
Carbonato de Sosa.....	1.7170
Potasa.....	3.0900
Materias Orgánicas y Volátiles..	0.9117
Acido Sulfúrico, Silisico, etc..	<u>5.2814</u>
	23.5360 g.

Leopoldo Río de la Loza, recomendaba la producción industrial de las sales del Vaso de Texcoco, sin embargo los primeros intentos para industrializar estas sales se desarrollan en las primeras décadas del siglo XX.

A principios del siglo XIX, nuestro país contaba con una industria jabonera pequeña, que alcanzaba a satisfacer las necesidades internas. Esta industria empleaba a personas dedicadas al "cultivo" de los tequesquites y a su purificación para obtener sosa; materia prima para la producción de jabón. Para la mitad del mismo siglo surge la industria textil en el país, es en ese momento cuando la demanda de álcalis supera a la oferta y México tiene la necesidad de importar los compuestos alcalinos. Para 1834 México importó 7 cajas de sosa, 52 cajas de polvo blanqueador y 2 cajas de potasa (ver cuadro No. 10. pag.

Otro de los factores importantes para la transición que sufrió el país, de exportador a importador, fué el desarrollo de la industria de la sosa artificial (Leblanc y Solvay), que permitió que los países europeos satisficieran su demanda y frenó considerablemente las producciones de sosa natural. Países co-

mo Egipto y México sufrieron las consecuencias y tuvieron que importar estos compuestos.

En el cuadro No. 13 se muestra como al crecer la industria textil continuaron en ascenso las importaciones de compuestos alcalinos.

CUADRO No. 13

IMPORTACIONES MEXICANAS DE COMPUESTOS ALCALINOS FINALES DEL
SIGLO XIX

COMPUESTO	AÑO(S)	CANTIDAD (KG)	VALOR (PESOS)
Carbonato y bicarbonato de sosa y potasa.	1892-93	166,359	8,972
	1893-94	151,583	8,618
	1894-95	307,138	13,704
	1895-96	366,827	17,801
	1896-97	438,136	20,621
	1898	510,760	32,465
Sosa y Potasa Cáustica	1888-89	6'826,668	438,177
	1890-91	3'300,837	203,894
	1892-93	834,174	52,085
	1893-94	1'972,383	113,137
	1894-95	3'716,976	167,487
	1895-96	4'794,746	210,909
	1896-97	3'727,091	173,506
	1898	4'774,804	200,043

FUENTE: Anuarios Estadísticos de la República Mexicana de 1893, 1895, 1897 y 1898, págs.96,97. Secretaría de Hacienda, publicados en los mismos años.

Los principales países de los cuales se importaban estos compuestos eran: Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra, Italia y Japón. Países con amplia tradición en la indus---

tria de los compuestos alcalinos, que tenían grandes fábricas ya establecidas para esa época. Los datos de producción nacional no se encuentran reportados, por lo cual no se puede hacer una comparación de la producción interna con respecto a la importación, pero datos más recientes reflejan que la producción mexicana era pequeña comparada con las cantidades importadas.

- Durante toda la segunda mitad del siglo XIX y las primeras décadas del siglo XX, la industria mexicana de los álcalis era raquítica. Las industrias que demandaban compuestos alcalinos la satisfacían en un gran porcentaje por medio de la importación.

El ingeniero Arturo Gamboa Soria en el estudio "La Industria de los Alcalis en México", realizado en 1954 apunta que: "Apenas consumada la independencia nacional, principió a ser objeto de preocupación la explotación organizada de los recursos naturales del país, y la creación y ampliación de ciertas manufacturas con miras a conseguir que la nación se bastara a sí misma en beneficio de un mejor nivel de vida de sus habitantes ... la industria de fabricación de álcalis, que, a pesar de los numerosos intentos hechos hasta la fecha para establecerla en México desde 1938, aún no puede decirse que esté firmemente cimentada..." (334)

(334) I. Q. Arturo Gamboa Soria. La industria de los álcalis en México. Monografía del Banco de México 1948. pag. 163.

Establecimiento de la Industria de los Alcalis en el siglo XX.

En la década de los 1940's el gobierno mexicano, intentó cimentar la industria de los álcalis en México, en un principio al tratar de convertir las tierras circundantes al lago de Texcoco en lugar propicio para la agricultura. "Los terrenos im propios para la agricultura, motivo que el gobierno mexicano -- procurara superar este obstáculo mediante el lavado de las tierras superficiales... pero ello naturalmente a su vez ha provocado la necesidad de dar empleo a las sales obtenidas, que tampoco pueden arrojarse al Canal del Desagüe, pues con ello se en salitrarian las tierras que se hallan aguas abajo... Esto justifica que el Estado haya considerado imprescindible procurar la industrialización de las sales obtenidas del lavado de tierras, con tanta mayor razón cuanto que, de esta manera, se pondrían - los cimientos de una futura industria de los álcalis, punto de arranque indispensable de la industria química nacional".(335)

La primera obra que se realizó fué la construcción de - en evaporador solar, para la concentración de las salmueras que lo alimentan por medio de un canal de sales y una planta de bon beo. Este evaporador, comúnmente conocido con el nombre de "Ca racol", por su forma de espiral, que abarca una superficie de - cerca de 900 hectáreas.(336) El siguiente paso, consistió en

(335) Folleto de la Industria Sosa Texcoco, S.A. Ecatepec de - Morelos. Edo. de Méx. 1948. pag. 4. (A.G.N.) Galería 3 Fondo Presidentes. Exp. 523/58.

(336) Ibidem. pag. 5.

la construcción de una planta piloto en la que el Gobierno Federal pudo experimentar los diversos métodos científicos aplicables a la industrialización de las salmueras, logró así la separación de sus dos componentes fundamentales, carbonato sódico y cloruro sódico. Alcanzando este punto el Gobierno, puso el problema en manos de la iniciativa privada.

Constitución de la Compañía Sosa Texcoco, S.A.

El 18 de diciembre de 1943 nace la empresa "Sosa Texcoco", S.A., inicialmente fundada con un capital de 5'000,000 de pesos; obtuvo una concesión del gobierno para la utilización del evaporador solar y de la planta experimental "Netzahualcóyotl" - establecidos por el gobierno, y con las obras e instalaciones -- anexas a estos elementos. Los estudios y experiencias preliminares de la industria fueron dirigidos por el Dr. Antonio Madinaveitia, concluidos éstos, se entablaron negociaciones con la empresa americana "American Cyanamid Co." a fin de obtener su colaboración para el establecimiento de la fábrica. Como resultado de esas negociaciones, la compañía celebró con la "Chemical Construction Co." subsidiaria de la "American Cyanamid Co." un contrato mediante el cual la compañía americana, procedió al cálculo y diseño de la maquinaria y equipo requeridos para la planta, solicitó cotizaciones a los fabricantes americanos para la adquisición de la maquinaria y equipo que a su juicio resultaban aconsejables. (337)

(337) Ibidem. pag. 7.

Procedimiento de Fabricación de la Planta de Sosa Texcoco, S.A.

Sección de Cal y Gas Carbónico.

La caliza y el coque se calcinan en hornos para obtener gas carbónico y cal viva. El gas carbónico así obtenido, pasa por unas baterías de filtros separadores de polvo y posteriormente por dos torres lavadoras con inyección de agua, que eliminan del gas el polvo de caliza y coke residual.

Sección de Bicarbonato.

Las salmueras provenientes del evaporador solar, se bombean a la parte superior de cuatro torres por cuya base se inyecta el gas carbónico, así se obtiene bicarbonato sódico que se precipita y deja en solución al cloruro sódico.

Sección de Carbonato.

El bicarbonato, pasa a una batería de dos hornos secadores, en los que a la vez y por desprendimiento del gas carbónico, el bicarbonato se convierte en carbonato. El gas carbónico regresa a la sección de bicarbonato. El carbonato que todavía contiene materia orgánica que le da un color gris, pasa entonces a otra batería de hornos calcinadores, que eliminan por combustión la citada materia orgánica.

Sección de Sosa Cáustica.

El carbonato destinado a la caustificación, se mezcla -

con agua y se mezcla con cal viva obtenida de los hornos de caliza y coque, se convierte en sosa cáustica que, se concentra -- hasta el 50%. (338)

En la figura No. 2 se muestra el diagrama de la planta Sosa Texcoco, S.A. (339)

El proceso de la compañía Sosa Texcoco no se puede clasificar formalmente dentro de los procesos Leblanc o Solvay, si no que emplea algunas operaciones del Solvay como las torres de carbonatación. Esta tecnología no fué propia, toda la maquinaria se importó de los Estados Unidos. Sosa Texcoco inició sus operaciones a mediados del año 1947, con una capacidad instalada de 100 toneladas diarias de carbonato sódico, que no fué suficiente para satisfacer el consumo interno, situación que prevaleció hasca el año de 1958. La única planta mexicana que se instaló con el procedimiento Solvay empezó sus operaciones en 1966. "La industria del Alkali, S.A." empleó también tecnología americana. (340)

A cotninuación se muestran diversos cuadros que permiten observar el desarrollo de la industria de los álcalis en México en sus diferentes etapas.

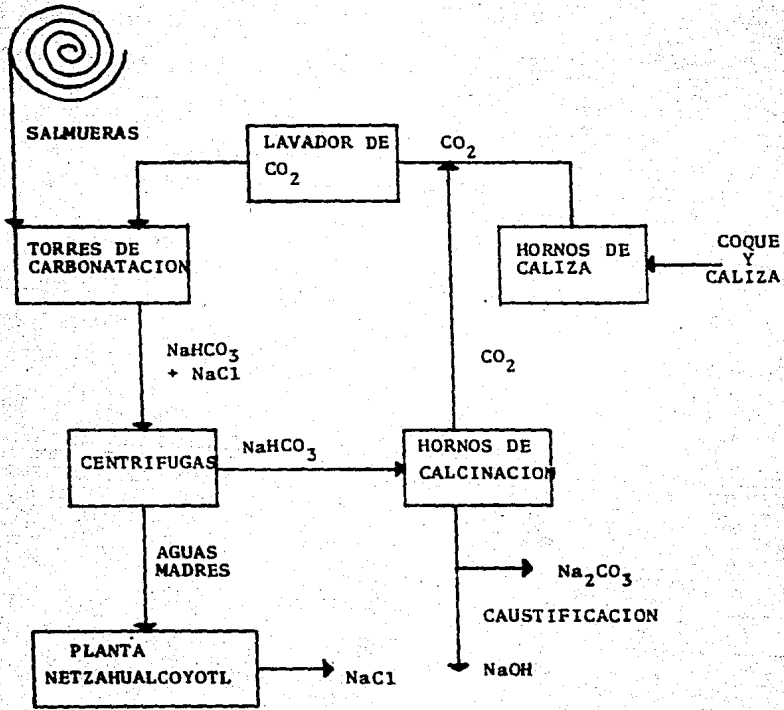
(338) Folleto de Sosa Texcoco, S.A. Op. cit. pag. 10-11.

(339) Ibidem. pag. 120.

(340) Investigación Directa.

EVAPORADOR

FIGURA No. 2



CUADRO No. 14

IMPORTACION DE SOSA Y POTASA CAUSTICA (1901-1936)

AÑO(S)	CANTIDAD (TON)	VALOR (PESOS)	AÑO(S)	CANTIDAD (TON)	VALOR (PESOS)
1901-02	5,211	281,976	1919	5,750	1'044,731
1902-03	5,384	279,034	1920	5,721	1'058,071
1903-04	2,865	151,158	1921	6,045	1'015,871
1904-05	6,323	334,625	1922	6,148	1'067,781
1905-06	7,703	743,801	1923	8,882	1'252,048
1907-08	7,204	775,311	1924	12,111	1'648,322
1908-09	6,810	714,515	1925	11,419	1'552,695
1909-10	7,510	805,942	1926	12,402	1'681,954
1910-11	8,308	854,859	1927	12,905	1'803,653
1911-12	7,090	699,826	1928	11,070	1'462,602
1912-13	8,457	776,324	1929	12,685	1'525,857
1913 2o.Sem.	4,230	383,160	1930	10,685	1'430,567
1914	5,385	531,212	1931	11,184	1'642,145
1915	4,240	461,346	1932	11,829	2'080,213
1916	1,355	239,780	1933	11,715	2'024,025
1917	-	-	1934	14,193	2'565,469
1918	2,203	425,923	1935	26,300	2'839,043
			1936	16,720	2'712,571

FUENTE: Anuario Estadístico de los Estados Unidos Mexicanos. -
 Secretaría de la Economía Nacional. D.G.E. México 1938
 pag. 252.

CUADRO No. 15

IMPORTACION, PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE DE SOSA CAUSTICA
(TONELADAS)

AÑO	IMPORTACION	PRODUCCION	CONSUMO
1947	24,565	1,873	26,438
1948	10,867	8,796	19,663
1949	15,423	10,772	26,195
1950	27,956	5,385	33,342
1951	27,795	5,763	33,558
1952	15,800	12,620	28,420
1958	45,344.2	39,461	84,805.2
1959	43,876.5	51,975	95,851.5
1960	30,081.4	65,888	95,969.4
1961	22,444.4	71,338	93,782.3
1962	19,328.8	83,425	102,753.8
1963	14,196.4	95,000	109,196.4
1964	25,086.1	98,000	123,086.1
1965	33,779.3	102,373	136,152.3
1966	24,668.3	110,183	134,851.3
1967	28,561.0	118,281	146,842.0

/ Año que inicia sus operaciones Sosa Texcoco, S.A.

FUENTES: Arturo Gambia Soria. La industria de los álcalis en - México. Banco de México, S.A. 1954.

La Industria Química en México. 1967. A.N.I.Q. 1967.

CUADRO No. 16

IMPORTACION, PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE DE CARBONATO SODICO
(TONELADAS)

AÑO	IMPORTACION	PRODUCCION	CONSUMO
1947	35,041	3,116	38,157
1948	38,518	3,812	42,330
1949	35,086	11,100	46,186
1950	43,387	2,029	45,416
1951	63,738	-	63,378
1952	41,751	-	41,751
1956	78,100	33,600	111,700
1957	55,700	41,200	96,900
1958	60,000	46,700	106,700
1959	63,800	59,700	123,500
1960	74,000	77,300	151,300
1961 ²	74,500	89,500	164,000
1962	80,900	88,100	169,000
1963	93,000	95,900	188,900
1964	95,000	106,000	201,000
1965	111,900	121,600	233,500
1966	103,800	141,400	248,200
1967	43,600	224,800	268,400

FUENTES: Arturo Camboa Soria. Op. cit.

La industria química en México. A.N.I.Q. 1967.

CUADRO No. 17

IMPORTACION, PRODUCCION Y CONSUMO APARENTE DE BICARBONATO SODICO
(TONELADAS)

AÑOS	IMPORTACION	PRODUCCION	CONSUMO
1947	4,227	6,183	10,409
1948	1,614	5,738	4,638
1949	2,816	6,900	9,716
1950	3,274	-	3,274
1951	5,188	-	5,188
1952	1,643	-	1,643

FUENTE: Arturo Gambia Soria. La Industria de los Alcalis en México. Banco de México. 1954.

De la información, de los cuadros anteriores se aprecia que a partir de la primera mitad del siglo XIX, México se convirtió en un país netamente importador de compuestos alcalinos y es hasta el año de 1947, cuando inicia operaciones Sosa Texco, que se aprovechan las salmueras del vaso de Texcoco a escala industrial. Todavía en 1958 la importación de sosa cáustica era superior a la producción nacional y en años recientes, aunque la situación ha cambiado, es necesaria la importación del producto. Por lo que respecta al carbonato sódico se continúa con las importaciones, aunque no significativas, ya que representan aproximadamente el 10% del consumo aparente.

Actualmente la empresa Sosa Texcoco, S.A., no fabrica -
sosa cáustica, solamente elabora carbonato sódico. La sosa - -
cáustica se obtiene en el país en su gran mayoría por el proce-
dimiento electrolítico que desplazó al método de caustificación
del carbonato sódico.

CAPITULO VII

FERTILIZANTES

CAPITULO VIIFERTILIZANTESPANORAMA MUNDIAL.Superfosfatos.

Los compuestos fosfatados han sido utilizados en la agricultura desde la antigüedad. Los cartagineses 2000 años A.C., - empleaban excrementos de aves para aumentar los rendimientos de las cosechas, pero no tenían un conocimiento preciso de los fenómenos que ocurrían. (341) Más tarde, los Incas utilizaron el -- guano con los mismos propósitos y consideraban a las aves guaneras de un valor incalculable, incluso se penaba matar a una de estas aves ya que era considerado como una ofensa capital. (342) -- Los Incas emplearon también los huesos y la harina de pescado para la fertilización de las tierras.

En 1669 el alquimista Brand, descubrió el fósforo por -- medio de una pirólisis de una mezcla de arena y orina concetra-

(341) Shreve & Norris. Op. cit. pag. 244.

(342) Ibidem. pag. 244.

da (343). Un siglo después J. G. Ghan demostró que el fósforo era un componente esencial en los huesos y permitió que C. W. Scheele (1742-1786) lo preparara a partir de cenizas de huesos (344) Sin embargo, ~~ex~~ en el siglo XIX, cuando se conoce la importancia del fósforo en las cosechas como fosfatos.

En 1848 el químico alemán Justus von Liebig (1803-1873), pionero de la química agrícola, hace gran énfasis en la producción de ácido fosfórico y potasa para la agricultura; demostró que la fertilidad del suelo podía aumentarse con la aplicación de estos compuestos, así, propone la famosa "Teoría Mineral" en el mismo año. (345) Von Liebig, comprobó que el nitrógeno, fósforo y potasio son los nutrientes primordiales para el crecimiento de las plantas. Experimentó la acción del ácido sulfúrico sobre los huesos, con la finalidad de transformar los fosfatos insolubles de los huesos en fosfatos solubles, conocidos en la actualidad como superfosfatos. (346) La reacción química del proceso es la siguiente: (347)

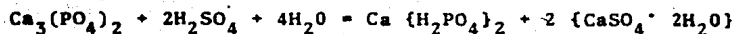
(343) Trevory I. Williams. A History of Technology. Op. cit. pag.

(344) Ibidem. pag.

(345) Gilbert H. Collings. Commercial Fertilizer. Ed. The Blackiston Company. U.S.A. 1945. pag. 2.

[346] S. Nauchkoff. How do the warring nations obtain their nitrogen supply? Met. & Chem. Eng. Nov. 1 1917. Op. cit. pag. 529-535.

(347) Gilbert H. Collings. Op. cit. pag. 180.



Liebig, es quien devuelve a Alemania la primacía en química, que durante mucho tiempo estuvo en manos francesas, debido a los estudios que realizó en química orgánica, fisiología, bioquímica y química agrícola. En química orgánica perfeccionó los métodos de análisis y proporcionó a los químicos una herramienta más para la investigación. (348)

En 1842 John B. Lawes (1814-1900), fué el primero en -- aprovechar los conocimientos de Liebig y llevarlos a escala industrial así, obtiene una patente para tratar las cenizas de -- los huesos con ácido sulfúrico. (349) Posteriormente Lawes amplió su patente, en donde utiliza además de la ceniza de huesos, roca fosfórica. Los experimentos demostraron que la roca fosfórica tenía los mismos constituyentes que los huesos y se aplicaba de igual manera. En 1843 Lawes, instala la primera planta -- para la producción de superfosfatos en Deptford, Inglaterra y -- una segunda en 1857. (350) Estas fábricas fueron el resultado de las experiencias realizadas en la granja de Rothamsted, que fué el primer laboratorio de investigaciones agrícolas del mundo, donde se experimentó con nitratos, fosfatos y carbono de potasio. (351)

(348) John D. Bernal. Op. cit. pag. 603.

(349) Derry-Williams. Op. cit. pag. 807.

(350) Gilbeart H. Collings. Op. cit. pag. 3.

(351) John D. Bernal. Op. cit. pag. 631.

La industria de los superfosfatos, se extendió rápidamente por toda Europa y más tarde en América. Así, en 1852 los Estados Unidos instala la primera planta. (352) En 1862 Inglaterra, produjo cerca de 200,000 toneladas de superfosfatos y para 1870 la fábrica de Deptford alcanzó las 400,000 toneladas anuales. (353)

Los superfosfatos tuvieron gran demanda y los países productores se vieron en la necesidad de buscar nuevos yacimientos de roca fosfórica, ya que los huesos resultaron insuficientes. En 1868, se encontraron minas de roca fosfórica en los Estados Unidos y en 1899 en el norte de Africa. (354)

Desarrollo de la Tecnología en el Proceso de los Superfosfatos.

Periodo de 1850-1870. La teoría de la obtención de los superfosfatos, es en realidad simple ya que se basa en convertir los fosfatos insolubles en solubles, para que sean asimilables a las plantas. Por la sencillez del procedimiento las primeras fábricas no requerían instalaciones complejas. Las operaciones realizadas consistían en el primer paso de una molienda de la roca fosfórica y posteriormente se efectuaba la reacción con ácido sulfúrico. Las plantas eran primitivas y contenían -

(352) Gilbeart H. Collings. Op. cit. pag. 3.

(353) Ibidem. pag. 4.

(354) Derry-Williams. Op. cit. pag. 807.

escasa o ninguna maquinaria. (355)

Periodo de 1871-1880. Es en este periodo cuando la demanda de superfosfatos obligó a emplear otras fuentes de fosfatos como materia prima. Se introdujo, además de la roca fosfórica y los huesos, el guano de las aves marinas. El guano propició problemas dentro del proceso, como la diversidad en el contenido de fosfato tricálcico insoluble, que se reflejaba en la cantidad de ácido sulfúrico que debía añadirse en el proceso y en un aumento en la cantidad a tratar de materia prima. El primero de los problemas se resolvió con la contratación de químicos, encargados del análisis inicial de la materia prima y del cálculo de la cantidad adecuada de ácido sulfúrico que debía reaccionar con el contenido de fosfato tricálcico. El segundo problema, se resolvió al cambiar el tipo de molienda; pasar de la molienda manual a la mecánica. Los molinos mecánicos fueron uno de los primeros equipos utilizados por la industria de los superfosfatos. (356)

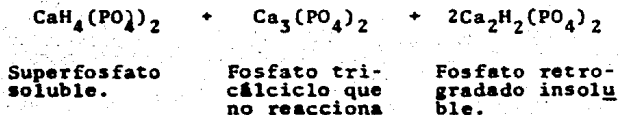
Periodo de 1880-1894. A pesar de la selección de materias primas fosfatadas, surgieron algunos inconvenientes como el pequeño contenido de pequeños porcentajes de óxido de hierro y alumina, lo cual sugirió un control permanente y efectivo del

(355) J. Fritsh. The Manufacture of Chemical Manures. Ed. Scott, Greenwood and Sons. London 1920. pag. 69.

(356) Ibidem. pag. 70.

proceso. A partir de 1880, cualquier fábrica de importancia debía contar con los servicios de un químico para vigilar adecuadamente las diferentes operaciones involucradas.

La reversibilidad de la reacción (conocido antiguamente como reversión), fué otro de los obstáculos que se presentó en la fabricación del superfosfato. Este fenómeno ocurría cuando el fosfato soluble en agua (contenido en el superfosfato), era gradualmente convertido a su forma insoluble. El aspecto químico presentado por la reversibilidad, es provocado por la cantidad de ácido sulfúrico agregada. Si hay una deficiencia de esta cantidad la reversión ocurre. La siguiente reacción ejemplifica el fenómeno de la reversibilidad. (357)

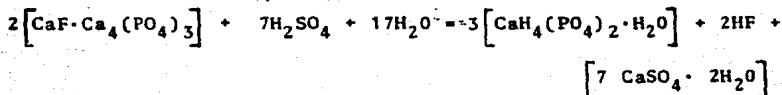


Si la cantidad de ácido excede este fenómeno no ocurre, pero desde el punto de vista económico no es recomendable.

La apatita noruega $[\text{CaF} \cdot \text{Ca}_4(\text{PO}_4)_3]$, fué otra de las materias primas empleadas en este período. El contenido de compuestos fluorados y clorados, presentó un nuevo problema en la

(357) Parrish Ogilvie. Artificial Fertilizers. Ed. Van Nostrand Co. New York 1927. pag. 219.

manufactura del superfosfato, por ser altamente nocivos tanto para los obreros como los alrededores donde se instalara la fábrica. Las torres de condensación por absorción resolvieron este problema. Este equipo es en la actualidad uno de los más indispensables en la fabricación moderna de superfosfatos. La siguiente reacción muestra el origen de la formación de los compuestos fluorados. (358)



Período de 1895-1908. La industria en general incorpora la mayoría del equipo que actualmente prevalece como son las bandas transportadoras, alimentadoras, neumáticos, secadores, molinos y un mayor control del tamaño de partícula. (359)

Superfosfato Triple.

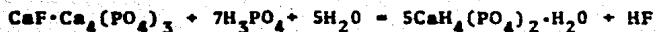
El superfosfato triple, se caracteriza por tener tres veces más de óxido de fósforo (P_2O_5) que el simple y por consiguiente se suministra a la planta un mayor contenido de fósforo. La tecnología empleada es análoga a la del simple; la diferen-

(358) R. L. Copson. Mixing Phosphate rock with concentrated phosphoric acid. Ind. & Eng. Chem. Vol. 28 No. 8. August -- 1934. pag. 923-927.

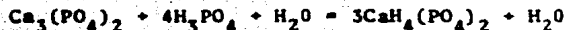
(359) J. Fritsh. Op. cit. pag. 70.

cia estriba en que en vez de utilizar ácido sulfúrico se emplea ácido fosfórico. La reacción del proceso es la siguiente: (360)

Con apatita:



Y con roca fosfórica es: (361)



La reacción en este proceso es muy lenta, por lo que requiere de varias horas de mezclado. El ácido fosfórico empleado es de 62% en peso.

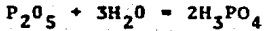
La dificultad en la fabricación del superfosfato triple consistió en un principio, en la obtención del ácido fosfórico que se producía a partir de la roca fosfórica y ácido sulfúrico que eran las mismas materias primas para la elaboración del superfosfato simple. El proceso, tuvo un gran auge cuando en 1933 la empresa Tennessee Valley Authority (T.V.A.), obtuvo ácido fosfórico por vía seca y no utilizaba ácido sulfúrico en su fabricación, sino solamente roca fosfórica, arena y coque que reaccionaban en un arco eléctrico a altas temperaturas. Las reacciones involucradas en este proceso son: (362,363)

(360) Parrish Ogilvie. Op. cit. pag. 219.

(361) Gilbeart H. Collings. Pag. 180.

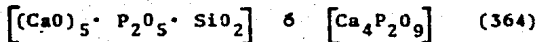
(362) Chem. & Met. Eng. Vo.42 No.6.Junio 1935. pag. 320-324.

(363) Gilbeart H. Collings. Op. cit. pag. 181.



Escorias Fosfatadas (Basic Slag).

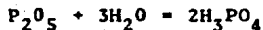
Las escorias fosfatadas, fueron otra fuente alternativa para obtener fosfatos aplicables a la agricultura, que es un subproducto de la industria del acero. Las fórmulas representativas de este compuesto son los siguientes:



Este método fué introducido por el inglés Sidney Gilchrist Thomas en 1879, quién encontró que a partir de los residuos de la producción del hierro colado se podía recuperar fósforo. Además, mejoró el viejo proceso Bessemer para la elaboración del acero. (365) La ventaja del proceso Thomas, era la eliminación de impurezas contenidas en el hierro, entre las cuales se encontraba el fósforo y de aquí que se produjera un hierro de mayor calidad. Posteriormente las escorias se trataron con ácido clorhídrico para obtener compuestos fosfatados que podían ser aplicados como fertilizantes. Lo novedoso del proceso, hizo posible la expansión de esta industria en varios paí-

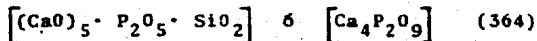
(364) J. Partington. Op. cit. pag. 628.

(365) J. Fritsh. Op. cit. pag. 145.



Escorias Fosfatadas (Basic Slag).

Las escorias fosfatadas, fueron otra fuente alternativa para obtener fosfatos aplicables a la agricultura, que es un subproducto de la industria del acero. Las fórmulas representativas de este compuesto son los siguientes:



Este método fué introducido por el inglés Sidney Gilchrist Thomas en 1879, quién encontró que a partir de los residuos de la producción del fierro colado se podía recuperar fósforo. Además, mejoró el viejo proceso Bessemer para la elaboración del acero. (365) La ventaja del proceso Thomas, era la eliminación de impurezas contenidas en el fierro, entre las cuales se encontraba el fósforo y de aquí que se produjera un fierro de mayor calidad. Posteriormente las escorias se trataron con ácido clorhídrico para obtener compuestos fosfatados que podían ser aplicados como fertilizantes. Lo novedoso del proceso, hizo posible la expansión de esta industria en varios paí-

(364) J. Partington. Op. cit. pag. 628.

(365) J. Fritsh. Op. cit. pag. 145.

ses europeos como Alemania, Francia e Inglaterra. Las escorias fueron la fuente más económica para la fabricación de ácido fosfórico a principios del siglo XX. Sin embargo, los métodos convencionales no fueron desplazados para la producción de fertilizantes fosfatados. Antes de la Segunda Guerra Mundial, el consumo mundial de escorias era aproximadamente de 500,000 toneladas anuales. (366) En el siguiente cuadro se muestra la composición promedio de las escorias.

CUADRO No. 18

Acido fosfórico (como P_2O_5)	8-10%
Oxido de fierro (Fe_2O_3)	15-18%
Silicato de calcio ($CaSiO_3$)	6-8%
Oxido de magnesio (MgO)	5-7%
Manganeso	2-4%

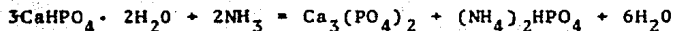
Amoniatación de los Superfosfatos.

La posibilidad de efectuar alguna mezcla de fertilizantes, surge desde el momento en que se fabricó a escala industrial el superfosfato. John B. Lawes en 1843, notó que el superfosfato tiene una afinidad natural por el amoníaco y de aquí poder elaborar un fertilizante más completo; dos de los tres nutrientes básicos están presentes. Es en 1928, 85 años más tar-

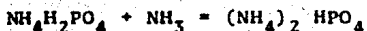
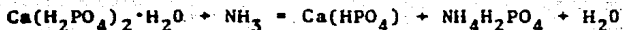
(366) Ibidem. pag. 170.

le, cuando por vez primera se combinó el superfosfato con amoníaco, de donde se obtuvo la mezcla que hoy se conoce como "superfosfatos amoniacales". (367)

El atraso en la fabricación de esta mezcla, se debió en gran medida a la escasez de amoníaco que imperó durante muchos años. Es en 1913, con el proceso Haber-Bosch cuando se obtienen grandes cantidades de amoníaco a bajo costo. (368) La adición de amoníaco al superfosfato es el proceso conocido como "amoniatación". La reacción de amoniatación del fosfato dicálcico es la siguiente: (369)



La amoniatación del fosfato monocálcico está representada por tres tipos de reacciones como son: (370)



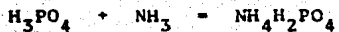
(367) Ind. & Eng. Chem. Vol. 27. No. 4. April 1935. pag. 372-378.

(368) Nature. Vol. No. 2471. March. 8 1917. pag. 33.

(369) Lawrence M. White. Ind. & Eng. Chem. Vol. 27. No. 5. May. 1935. pag. 562-567.

(370) Ibidem. pag. 565.

En presencia de ácido fosfórico libre la reacción es la siguiente: (371)

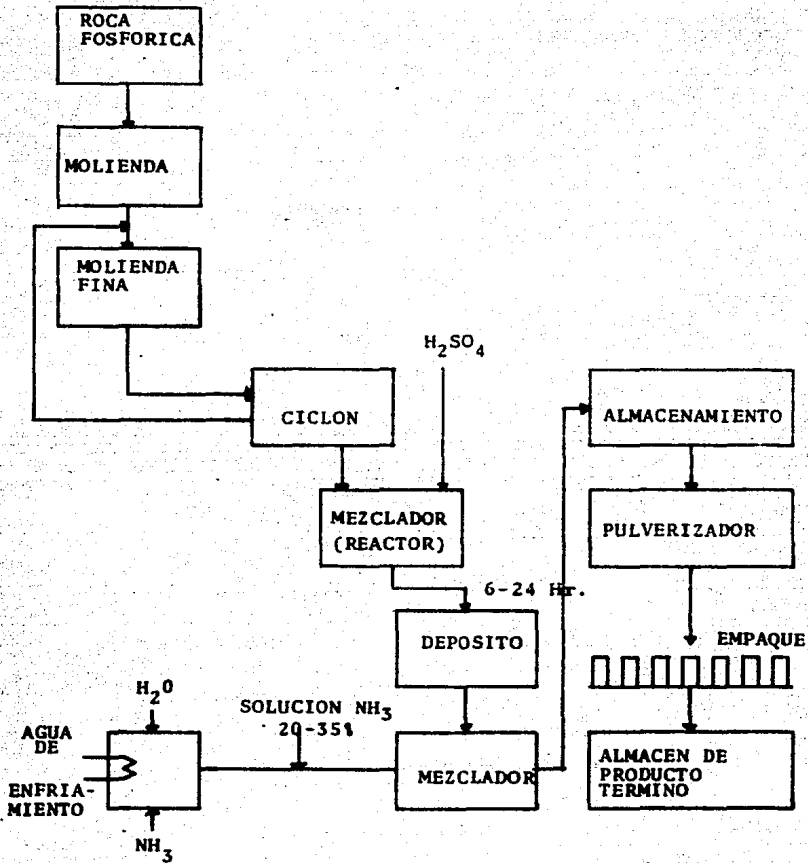


A continuación se muestra un diagrama característico para la producción de superfosfatos. (372)

(371) Ibidem. pag. 565.

(372) R. S. McBride. Granulating Phosphate Fertilizer. Chem. & Met. Eng. Vol. 47. No. 2. Feb. 1940. pag. 102.

FIGURA No. 3



Para reafirmar el gran auge de la industria de los superfosfatos en los comienzos del siglo XX, el cuadro No. 19 -- muestra la producción mundial de superfosfatos de 1903 a 1910.

CUADRO No. 19

PRODUCCION MUNDIAL DE SUPERFOSFATOS (1903-1910)
(MILES DE TONELADAS METRICAS)

PAIS	1903	1904	1905	1906	1907	1908	1909	1910
Francia	1,053.0	1,234.8	1,314.0	1,320.3	1,623.6	1,848.6	1,641.6	1,634.4
Alemania	1,765.0	831.6	873.0	837.0	1,105.2	1,191.6	1,267.2	1,353.6
Italia	392.4	453.6	455.4	595.8	797.4	1,020.6	928.8	806.4
R. Unido	655.2	689.4	772.2	786.6	909.0	937.8	807.3	756.9
Bélgica	208.8	223.2	234.0	208.8	234.0	334.8	349.2	394.2
Holanda	208.8	280.8	288.9	274.5	286.2	354.6	352.8	385.2

TOTAL
EUROPA 3,559.5 4,043.8 4,321.9 4,451.4 5,563.1 6,402.5 6,008.4 6,105.6

AMERICA 1,452.6 1,665.0 1,710.0 1,652.4 2,046.6 2,210.4 2,304.0 2,858.4

TOTAL
MUNDIAL 5,130.9 5,863.5 6,281.0 6,463.4 8,003.9 9,158.3 8,710.2 9,604.3

FUENTE: J. Fritsh. The Manufacture of Chemical Mnueres. Ed. ---
Scott, Greenwood and Sons. London 1920. pag. 219.

CUADRO No. 20

PRODUCCION MUNDIAL DE ROCA FOSFORICA EN 1936 POR PAISES
(TONELADAS METRICAS)

PAIS	PRODUCCION
Argelia	531,368
Angaur	89,226
Australia	178
Austria	100
Bélgica	100,000
Canadá	477
Isla Navidad	161,468
Egipto	531,006
Estonia	11,408
Francia	40,000
Alemania	198
Indochina	11,095
Japón	110,668
Madagascar	4,500
Isla Makatea	130,795
Marruecos, Francia.	1'335,074
Nauru e Islas Oceánicas	965,708
Países bajos del Oeste: Curazao.	81,112
Países bajos del Este	12,071
Polonia	12,500
Rusia	2'213,786
España	10,000
Túnez	1'475,550
Estados Unidos	3'518,242

FUENTE: Gilbert H. Collings. Commercial Fertilizer. Ed. The -
Blackiston Company. U.S.A. 1945. pag. 150.

FIJACION DE NITROGENO ATMOSFERICO.

Los métodos principales para la fijación de nitrógeno - pueden clasificarse de la siguiente manera: proceso de arco - eléctrico, proceso de la cianamida, síntesis directa de amoníaco y proceso biológico.

A mediados del siglo XIX, nace la química agrícola y -- con ella la necesidad de utilizar compuestos químicos que permitiesen un mayor rendimiento de las cosechas. Se identificaron como nutrientes básicos al nitrógeno, fósforo y potasio (N-P-K). En un principio, la deficiencia de nitrógeno en los suelos se resolvió con compuestos de origen natural como el nitrato de sodio, obtenido en grandes cantidades de Chile. Uno de los principales consumidores fue Alemania, que para 1913 importó 750,000 toneladas. (373)

El nitrato chileno, tuvo un papel predominante dentro de las reservas estratégicas de los países europeos, ya que también era utilizado en la manufactura de explosivos. Así, las grandes potencias europeas como Inglaterra, Francia y Alemania, invirtieron enormes capitales en las minas de caliche (NaNO_3) - en Chile. Esta situación trajo como consecuencia que a finales del siglo XIX (1879-1884) Chile, Bolivia y Perú ingresaran a la

(373) Germany's effort to obtain nitrogenous compounds. Nature. - Vol. 99. No. 2471. March 8 1917. pag. 33.

guerra del Pacífico por la posesión de las minas. (374)

El nitrato cálcico, fué otra de las fuentes importantes de abastecimiento de nitrógeno proveniente de Noruega. Alemania una vez más fué uno de los principales consumidores del nitrato noruego. En 1913 consumió alrededor de 35,000 toneladas.(375)

Debido a la demanda de fertilizantes nitrogenados, se trató de buscar fuentes alternativas para su obtención y la iniciativa de nuevos procesos industriales. Entre los primeros intentos para la fijación de nitrógeno, se encuentra el proceso de arco eléctrico.

Proceso de Arco Eléctrico.

El proceso se basa en la combinación directa de nitrógeno y oxígeno del aire, empleando como fuente de energía la corriente eléctrica. En 1785 el químico inglés Cavendish, observó por primera vez que las descargas eléctricas en el aire, formaban una mezcla de ácido nítrico y nitroso. (376) El primer intento para la obtención de ácido nítrico a partir del aire, fué realizado por McDougall y Howles en 1859, aunque los resul-

(374) History of Chile. pag. 256.

(375) Nature. Vol. 99. Op. cit. pag. 33.

(376) Edward Thorpe. Tomo V. Op. cit. pag. 178.

tados obtenidos los condujeron al fracaso. (377) Lord Rayleigh en 1887, basado en las experiencias anteriores pudo aislar el nitrógeno y así, logró descubrir el Argón. (378)

El proyecto más sobresaliente para establecer el proceso de arco eléctrico a escala industrial, fué desarrollado por la compañía "Atmosferic Products Company" en 1902, bajo la dirección de C.S. Bradley y R. Lovejoy en Niagara Falla, Nueva York. La planta trabajó con relativo éxito durante tres años, pero no le fué posible competir con el nitrato chileno. (379)

En 1903, se construyó en Noruega otra planta para producir ácido nítrico con las iniciativas de Birkeland y Eyde, -- las plantas noruegas llegaron a tener una producción de 38,000 toneladas anuales de nitrógeno fijado. (380)

Estos avances dentro de la fijación de nitrógeno, no pudieron ser perfeccionados, ya que este proceso entró en desuso al surgir la síntesis de amoníaco. En 1904 la fábrica de Niagara Falla cerró y posteriormente la de Birkeland y Eyde. El alto consumo de energía eléctrica, ocasionó primordialmente la desa-

(377) Ibidem. pag. 181.

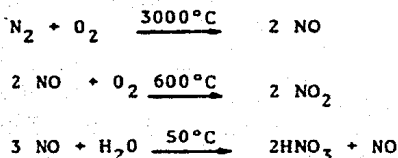
(378) Pablo Hope H. Materias Primas Industriales. Ed. U.N.A.M. México 1951. pag. 411.

(379) Gilbeart.H. Collings. Op. cit. pag. 61.

(380) W. S. Landis. The war and the nitrogen industry. Chem. & Met. Eng. Vol. 19. No. 12. Dec. 15. 1918. pag. 828.

parición del proceso. Para dar una idea del consumo de este -- proceso se calcula que se necesitaban nueve caballos de fuerza por cada tonelada de nitrógeno fijado. (381)

Las reacciones involucradas en el proceso de arco eléctrico son: (382)



La reacción que controla el proceso es la primera (formación de óxido nitroso) y tiene como constante de equilibrio:

$$K = \frac{[\text{NO}]^2}{[\text{N}_2][\text{O}_2]}$$

La constante de equilibrio, demuestra que se puede obtener un mayor rendimiento si se utilizan cantidades equimoleculares de oxígeno y nitrógeno y no como se encuentra en el aire. No obstante, en el proceso comercial se obtiene del 1 al 2% de óxido nitroso en cada paso.

(381) Ibidem. pag. 829.

(382) José A. Babor. Op. cit. pag. 349.

Proceso de Cianamida.

Los fundamentos teóricos del proceso de la cianamida -- fueron establecidos en 1862 por Federich Wülher, al tratar carburo de calcio con agua para producir acetileno. (383) La producción a escala industrial fué desarrollada por T.L. Willson -- en los Estados Unidos durante 1892; en Francia H. Moissan lo -- produjo calentando una mezcla de carbonato de calcio (CaCO_3) y coque en un horno eléctrico a temperaturas de 2000-2200° C. -- (384) Lo más notable de las investigaciones anteriores consistió en el uso de carburo como materia prima que más tarde sería la fuente principal del proceso de cianamida. Sin embargo, en sus inicios, estos descubrimientos se aplicaron solamente a los sistemas de iluminación ya que el acetileno en su combustión -- proporciona una flama luminosa.

Frank y Caro en 1895, al estudiar la producción de cianuros de metales alcalinos y alcalinoterreos, encontraron que -- el carburo metálico era un intermediario en la formación de los cianuros. Estos compuestos eran ya importantes en la minería -- destinados al beneficio de minerales de oro y plata (método de cianuración). La acción del nitrógeno sobre el carburo, investigada por Frank y Caro, condujo a conocer que el carburo de bario calentado en una atmósfera de nitrógeno formaba una mezcla

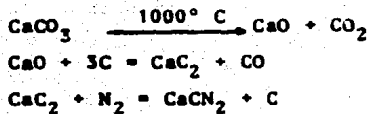
(383) A History of Technology. Vol. 6. Op. cit. pag. 523.

(384) Ibidem. pag. 524.

de cianuro de bario y de cianamida de bario (BaCN_2). (385) Este fué el principio del método de la cianamida para la fijación de nitrógeno. Más tarde, en lugar de carburo de bario se utilizó carburo de calcio; el carbonato de calcio de donde se obtenía el carburo correspondiente era la fuente más económica. Aunque el objetivo en primera instancia era la obtención de cianamida sódica, no se logró a consecuencia de escasez y costo del carbonato sódico. En 1900 Frank, encontró la forma de obtener amoníaco a partir de cianamida cálcica y agua y en el mismo año se le otorgó una patente por esta investigación. Más tarde se vislumbró la aplicación de la cianamida como fertilizante. (386)

F.E. Polzenius, estableció que con la adición de cloruro de calcio al carburo, la temperatura de nitrogenación se abaja de 1100°C a $700-600^\circ \text{C}$. (387)

Las materias primas utilizadas en el proceso son el carbón, el carbonato de calcio y el nitrógeno del aire. Las relaciones químicas de este proceso son las siguientes: (388)



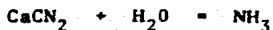
(385) Nature. August 13 1885. pag. 354-355.

(386) Gilbeart H. Collings. Op. cit. pag. 63.

(387) A. History of Technology. Op. cit. pag. 523.

(388) S. Nauchkoff. Op. cit. pag. 523.

Y para la producción de amoniaco:(389)



Con el descubrimiento del uso de la cianamida cálcica - como fertilizante, se erigieron fábricas en varias partes de Europa y posteriormente en América. En 1905 se instala la primera planta en Weteregen, Alemania y en 1906 una segunda planta en Piano d'Orto, Italia. (390) En 1909, se establece la primera planta en América en Niagara Falls con la empresa "American Cyanamid Co.". (391)

El cuadro No. 21 muestra la producción de cianamida cálcica en el mundo.

CUADRO No. 21

	1913	1929	1934
PRODUCCION DE CIANAMIDA CALCICA (TONELADAS)	70,000	390,000	539,000

FUENTE: J. Breslauder. War nitrogen industry survives international crisis. Chem. & Met. Eng. Vol.43 No. 5 May. 1936. pag. 864.

(389) Ibidem. pag. 531.

(390) J.M. Braham. Commercial status of nitrogen fixation. Chem. & Met. Eng. Vol. 32. No. 17. Nov.1925. pag. 864.

(391) W. S. Landis. The production of ammonia from cyanamid. -- AICHE. (trans) (8). 1915. pag. 267-277.

El siguiente cuadro No. 22 presenta la producción mundial de cianamida por países en 1936.

CUADRO No. 22

PAIS	PRODUCCION (TON)
Canadá	80,000
Checoslovaquia	6,000
Francia	36,000
Alemania	114,500
Italia	21,400
Japón	62,800
Yugoslavia	14,000
Noruega	45,000
Polonia	30,000
Rumania	5,000
Suecia	6,000
Suiza	5,000
Estados Unidos	40,000

FUENTE: J. Breslauder. War nitrogen industry survives international crisis. Chem. & Met. Eng. Vol. 43. No. 5. May. - 1936. pag. 283.

La producción de cianamida cálcica a partir de 1936, empezó a decaer, debido principalmente a la imponente producción de amoníaco sintético por los procesos Haber-Bosch o sus modificaciones. Esto provocó que el proceso de cianamida entrara en

desuso al igual que el proceso de arco eléctrico.

El proceso de amoniaco sintético resultó ser el proceso más económico y de mayor eficiencia que resolvió en última instancia la demanda mundial de fertilizantes y desplazó al resto de las tecnologías.

Proceso de Amoniaco Sintético.

El amoniaco se obtuvo por primera vez a partir de orina y sal común y al tratar estos compuestos con álcalis se desprendía un gas al que se le denominó "espíritu volátil". Al parecer la primera sal de amoniaco se preparó a partir del Egipto del hollín o de los volcanes del Asia Central y se conoce como cloruro de amonio; se formaba también sobre el ardiente estiércol con los camellos. (392) Los sacerdotes egipcios conocían esta sustancia con el nombre de "sal amoniaco" que parece tener alguna relación con el dios egipcio Ra Ammon. (393)

En 1785 Berthollet, demostró que el amoniaco estaba - - constituido por nitrógeno e hidrógeno. Los resultados de Berthollet fueron confirmados por Austin en 1788. Davy (1800) y Henry (1809) fueron quienes establecieron su constitución como

(392) J. Partington. Op. cit. pag. 496.

(393) José A. Babor. Op. cit. pag. 333.

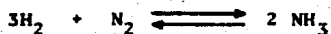
NH_3 . (394)

Aproximadamente durante cincuenta años, las investigaciones en relación al amoníaco decayeron considerablemente. Es con von Liebig cuando se retoma el interés por los compuestos nitrogenados al darse a conocer que el nitrógeno es uno de los nutrientes principales para el desarrollo de las plantas y además, cuando se vislumbra la posibilidad de fijar nitrógeno y de sintetizar al amoníaco.

Los trabajos de síntesis de amoníaco se remontan a 1865 en Inglaterra, con la patente de Charles Tellier, para la obtención de oxígeno en donde se producía nitrógeno como subproducto. El nitrógeno se pasaba a través de fierro esponjoso, previamente calentado al rojo. Posteriormente se introducía una corriente de hidrógeno y se observó la formación de grandes cantidades de amoníaco. En 1871 el francés Tessié du Motay, emplea en su patente nitruros de titanio. Tellier en 1881, retoma algunas patentes alemanas y francesas para la producción de amoníaco a partir de nitrógeno atmosférico al hacerlo pasar a través de una mezcla de fierro y titanio. Como trabajo adicional en esta dirección, fué el realizado por Ramsay y Young en 1884. Sus patentes fueron utilizados por Hlavati en Austria en 1895, por la "Christiania Minekompany" en Francia en 1895 y por M. Le Cha

telier en 1901. (395)

En 1881 Graham y Ottos, dieron a conocer que la mezcla de nitrógeno e hidrógeno en las proporciones en que se encuentran en el amoníaco, no se producía ninguna combinación, ya sea por medio de presión, temperatura o al usar un catalizador de platino. Sin embargo, las investigaciones mostraron lo contrario. En 1907 Nerst y Jost, realizaron una serie de experimentos para determinar el equilibrio en el sistema.



Con esto comprobaron la propuesta de LeChatelier "Siempre que actúa una fuerza sobre un sistema en el estado de equilibrio, éste reaccionará en una dirección que tiende a contrarrestar la fuerza aplicada"; en los experimentos resultó que a altas presiones la reacción se verificaba rápidamente y se obtenía una mayor concentración de amoníaco. (396)

Fritz Haber (1868-1934), fue el investigador que se basó en los trabajos anteriores y desarrolló un método viable para la obtención de amoníaco. Haber, estudió química en la Universidad de Heidelberg, entre 1886 y 1891, bajo la dirección de Bunsen. En 1905, publicó un libro sobre termodinámica de las reacciones -

(395) Nature. Vol. 101. No. 2533. May. 1918. pag. 210.

(396) S. Nauchkoff. Op. cit. pag. 525-530.

gaseosas, en donde menciona la producción de pequeñas cantidades de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno a una temperatura de 1000° C. y fierro como catalizador. (397) En 1908 Haber obtiene su primera patente para la síntesis de amoníaco y propuso como catalizadores al Osmio y al Uranio. En 1909 la "Badische Anilin und Soda Fabrick", con la colaboración del Dr. - - Bosch y sus colaboradores resuelven el problema del catalizador y comienzan a producir amoníaco a gran escala por método Haber. (398)

Carl Bosch (1874-1940), había estudiado ingeniería metalúrgica y mecánica de 1894 a 1896 en la "Technische Hochschule" en Charlottenburg. Comenzó a estudiar química en la Universidad de Leipzig en 1896. En abril de 1899, inició sus trabajos como químico en la Badische y participó activamente en la nueva industria del indigo sintético. En 1907, trabajó en una planta piloto para la producción de cianuro de bario y fué director de la Bandische en 1919. (399) Por estos trabajos Fritz Haber y Carl Bosch, se hicieron merecedores a uno de los premios más cotizados en el ámbito científico, el premio Nobel de Química. Haber lo obtiene en 1910, por "la síntesis de amoníaco a partir de sus elementos" y Bosch en 1931 por el "reconocimiento de sus

(397) Fritz Haber. Nobel Lectures Chemistry (1901-1921). Published by Nobel Foundation. pag. 319-314.

(398) H. C. Parmelee. Technical Progress in German Chemical. --- Chem. & Met. Eng. Vol. 35. No. 6. June 1928. pag.334-337

(399) Carl Bosch. Nobel Lectures... 1931. Op. cit. pag. 187-243.

contribuciones para la invención y desarrollo de métodos químicos de alta presión".(400) El proceso Haber-Bosch consiste en hacer pasar una mezcla de nitrógeno e hidrógeno a través de un catalizador adecuado a una presión de 300 psi (207 kg/cm²) y a una temperatura de 550° C. A condiciones normales de presión y temperatura, las cantidades necesarias para producir una tonelada métrica de amoníaco eran aproximadamente de 70,000 ft³ de hidrógeno y 23,500 ft³ de nitrógeno. (401) El costo del proceso estaba gobernado por el costo de los gases, principalmente por el de hidrógeno ya que éste necesita ser de alta pureza, el costo del catalizador, la sección de alta presión de la planta aunado con el costo del mantenimiento. (402)

En 1910, por vez primera, se produjo amoníaco líquido. En 1911, la producción se incrementó primero a 25 kg. y posteriormente a 100 kg. diarios. Para 1912, ascendió a 1,000 kg. de amoníaco puro diariamente. (403)

En 1913 en Oppau, Alemania, los trabajos realizados por la B.A.S.F. culminaron con la creación de la primera planta del mundo para la síntesis de amoníaco, con una capacidad inicial -

(400) Ibidem.

(401) Chester H. Jones. Nitrogen fixation by the Haber Method. Chem. & Met. Eng. Vol. 22. No. 23. June 9 1920. pag.1071-1075.

(402) Ibidem.

(403) Chem. & Eng. Eng. Vol. 35. June . 1928. Op. cit. pag.335

cial de 30 toneladas diarias de amoníaco. (404)

El proceso Haber-Bosch, resultó ser el más económico para la fijación de nitrógeno y comenzó a desplazar los métodos establecidos anteriormente. Al comienzo de la Primera Guerra Mundial, Alemania se colocó en situación difícil, debido a que los países enemigos, cerraron el mercado mundial. De los productos más importantes para la Guerra era el nitrato chileno, indispensable para la fabricación de explosivos. Alemania, principal consumidor de este producto se ve en la necesidad de incrementar la producción de amoníaco como fuente de fijación de nitrógeno y además como materia prima para la fabricación de explosivos, que le permitió abastecer su demanda interna.

La siguiente tabla muestra el cambio que sufrieron las exportaciones de nitrato chileno antes y después de la guerra.

TABLA No. 5

EXPORTACIONES DE NITRATO CHILENO

EXPORTADO A:	1913 (TON MET)	1924 (TON MET)
Estados Unidos.	630,790	960,411
Reino Unido	1,004,979	854,306
Alemania	629,298	94,441
Francia	121,472	46,029
Bélgica	118,690	15,062
Holanda	100,379	27,211
Egipto	12,300	81,263
Otros	120,431	254,677

(404) Ibidem. pag. 335.

FUENTE: Otto Wilson. Fertilizer trade developments. Ind. & Eng. Chem. Vol. 18. No. 14. April 1926. pag. 402.

El siguiente cuadro, muestra una estadística que confirma la baja que tuvo la industria del nitrato chileno.

CUADRO No. 23

FUENTE DE NITROGENO	1913 % TOTAL	1926-27 % TOTAL
Nitrato Chileno	54	23
Sulfato de Amonio (Subproducto)	36	24
Nitrato de calcio (Noruega)	3	2
Cianamida	4	14
Amoniaco Sintético	3	37

FUENTE: H. R. Smalley. Observations on recent european fertilizer developments. Ind. & Eng. Chem. Vol. 21. April 1929 pag. 376.

Matignon comenta con respecto a la situación alemana -- después del confrontamiento mundial "... es correcto decir que la química salvó a Alemania del desastre". (405)

Al término de la Primera Guerra Mundial, varios países intentaron desarrollar su propio proceso de síntesis, así resultaron los procesos Claude, Casale, Linde, Fauser y Mont Cenis;

(405) Nature. Vol. 99. No. 2471. March. 8 1917. pag. 33.

que eran en realidad modificaciones del proceso desarrollado -- por Haber. Estas modificaciones consistían esencialmente en -- las condiciones de operación (presión y temperatura), en la forma de obtención de los gases especialmente el hidrógeno y en el catalizador empleado.

La tabla No. 16 muestra los diversos procesos que surgieron a partir de este momento.

TABLA No. 16

PROCESO	PRESION (ATM)	TEMPERATURA (° C)	CATALIZADOR	RENDIMIENTO	FUENTE DE HIDROGENO
Haber-Bosch	200	550	Fierro act.	8%	Gas de agua
Claude	900-1000	500-650	Fierro act.	40-45%	Varios
Cesale	600-750	500	Fierro act.	15-18%	Varios
Fausser	200	500	Fierro act.	12-23%	Electrólisis
Mont-Cenis	100	400-425	FeCN	9-20%	Electrólisis Gas natural

FUENTE: J. M. Braham. Commercial status of nitrogen fixation. Chem. & Met. Eng. Vol. 32. No. 17. Nov. 1925. pag. 863.

Uno de los problemas que presentaron los procesos de síntesis de amoníaco, consistía en el catalizador, ya que era necesario que fueran activos y resistentes al envenenamiento. Los primeros catalizadores utilizados por Haber, fueron el Osmio y el Uranio que resultaron costosos y se envenenaban con facilidad con la presencia de monóxido de carbono o de ácido sulfú-

drico, provenientes de la corriente de hidrógeno. Más tarde se observó, que el fierro, manganeso y níquel, eran magníficos catalizadores y que la adición de activadores aumentaban el rendimiento. (406)

Un buen catalizador se puede obtener por reducción de óxido de fierro y/o magnetita. Su actividad aumenta cuando se encuentran presentes óxidos alcalinos y de otros metales. El catalizador de fierro con óxido de aluminio dió un rendimiento de amoniaco del 8%, con el óxido de potasio del 5%, pero con una mezcla de los dos, en forma de aluminato de potasio, alcanzó un rendimiento del 14%. (407)

En el estudio de la reacción catalítica al parecer, primero el catalizador activa al nitrógeno para dar un nitruro de fierro en la superficie del catalizador y después de activa el hidrógeno y se reduce el nitruro para dar amoniaco y regenerar el catalizador. (408)

A finales de la Primera Guerra Mundial, los Estados Uni

(406) F. G. Laupichler. Producing hydrogen by catalytic water-gas reaction. Chem. & Met. Eng. Vol. 43. No. 3. March. 1936. pag. 122-126.

(407) J. A. Alquimist. A. study of pure-iron and promoted-iron catalysts for ammonia synthedis. Ind. & Eng. Chem. Vol. 18. No. 12. Dic. 1926. pag. 1307-1309.

(408) A. T. Larson. Ammonia Catalysts. Ind. & Eng. Chem. Vol. 18. No. 12. Dic. 1926. pag. 1305-1306.

dos comenzó a trabajar en la síntesis de amoníaco. La primera planta la estableció la compañía "General Chemical Co." y perfeccionaron el proceso Haber-Bosch, ya que lograron efectuar la reacción a presiones y temperaturas menores. La planta era capaz de producir 20,000 toneladas anuales de nitrato de amonio. (409) Para 1920, existían en el mundo sólo 3 plantas que utilizaban el método Haber. La primera localizada en Oppau, Alemania con una capacidad de 400 toneladas de amoníaco diarias; la segunda en Mersebur, Alemania con 700 toneladas de amoníaco por día y la tercera en los Estados Unidos. La siguiente tabla muestra la producción de amoníaco por estas plantas de 1913 a 1918.

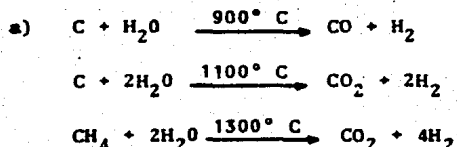
TABLA No. 17

AÑO	PRODUCCION (TON)
1913	7,500
1914	15,000
1915	37,500
1916	75,000
1917	125,000
1918	265,000

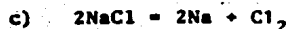
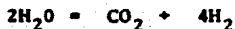
FUENTE: Chem. & Met. Eng. Vol. 22. No. 23. June 9. 1920. pag. - 1072.

(409) Nature. No. 2550. Vol. 102. Sep. 12. 1918. pag. 1072.

Para la obtención de hidrógeno necesario en la síntesis de amoníaco, existen alrededor de 25 métodos de los cuales sobresalen tres: 1) La gasificación total de carbón, coque y lignita, método conocido como el de gas-agua, b) el método de "coke-oven gas" y c) la electrólisis del agua, que incluyen soluciones salinas, fermentación, "cracking" de los gases del petróleo, gas natural y la acción del vapor sobre fierro u óxido de fierro. Las reacciones de estos métodos son las siguientes. -- (410).



b) Gases del petróleo (gas natural)



Vapor de agua sobre fierro.



Para 1938 la distribución de estos métodos era la siguiente: (411)

Método a)	55%
Método b)	26%
Método c)	16%
Otros	3%

Proceso Biológico.

El proceso biológico ha sido estudiado desde finales -- del siglo pasado, al tratar de explicar los fenómenos que afectan al desarrollo de las plantas y la fertilidad de los suelos. Boussingault, Hellriegel, Winogradsky y Beijerinck, fueron los pioneros en realizar experiencias en relación con los factores que afectan la actividad de las leguminosas y su contribución en la economía del nitrógeno. La importancia que ha tenido el nitrógeno para la vida animal y vegetal sugirió la forma de poderlo fijar. Así se comenzaron a desarrollar procesos para este propósito y surgió la posibilidad de obtenerlo a partir de agentes naturales. El proceso biológico en base al ciclo que --

(411) Ibidem.

forma éste en la naturaleza. (Ver figura No. 4).

Las investigaciones dieron resultados sobresalientes al asegurar que "Todas las plantas, y muchas bacterias, reducen -- los nitratos a amoníaco por medio de los nitritos; posteriormente, el amoníaco se incorpora a los biopolímeros nitrogenados. Este proceso se conoce como "reducción asimiladora de los nitratos". Es el principal proceso por el cual el nitrógeno es incorporado a la materia vegetal, y de aquí, a la animal. (412)

Todo este proceso está regido de acuerdo al ciclo natural que efectúa el nitrógeno. Además, lo que permite ayudar la realización de este ciclo es la relación existente entre la vida animal y la vida vegetal; las plantas en suelos faltantes de nitrógeno son abastecidas gracias a los microorganismos que fijan el nitrógeno para ser asimilable por éstas. "La oxidación biológica de amoníaco para formar nitratos y nitritos se denomina "nitrificación" y los microorganismos responsables reciben el nombre de bacterias nitrificantes".(413)

Las experiencias, lograron identificar que algunas bacterias y algas reúnen los requisitos para la fijación de nitrógeno. (414) Los microorganismos encargados de realizar esta --

(412) Diana Cruz Valverde. Fijación de Nitrógeno. La participación del Estado Mexicano en la Industria de Fertilizantes. U.N.A.M. México 1987. pag. 8.

(413) Ibidem. pag. 10.

(414) David R. Safranr. Nitrogen fixation. Science. pag.64-71.

síntesis, se pueden dividir en dos grandes grupos: las bacterias simbióticas y las bacterias independientes. La tabla No. 18 muestra los principales organismos fijadores de nitrógeno.

Para evitar el agotamiento de los suelos es conveniente emplear la rotación de cultivos y sembrar después de una cosecha leguminosas. La cantidad de nitrógeno fijada por las *Rhizobium* es de 100 a 200 kilogramos por hectárea al año. El departamento de agricultura de los Estados Unidos, ha calculado que más del 50% del nitrógeno aprovechable por las plantas es de origen biológico. (415)

(415) Nitrifying Bacteria in North Carolina soils. Science. --
Sep. 24, 1909, pag. 413-444.

FIGURA No. 4
CICLO DEL NITROGENO

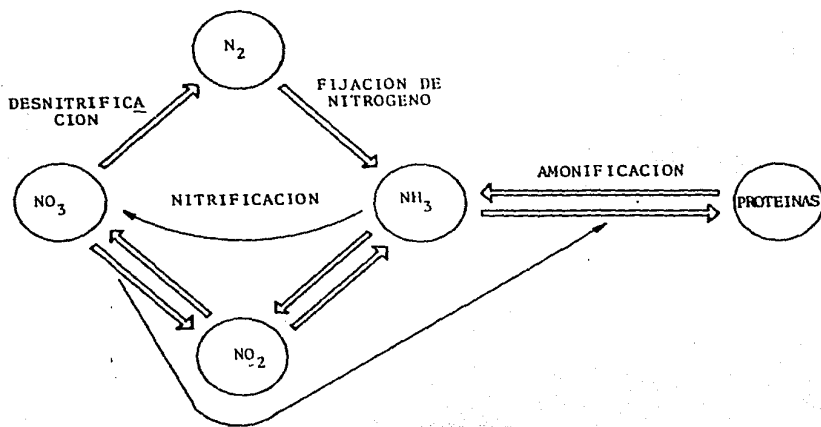


TABLA No. 18

	ORGANISMO FIJADOR DE NITROGENO	ORGANISMOS ASOCIADOS	HABITAT NATURAL	
BACTERIAS INDEPENDIENTES	azobacteria vinelandii.	ninguno	suelos aeróbicos.	
	clostridium pasteurianum.	ninguno	suelos anaeróbicos.	
	klebsiella pneumoniae	varios	suelos aeróbicos y anaeróbicos; agua; también en asociación con plantas y el hombre.	
	rhodospirillum rubrum	ninguno	superficie de estanques, pantanos, (una bacteria fotosintética)	
BACTERIA SIMBIOTICA	no leguminosas	citrobacteria freundii.	termitas	
		frankia alni.	aliso.	raíces del aliso.
		nostoc muscorum.	gunnera macrofila hierba tropical).	en tallos; una cianobacteria.
	leguminosas.	anabaena azollae	azolla (helecho	en los poros de las hojas; una cianobacteria.
		rhizobium japonicum	soya	raíces de la soya.
		rhizobium trifolii	trébol	raíces del trébol.
		rhizobium meliloti	alfalfa	raíces de la alfalfa.

FUENTE: Winston J. Brill. Biological Nitrogen Fixation. Science. pag. 70-71.

FERTILIZANTES EN MEXICO.

Los primeros habitantes de México, practicaron la agricultura como medio de subsistencia y se encontraron con tierras de fertilidad aceptable en algunas regiones del país. Por ejemplo, la cultura Maya establecida en lugares de clima semitropical, basaba su economía en el cultivo del maíz. Las condiciones climatológicas permitían que el maíz se desarrollara sin ninguna dificultad. (416)

A diferencia del pueblo Inca, las culturas mexicanas de la meseta central utilizaban excrementos de ganado y humano para fertilizar sus tierras. (417) Situación que prevaleció con la llegada de los españoles. Hernán Cortés, apunta con respecto a la fertilidad del suelo mexicano, en un informe dirigido al rey "Todas las plantas de España (se) producen admirablemente en esta tierra..." (418)

El interés principal de los conquistadores fué la explotación de metales preciosos y el establecimiento de centros mineros en casi todo el reino de la Nueva España. La actividad agrícola surgió alrededor de estos centros, como medio de abasto para la población local; ya que resultaba más costoso transportar los alimentos desde el centro del reino.

(416) Luis Manuel Layna. El Hombre. Vol. 12. Ed. UTHEA. México, 1983. pag. 1469.

(417) Michael D. Coe. The Chinampas of México.

(418) Alejandro de Humboldt. Op. cit. pag. 65.

En la época colonial la minería ocupó un lugar predominante en la economía del reino y pasaron a un segundo término - otras actividades que permitieran fortalecer las relaciones comerciales. En 1803 Alejandro de Humboldt comenta al respecto: "... los principales manantiales de la riqueza del reino de México no están en las minas, sino en su agricultura, que se ha mejorado muy visiblemente desde fines del último siglo... la gran fertilidad del suelo mexicano es incontestable..." (419)

En el período de la lucha de independencia, casi todas las actividades industriales se vieron frenadas, principalmente la minería y la agricultura. Agustín Cue Canovas menciona que: "La guerra de independencia en la Nueva España constituyó una fase del proceso de disolución del Imperio Español en América. Once largos años de lucha dieron origen a una crisis profunda en el régimen colonial, crisis que se manifestó más vigorosamente en el ramo de la minería, pero afectó también el tráfico, la agricultura, la industria y la hacienda pública". (420)

Al terminar la guerra civil y establecerse la República resurge la actividad industrial, principalmente la minería. La industria textil empieza a desarrollarse e intensifica la actividad agrícola, enfocada al cultivo del algodón.

(419) Ibidem. pag. 237.

(420) Agustín Cue Canovas. Historia Social... Op. cit. pag. 241.

En 1827, cuando la independencia de México había sido reconocida por el gobierno británico, arriba a nuestro país en visita oficial George Ward. Durante su estancia en México, hace declaraciones similares a las de Humboldt con respecto a la fertilidad del suelo mexicano y la escasez de agua "En la mesa central la falta de agua es la mayor dificultad que tiene que vencer el agricultor... la fertilidad natural de la tierra se convierte casi en una consideración secundaria, ya que el éxito o fracaso de la cosecha depende por completo de que la estación de lluvias comience a tiempo... por consiguiente, la irrigación es el gran objetivo del agricultor mexicano, y para lograrlo se erogaban sumas inmensas en los principales Estados, para la construcción de acequias, presas y norias...". (421)

La agricultura mexicana en su inmensa mayoría era de temporal; no existían tierras que se cultivaran por medio de sistemas de irrigación. Todavía para esta época, no existe indicio alguno de la utilización de materiales que permitiesen aumentar la fertilidad de los suelos

Entre los años 1830 y 1842, surgen dos instituciones dedicadas al fomento industrial el Banco de Avío (1830) y la Dirección General de Industrias (1842). Lucas Alamán, que pugnó por la formación de la primera y director de la segunda, describe la situación imperante de la agricultura en el país y recono

(421) H. G. Ward, Op. cit. pag. 53.

ce que ésta era de suma importancia para la estabilidad económica de México. (Ver Cap. III. Industria Textil).

Para mediados del siglo XIX, la agricultura mexicana -- era de tipo extensivo, así lo hace ver A. Belenki: "... las relaciones sociales casi no habían cambiado en comparación con -- las existentes a finales del período colonial. Las clases dominantes seguían siendo los terratenientes feudales de las haciendas, donde trabajaban millones de peones. En los años que siguieron... las propiedades de los terratenientes se ampliaron -- considerablemente a expensas de las tierras de las comunidades indígenas, cuyos miembros se convertían en peones, pequeños -- arrendatarios o en simples léperos... En 1885 había en México 6,092 haciendas, es decir, más de 2,000 que en 1810. Algunas -- alcanzaban dimensiones gigantescas de 1.5 a 2 millones de hectáreas...". (422)

Al parecer esta situación, provocó en gran medida el retraso en el empleo de materiales fertilizantes. Los terratenientes no se preocuparon en aumentar el rendimiento de las cosechas, debido principalmente a la mano de obra obligadamente barata y a la posesión de grandes extensiones territoriales. La iglesia católica considerada como uno de los grandes terratenientes, tenía tierras improductivas prácticamente abandonadas, si-

(422) A. B. Belenki. La intervención extranjera de 1861-1867 - en México. Ed. Cultura Popular, S.A. México 1977. pag. 21-22.

tuación que propició aún el tardío uso de fertilizantes. Las leyes de Reforma no resolvieron en su totalidad este problema; aunque se enajenaron los bienes eclesiásticos, los grandes terratenientes laicos se adjudicaron estos bienes y aumentaron -- aún más su poder.

Explotación de Guano.

En la década de los 1859's, se expidieron una serie de decretos gubernamentales relacionados con la explotación del -- guano en varias islas mexicanas. Es importante enfatizar que -- el guano para esta época era aprovechado en grandes cantidades por varios países europeos con propósitos fertilizantes, mientras que en México casi la totalidad de la explotación se exportaba y no existe noticia de su aprovechamiento.

La otorgación de permisos y contratos para la explotación del guano, corrió a cargo de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria, dependencia que estableció las condiciones necesarias para la explotación. Dentro de las más importantes se encontraban, el tiempo de explotación o cantidad a explotar, impuesto por tonelada explotada, localización del terreno y fianza. (423) (Ver anexo No. IV).

(423) (A.G.N.) Biblioteca Dublan y Lozano. Legislación Mexicana. Vol. 7 No. 9171. Diario Oficial. Enero 16 de 1859. pag. 10-11.

Entre los decretos de mayor importancia se encuentra el efectuado por el presidente Porfirio Díaz, el 20 de septiembre de 1877, que permite "la libre importación del guano".(424)

El "interés" de Porfirio Díaz por el adelanto científico del país, fué reconocido sólo por sus más cercanos seguidores, como lo demuestra Vicente Riva Palacio al señalar que "El presidente Díaz amigo celoso de la ciencia, esta dispuesto a hacer cuanto le sea posible para promover el adelanto científico en México".(425)

Es en el gobierno porfirista, cuando existe la preocupación de introducir al país el conocimiento de materiales que aumentaran el rendimiento de los cultivos, como por ejemplo el guano y los huesos. Estos conocimientos se introdujeron al país por medio de diversos artículos publicados en Boletines Oficiales Mexicanos. Así en 1877 en el "Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana" apareció un artículo donde se da a conocer la absorción del azoe (Nitrógeno), por las plantas bajo la influencia de la electricidad atmosférica. (426)

De acuerdo a la estructura social de la época, fué la -

(424) Boletín del Ministerio de Hacienda y Crédito Público. Tomo II. México, 1877. pag. 197. (H.N.).

(425) Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo I. Julio 3 de 1887. pag. 4. (H.N.).

(426) Ibidem. Tomo I. No. 7. Julio de 1877. pag. 4.

burguesía porfiriana la única clase social que podía tener acceso a esa información, ya que el pueblo en general poseía una -- educación precaria. Sin embargo la burguesía, no logró poner los conocimientos en práctica. A pesar de esta situación la burguesía porfirista monopolizó la explotación del guano mexicano.

En la siguiente tabla No. 19 se muestran las exportaciones mexicanas de guano durante la época porfirista.

En el anexo IV se muestran las principales publicaciones referentes a materiales fertilizantes en Boletines Oficiales.

TABLA No. 19

AÑO	CANTIDAD (KG)	VALOR (PESOS)
1885-86	1'189,880	6,200
1886-87	-	-
1887-88	4'810,449	68,024
1888-89	2'168,819	35,562
1889-90	2'271,076	28,025
1890-91	-	-
1891-92	1'492,047	29,000
1892-93	559,936	12,021
1893-94	-	-
1894-95	-	-
1895-96	1'986,256	44,762
1896-97	584,221	5,738
1898-99	1'440,579	20,240
1899-00	433,019	4,638
1900-01	1'091,436	9,297
1901-02	1'717,392	29,306
1902-03	788,562	14,215
1903-04	1'580,553	32,573
1904-05	616,770	20,943
1905-06	1'589,031	29,609
1906-07	1'679,385	38,857
1907-08	2'321,599	35,106
1908-09	3'686,845	50,742
1909-10	4'897,518	79,408
1910-11	3'924,588	64,974

FUENTE: Estadísticas Económicas del Porfiriato. Comercio Exterior de México. (1877-1911) México 1960. Vol. I. pag. - 388.

En la tabla siguiente (20) se presentan las importaciones de guano en la época porfiriana.

TABLA No. 20

AÑO	CANTIDAD (KG).	VALOR (PESOS)
1892-93	1,121	45
1893-94	11,971	7,102
1894-95	37,798	8,882
1895-96	71,803	14,114
1896-97	77,335	15,896

FUENTE: Anuario Estadístico de la República Mexicana. Años 1893 a 1898. Hums. 1 al 5. México 1893-1898. pags. 208, 209, 241 y 242. (H.N.)

Los países de donde se importaba el guano eran: Alemania, Estados Unidos, Francia, Inglaterra y Perú. Las importaciones de guano estaban libres de impuestos, resultado del decreto de 1877. A excepción del Perú los demás países no eran productores de guano. El país importaba pequeñas cantidades de guano y exportaba cantidades superiores, al parecer con el objeto de regular el mercado. No obstante a las grandes explotaciones de guano en el país, la agricultura mexicana obtuvo poco beneficio, solamente algunos agricultores ricos utilizaban pequeñas cantidades de este producto en sus haciendas, principalmente en las de caña de azúcar y la mayoría de la producción se exportaba.

Fosfatos y Superfosfatos.

A finales del siglo XIX la industria de los superfosfatos se encontraba en auge en diversas partes del mundo, por lo cual existía una enorme demanda de huesos, materia prima indispensable para la fabricación de estos compuestos. En México la industria de los superfosfatos no existía, tal vez debido a los siguientes factores: no había un mercado establecido para los -superfosfatos, escasez de ácido sulfúrico y retraso tecnológico (desconocimiento del proceso). Solamente proveía a los países industrializados de la materia prima, los huesos.

En la tabla siguiente (21) se muestran las exportaciones de huesos en la época porfiriana.

TABLA No. 21

AÑOS	CANTIDAD (KG).	VALOR (PESOS)
1877-1880	897,227	4,128
1880-1885	1'916,313	20,206
1885-1890	4'485,972	41,926
1890-1895	7'356,444	69,290
1895-1900	8'877,947	153,792
1900-1905	11'306,287	175,461
1905-1911	15'140,543	362,289

FUENTE: Estadísticas Económicas del Porfiriato. Comercio Exterior de México (1877-1911). México 1960. Vol. I. pag. 392.

Las cantidades de hueso exportada era considerable; si los huesos hubieran sido transformados a superfosfatos, la producción mexicana habría alcanzado aproximadamente el 10% de la producción mundial. (427)

En 1912 aparece en el "Boletín de la Dirección General de Agricultura", uno de los primeros artículos relacionados -- con el aprovechamiento de los huesos y la fabricación de superfosfatos. Gabriel Itie en el artículo titulado "la utilización de los huesos" comenta que el ácido fosfórico es una de las sustancias indispensables para la fertilización de la tierra. Además realizó un análisis respecto a la composición de los huesos y mencionó su tratamiento con ácido sulfúrico para obtener uno de los mejores fertilizantes conocidos como superfosfatos. En su estadía por Tabasco, menciona que esta industria no se puede llevar a cabo ". No hay que pensar en éste (superfosfato), hasta que Tabasco tenga grandes industrias químicas, y, mientras tanto, hay que conformarse con el empleo de huesos...".(428)

El retraso en el conocimiento del proceso de los superfosfatos es aproximadamente de 45 años. En ese período México solamente era un exportador de materia prima (huesos) y no pro-

(427) Cálculo directo.

(428) Gabriel Itie. La utilización de los huesos. Boletín de la Dirección General de Agricultura. Vol. 5. Año. II. No. 5. Parte I. Mayo de 1912. (H. N.)

cesaba ninguna cantidad de éstos para fabricar superfosfatos. - Al parecer uno de los primeros intentos, para aprovechar los -- huesos con fines agrícolas, corrió a cargo de la compañía - - - "Beick Felix & Cía." por el año de 1913. Osorio Rafall en 1948 apunta "El empleo de fertilizantes en México es una práctica relativamente reciente en la agricultura nacional, pues la primera planta que se estableció en nuestro país data aproximadamente de 35 años, cuando inició sus operaciones la planta de harina de huesos de Beick, Félix y Cía. La firma primitivamente -- Johansen Félix y Cía., tiene más de cincuenta años de dedicarse al comercio de fertilizantes. En la primera planta que estableció se elabora únicamente harina de hueso como abono fosfatado, con un porcentaje de 1.5 a 2% de nitrógeno".(429)

Compuestos Nitrogenados.

En 1911, el ingeniero Gabriel Gómez, publicó en el "Boletín de la Dirección General de Agricultura", un artículo relacionado con la preparación y el uso de la sangre desecada, como compuesto nitrogenado y analizó su composición en los siguientes términos "... la sangre desecada contiene de 10 a 12 de -- azoe y de 5 a 15% de ácido fosfórico con 6 a 8 de potasa por -- mil... este abono es de gran valor desde el punto de vista de -- su riqueza en azoe, así es que su empleo está indicado en todos

(429) Osorio Tafall. Revista de Economía. México. Marzo 31 de -- 1948. pag. 15.

los cultivos que requieran fertilizantes nitrogenados". (430)

Desde 1910 existía en el rastro de la ciudad de México una planta con maquinaria destinada a la producción de sangre desecada. Se desconoce la producción de la planta y cuándo dejó de funcionar. (431)

Carlos Macías en 1912 publica otro artículo relacionado con los compuestos nitrogenados. En el cual los experimentos enfocados a la fijación biológica del nitrógeno. "La nitagina, cuyo uso ha sido introducido en México para la inoculación de las tierras, es, como se sabe, un cultivo artificial de los microbios llamados azobacterias, que tienen la propiedad de producir nudosidades en las raíces de las leguminosas, las cuales, - por medio de esos seres microscópicos, utilizan en su alimentación el azoe libre contenido en el aire, y enriquece las tierras de cultivo con este elemento...". (432) Este experimento de 1905 fue patrocinado en 1908 bajo el auspicio del Secretario de Fomento que ordenó que la Comisión de Parasitología Agrícola con la dirección del profesor Alfonso L. Herrera, se dedicara a este estudio. Más tarde, éste asunto se puso en manos de la Es

(430) Gabriel Gómez. Preparación y uso de la sangre desecada. - Boletín de la Dirección General de Agricultura. Año I. No. 3. Parte I. Julio 1911. pag. 1-8-191. (H.N.).

(431) Carlos Macías. Resultados de la nitragina en la República Mexicana. Boletín de la Dirección General de Agricultura Vol. 5. Año II. No. Parte I. Mayo de 1912. pag. 374-392. (H.N.)

(432) Ibidem. pag. 377.

cuela Nacional de Agricultura y en 1908 a la estación agrícola central, "donde hasta la fecha (1912) se continúa la preparación de la nitragina..."(433)

Con la Revolución Mexicana se vieron frenadas en gran medida las actividades agrícolas e industriales del país. En relación a la explotación de guano, la situación prevaleció; de explotación para exportación. Durante la Revolución hubo un cambio en los permisionarios; la antigua burguesía porfiriana cedió su lugar a los generales revolucionarios entre los que destacan el Gral. Lucio Blanco y el Gral. Benjamín G. Hill. (Ver anexo No. IV).

Al culminar la Revolución Mexicana, el país entra en una etapa de estabilidad sociopolítica, que permitió plantear una política enfocada al establecimiento de la industria química básica. En la década de los 1920's, se establecieron varias plantas para la producción de ácido sulfúrico, materia prima esencial en la elaboración de los fertilizantes. En 1926 la "Mexican Zinc Co." subsidiaria de la "American Smelting & Refining Co." en Nueva Rosita, Coahuila, inicia la producción de pequeñas cantidades de sulfato de amonio (NH_4SO_4), a partir de ácido sulfúrico y amoniaco. Este último se obtenía de los hornos de fundición (coquisación). El sulfato de amonio, por no tener un mercado establecido en el país se exportaba a los Esta

dos Unidos. Posteriormente en los 40's esta planta alcanzó una producción aproximada de 3,000 toneladas anuales, misma que se distribuía en el País. (Ver capítulo VI, Ácidos en México).

En 1937 la política gubernamental de los fertilizantes, sufrió un cambio drástico. Al terminar las concesiones de guano a particulares, se decreta la veta para la explotación del guano de aves marinas. (434) La veda surge como una necesidad del gobierno, para tener un control más efectivo del comercio de los fertilizantes y proteger las aves guaneras. En el mismo año se crea por decreto presidencial la "Comisión Nacional para el Estudio y Fomento de la Utilización de Fertilizantes Nacionales". Es en período presidencial de Lázaro Cárdenas cuando es nombrado director de la comisión el químico Roberto Medellín, quien establece las bases para la formación de la empresa paraestatal "Guanos y Fertilizantes de México", S.A., con el proyecto que sirvió como fundamento de los lineamientos con los que operaría la empresa. (435)

Lázaro Cárdenas fué uno de los presidentes que más apoyó a la industria en general, particularmente a la industria de los fertilizantes. Es en su gobierno cuando se establecen diversas empresas dedicadas a la producción e importación de estos materiales. Así en 1936 se encuentran los primeros indi-

(434) Diario Oficial. 3 de abril de 1937. (A.G.N.)

(435) Alfonso Romero. Op. cit. pag. 5.

cios para el establecimiento de plantas para la producción de amoníaco sintético, materia prima de los fertilizantes nitrogenados. El proyecto de la planta de fertilizantes de la Viga, Veracruz involucraba la producción de nitrógeno a partir de aire líquido, producción de amoníaco a partir de hidrógeno y nitrógeno y producción de nitrato de amonio con amoníaco y ácido nítrico. (436) A pesar de que el proyecto no se llevó a la práctica, resultó importante porque demuestra el interés del gobierno mexicano en el campo de los fertilizantes y la preocupación por incrementar la productividad de la agricultura mexicana. El interés se demuestra en el apoyo que brindó a las empresas que se crearon dedicadas al comercio de los fertilizantes. Posteriormente se establecen las siguientes empresas: Centro Importador, S.A. (1938), Impulsora Agrícola del Bajío, S.A. (1938), Fertilizantes de México (1942), Comercial de Guadalajara, S.A., Fertilizantes del Norte, S.A., Fertilizantes, S.A., Fertilizantes y Empaques de Algodón, S.A., Beick Félix y Cía.. Esta última a pesar de que inició sus operaciones años atrás, es con el segundo conflicto mundial, cuando es intervenida por el gobierno y administrada por la junta de la propiedad extranjera. El capital invertido en esta empresa para la fabricación de fertilizantes era aproximadamente de un millón de pesos. (437)

El Centro Importador, S.A. se estableció con un capital

(436) Archivo General de la Nación. Fondo de Presidentes. Lázaro Cárdenas S-29-36. Exp. 506.1/15.

(437) Osorio Tzfall. Op. cit. pag. 15.

de cien mil pesos, era subsidiario de "Crédito Minero y Mercantil", S.A., estaba encargado de la distribución de los nitratos chilenos, por haber adquirido la exclusiva de la "Corporación - de Ventas de Salitre y Yodo de Chile". El centro importador no contaba con ninguna planta industrial en nuestro país. Fertilizantes de México, S.A. fué organizada en Torreón, Coahuila con un capital de 450,000 pesos, sus principales actividades consistieron en la explotación de una pequeña planta de superfosfatos con una producción de 2,500 toneladas anuales, el producto esta ba sujeto al precio del ácido sulfúrico, ya que no producian es te último. Impulsora Agrícola del Bajío se fundó en León, Guanajuato con un capital de 40,000 pesos, disponía de una pequeña planta para elaborar harina de huesos, donde además se mezclaba con diversos compuestos nitrogenados y potásicos. Comercial de Guadalajara, S.A. se estableció en Guadalajara con un capital - de 500,000 pesos, se dedicaba a una amplia variedad de activida des comerciales, dentro de ellas la importación de sulfato de amonio. Fertilizantes del Norte, S.A. dedicó sus esfuerzos a - la venta de fertilizantes en Monterrey, Nuevo León. Fertilizan tes, S.A. se estableció en la ciudad de México con un capital - de 50,000 pesos la cual contaba con una planta para la elaboración de harina de huesos, cola y grasas. Fertilizantes y Empaques de Algodón, S.A. con oficinas en Torreón, Coahuila, controló el 45% del capital de Fertilizantes de México, S.A., tenía la representación de los nitratos de Chile para el norte -- del país. (438)

(438) Ibidem. pag. 15-16.

En el período gubernamental de Manuel Avila Camacho, - que continúa con la política del sexenio anterior, se logró organizar una empresa semioficial para la producción de fertilizantes. Así por decreto presidencial el 17 de junio de 1943, - se crea la empresa paraestatal "Guanos y Fertilizantes de México" con un capital de 10'000,000 de pesos distribuido en dos tipos de acciones, la serie "A" y la serie "B". La serie "A" representaría el 51% del capital, propiedad del Gobierno Federal, representado por la Nacional Financiera, S.A. y el 49% restante o sea la serie "B" se destinaría a particulares. (439) En un principio la empresa se dedicaría a la explotación del guano y a su beneficio, importar y distribuir los fertilizantes químicos necesarios para el país. Posteriormente por el decreto del 15 de octubre de 1948, se modificaron las bases originales de constitución de la empresa Guanos y Fertilizantes de México, -- S.A. para destinarla a la elaboración, adquisición y venta de fertilizantes químicos y sintéticos. (440)

Debido a la importancia que los fertilizantes juegan en la economía de un país, el gobierno mexicano ayudó a la consolidación de esta empresa de diversas maneras. En primera instancia con un decreto en el cual se establecía que la empresa Guanos y Fertilizantes de México, S.A., por ser de importancia

(439) Diario Oficial. 17 de junio de 1943. (H.N.)

(440) Diario Oficial. 15 de octubre de 1948. (H.N.)

estratégica, quedaba reservada del pago de impuestos. (441) --
También la política gubernamental se enfocó en la propaganda --
tendiente a aumentar el consumo de fertilizantes al crear merca
do interno y de esta manera incrementar notablemente la demanda
de fertilizantes. Guanos y Fertilizantes de México, S.A., ya -
en su calidad de fabricante de fertilizantes químicos y sintéti
cos, empezó a establecer diversas plantas en la República. Al-
gunas de ellas persisten hasta nuestros días. Las plantas que
estableció la empresa se presentan en el siguiente cuadro.No. -
23.

CUADRO No. 24

UNIDAD	INICIO DE OPERACION	PRODUCTOS FABRICADOS	TECNOLOGIA
México, D.F.	1946	harina de hueso	desconocida
San Luis Potosí.	1947	superfosfato simple	proceso intermitente. "STURTEVANT"
Guadalajara	1947	beneficio del guano y fabricación de mezclas físicas	
reinicio	1968	ácido sulfúrico sulfato de amonio. Superfosfato simple	MONSANTO STRUTHER WELLS CHEMICO CONST. SAINT GOBIN
Cuautitlán	1951	amoníaco ácido sulfúrico sulfato de amonio superfosfato simple mezclas fertilizantes.	HABER BOSCH mod. N.E.C. MONSANTO CHEMICO CONST. STURTEVANT
Monclova	1959	ácido nítrico nitrato de amonio ácido fosfórico fórmulas complejas (N-P-K) amoníaco	SOCIETE BELGE - DEL AZOTE SAINT GOBIN PRODUITS PECHINEY. SAINT GOBIN T.V.A. SOCIETE CHIMIQUE.
Minatitlán	1961	ácido nítrico nitrato de amonio ácido sulfúrico ácido fosfórico urea fórmulas complejas (N/P/K)	C. & I. GIRDLER (DU PONT) PRILLING PANAMERICAN SULFUR. BURNING CONSULTING. INTERNATIONAL DORR OLIVER, -- RHONE-POVLENC C. & I. GIRDLER (TOYO KOATSU) SNAMPROGETTI P.E.C.

UNIDAD	INICIO DE OPERACION	PRODUCTOS FABRICADOS	TECNOLOGIA
Coatzacoalcos	1962	ácido sulfúrico ácido fosfórico fosfato de amonio Sulfato de Amonio Superfosfato triple	MONSANTO DORR-OLIVER - INC. DORR/OLIVER - INC. CHEMICAL CONST. CO. DORR-OLIVER -- INC.
Bajío	1963	sulfato de amonio Urea	CHEMICO LONZA, LTD. STAMICARBON
Torreón	1966	sulfato de amonio	Proc. Estadou- nidense.
Camargo	1968	urea	TOYO KOATSU
Ecatepec Edo. de Méx.	1968	ácido clorhídrico - 32% ácido sulfúrico harina de hueso	LURGI LEONARD, LURGI Tec. Alemana
Pajaritos	1969	ácido sulfúrico ácido fosfórico superfosfato triple	METALLURGIQUE DE PRAYON WELLMAN LORD INC. DORR-OLLIVER INC.
Querétaro	1978	ácido sulfúrico sulfato de amonio superfosfato simple	PARSONS CHEMICAL CONST. CORP. SUPER FLO SACKET

FUENTE: Folletos de la empresa Fertilizantes de México, S.A. - México 1978.

La Unidad Cuautitlán de la empresa Guanos y Fertilizantes de México, S.A., fué la primera planta latinoamericana que fabricó amoníaco sintético. México con la planta de Cuautitlán alcanzó en su momento el nivel tecnológico de los países desarrollados, en lo que respecta a la producción de amoníaco, ya que de país exportador de guano y huesos se transformó en productor de amoníaco; producto estratégico para cualquier país.

El proyecto surgió como consecuencia de la gran cantidad de gas natural que se desperdiciaba en México y el interés de producir amoníaco. El gas se desperdiciaba a razón de 60 a 70 MMft³/día en Poza Rica, Veracruz en el momento en que se creó la planta. Guanos y Fertilizantes de México, S.A. contrató los servicios de la compañía "Chemical Construction Co." subsidiaria de la compañía "American Cyanamid Co.", pionera de la industria de los fertilizantes en Estados Unidos, para efectuar un estudio preliminar de las posibilidades de desarrollar la industria del amoníaco sintético en nuestro país, a partir del gas natural de Poza Rica. La Chemical Construction Co. a través del estudio concluyó que era factible el establecimiento de esta industria y aseguraba además que se podría elaborar sulfato de amonio. Posteriormente Guanos y Fertilizantes de México, S.A. contrata a la compañía americana antes citada para supervisar los servicios de ingeniería, el uso de sus patentes, diseños y procesos destinados a la fabricación de amoníaco y sulfato de amonio. Las unidades que se proyectaron fueron las siguientes: planta para purificar 50 MMft³/día de gas sulfuroso.

de Poza Rica y recuperar el ácido sulfhídrico (H_2S), planta para elaborar 53 TON/día de amoníaco anhidro por síntesis, planta para elaborar 200 ton/día de ácido sulfúrico por el método de contacto, planta para producir 200 ton/día de sulfato de amonio, equipo de almacenamiento para productos en proceso y terminados, servicios auxiliares que incluían: edificios, planta de energía eléctrica y vapor, transportes, equipo diverso, etc. El costo total de la empresa fué de 40'000,000 pesos y entró en operación en el año de 1951. (442)

La moderna planta de Cuautitlán no pudo sin embargo satisfacer la demanda de amoníaco en el país, y se tuvo la necesidad de seguir importando fertilizantes nitrogenados. En fecha reciente, 18 de noviembre de 1985, la Secretaría de Desarrollo Urbano y Ecología, dictaminó el cierre de la planta Cuautitlán por ser altamente contaminante. En el momento del cierre la unidad producía alrededor del 18% del total de los fertilizantes del país. (443)

En las figuras siguientes se presentan los diagramas de flujo de los procesos principales efectuados en la Unidad -- Cuautitlán.

(442) Pablo Hope. Op. cit. pag. 430.

(443) H. Campa. Revista Proceso. No. 479. 6 de enero 1986. pag. 33.

DESCRIPCION:

1. JORA DE FUSION DEL AZUFRE
2. JORA DE BOMBEO DEL AZUFRE
3. SECCION DE AZUFRE
4. SECCION DE AZUFRE
5. SECCION DE COMBUSTION Y CALDERA No. 1
6. FILTRO DE CENizas
7. CONDENSADOR
8. CALDERA DE RECUPERACION DE CALOR No. 2.
9. ECONOMIZADOR
10. TORNE DE ABSORCION
11. TORNE DE SECADO
12. FILTRO DE AIRE
13. TANQUE DE BOMBEO DE ACIDO DE 80%
14. BOMBA DE ACIDO
15. EMPAQUEOS DE ACIDO PARA ALMACENAMIENTO
16. EMPAQUEOS DE ACIDO PARA SECCION
17. EMPAQUEOS DE ACIDO PARA ABSORCION

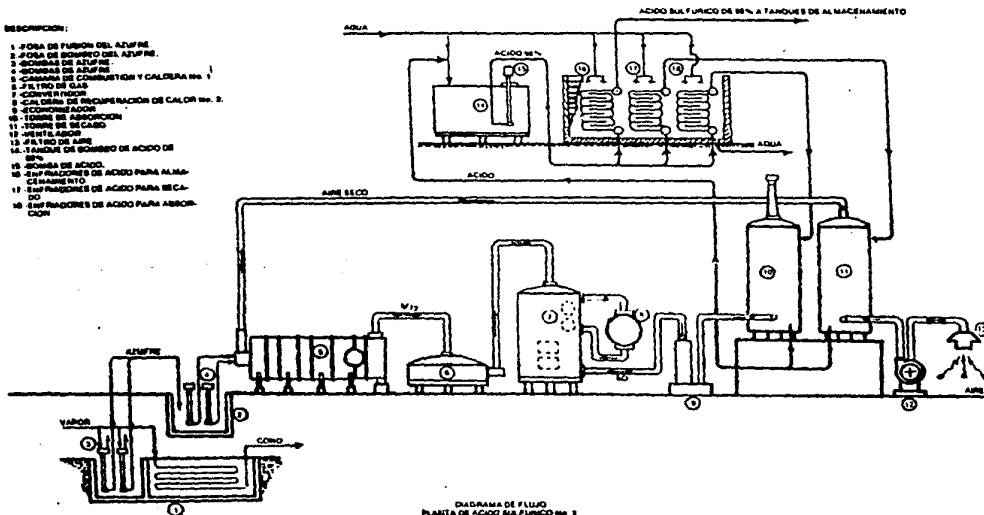
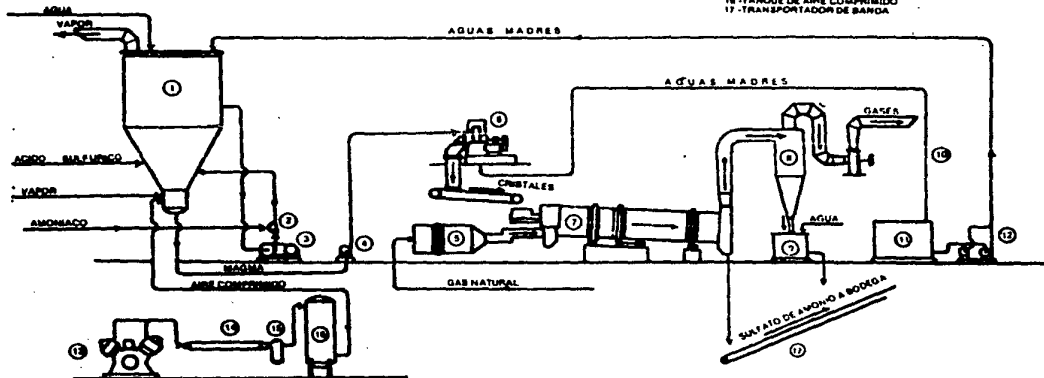


DIAGRAMA DE FLUJO
PLANTA DE ACIDO SULFURICO No. 1
SHORTANTO

PLANTA DE ACIDO SULFURICO II

— DESCRIPCIÓN —

- 1.-CRISTALIZADOR
- 2.-INYECTOR DE AMONÍACO
- 3.-BOMBA DE CIRCULACIÓN
- 4.-BOMBA DE ALIMENTACIÓN A LA CENTRÍFUGA
- 5.-HORNO
- 6.-CENTRÍFUGA
- 7.-SECAOR
- 8.-CACIÓN SEPARADOR DE POLVO
- 9.-TANQUE DE DISOLUCIÓN DE POLVO
- 10.-VENTILADOR EXTRACTOR
- 11.-TANQUE DE AGUAS MADRES
- 12.-BOMBAS DE AGUAS MADRES
- 13.-COMPRESOR DE AIRE
- 14.-ENFRIADOR
- 15.-SEPARADOR
- 16.-TANQUE DE AIRE COMPRESOR
- 17.-TRANSPORTADOR DE BANDA



PLANTA DE SULFATO DE AMONIO

ANEXO No. II**CARACTERISTICAS.**

Corresponde a una época de maduración rápida del país.

Se distingue por una transformación rápida de las fuerzas productivas, de las instituciones políticas, de la estructura social y de las formas de pensamiento.

Influencia de la política de Despotismo Ilustrado de los últimos Borbones, y de las revoluciones norteamericanas y francesa.

ASPECTO ECONOMICO.**Factores:**

Exigencias pecunarias de la Corona Española.

Aumento de los gastos con relación a los ingresos.

Escasez de efectos comerciales y alza constante de los precios.

Prohibiciones económicas y crecimiento del contrabando.

Sucesos:

Aumento del impuesto de alcabalas.

Establecimiento del estanco del tabaco (1764).

Creación de un sistema restringido de comercio libre para la Nueva España (1789).

ASPECTO POLITICO.

Factores:

Centralizado del gobierno y reducción de la autoridad de virreyes y ayuntamientos.

Política regalista en materias eclesiásticas.

Crecimiento del grupo criollo y euromestizo y agudización de su conflicto con los peninsulares.

Sucesos:

Expedición de leyes antieclesiásticas.

Expulsión de los jesuitas (1767).

Expedición de la Real Ordenanza de Intendentes (1786).

ASPECTO SOCIAL.

Factores:

Desarrollo rápido del peonaje y aumento de la explotación de la masa indígena y campesina.

Debilitamiento del sistema de castas por el cruce de la línea de color.

Desarrollo de un vigoroso espíritu de lucha entre indios y mestizos.

Sucesos:

Rebelliones populares en distintos rumbos del país: de Jacinto Canek en 1761; tumulto minero en Real del Monte; del indio Cipriano en Guanajuato; de los indios californios (1775); conspiración de los Machetes (1799); insurrección del indio Mariano en Tepic (1802) y conspiraciones de Valladolid y Querétaro.

Crecimiento de la población en más de un millón de habitantes entre 1742 y 1793.

Incremento natural de la población indígena (a partir de 1742 representó aproximadamente un 62.2 por ciento de la población total).

ASPECTO MILITAR.

Factores:

Política de expansión de Inglaterra, Francia y Estados Unidos y sus repercusiones en la Nueva España.

Integración de una clase militar con fueros y privilegios.

Sucesos:

Creación de un ejército colonial permanente, a partir de 1763.

Conflictos de militares con los ayuntamientos.

ASPECTO INTELECTUAL.

Antecedentes internos:

Tránsito entre catolicidad y modernidad a partir de los finales del siglo XVII.

Decadencia de la Escolástica.

Introducción de obras de ciencia y de filosofía modernas.

Antecedentes externos:

Influjo de la revolución intelectual europea en el siglo XVIII.

Influencia de la Ilustración Española: Feijo, Lozada, --
Tosca, Luzán, etc.

Acción de la política del Despotismo Ilustrado de Felipe
V y Carlos III.

Factores:

Desarrollo rápido de una clase media intelectual, forma-
da principalmente por eclesiásticos.

Progreso del racionalismo e introducción del arte neoclá-
sico.

Afán de renovación en la ciencia, en la filosofía y en -
la literatura.

Aparición del movimiento de la Ilustración Mexicana.

Progreso de la obra de la emancipación mental como ante-
cedente de la independencia política.

Sucesos:

Creación de la Academia de las Bellas Artes.

Publicación de obras diversas: Elementos de la Filosofía
Moderna, de Gamarra; Comentaríos a las Ordenanzas de Minería, -
de Gamboa y de otros libros.

Aparición de periódicos científicos (Alzate).

Establecimiento del Museo Botánico.

Fundación del Colegio de Minería (1792).

Establecimiento de la "Escuela Patriótica" (1806).

LA ILUSTRACION MEXICANA.

Sus precursores (fines del siglo XVII).

Singüenza y Góngora.

Juana de Asbaje.

Su antecedente inmediato:

Surgimiento de una atmósfera favorable a la introducción y desarrollo de las ideas modernas.

Sus características:

Representó la primera manifestación de autonomía en lo - espiritual y en lo político.

Representó un movimiento intelectual precursor de nuestra Independencia.

Contribuyó al despertar de la conciencia mexicana y a mo delar las ideas de patria y nacionalidad.

Sus miembros asimilaron los valores de la cultura univer sal con los de nuestras culturas indígenas.

Etapas:

De iniciación o período jesuítico.

De apogeo (1770-1783).

De permanencia y transición (Alzate, Bartolache, el jesu ta Andrés de Guevara).

Clavijero y un grupo de jesuitas:

Fueron los precursores ideológicos de nuestra Independencia.

Fueron los primeros pensadores mexicanos, es decir, repre

sentantes de una cultura mestiza.

Fueron los introductores de la ciencia y de la filosofía modernas.

Fueron reformadores pedagógicos, eclécticos en filosofía y antiescolásticos en el campo científico.

Exaltaron los valores de las culturas indígenas.

Proclamaron la doctrina del contrato social y de la soberanía del pueblo.

Proclamaron el concepto de nacionalidad y de patria mexicana.

Miembros principales:

Clavijero, Campoy, Alegre, Cavo, Maneiro, Fabri, Peña, -- Castro, Abad, etc.

Otros ilustrados novohispanos:

Benito Díaz de Gamarra, autor de la primera obra de filosofía moderna publicada en México, y de los Errores del Entendimiento Humano.

Aldana, filólogo.

Mariano Veytia, historiador.

Eguiara y Eguren, bibliógrafo.

Mocifio, naturalista.

Alzate, enciclopedista y periodista científico.

Miguel Hidalgo, teólogo y maestro.

Velázquez de León, geómetra y astrónomo.

Andrés de Guevara, filósofo.

León y Gama, arqueólogo y astrónomo.

Elhuyar y Andrés del Río, sabios españoles.

EL MINERO MEXICANO

ráus ciencia, puede creerlo el Sr. Siliceo, pero no buena voluntad para procurar que la publicación que distinguimos en el campo de llevar toda clase de exigencias. Pero creo dicho señor, que esto sea posible conseguirlo en dos meses que llevamos de estar al frente de él, y cuando careamos al recibirlo, de todos los elementos que ahora nos procuramos? El optimismo en ciertos casos, cuando no se llega á lo sublime, toca á lo ridículo.

37 Desde que un trabajo queda publicado en el *Minero Mexicano*, está sujeto al dominio público, y por lo mismo sometido á la crítica, si esta es justa y racional. No deben, pues, retraer al Sr. Siliceo ciertas consideraciones de amistad, para impugnar algunos ó todos los trabajos científicos insertados en el *Minero*, desde su primer número hasta el presente, que es el últimamente publicado; pues constituyéndolo así, no es apasionado y hostil censor de nuestra persona, sino en juar inteligente é imparcial de los escritos, él con sus consejos, y nosotros con la buena voluntad que nos anima para aceptarlos, si son justos, lográremos levantar al *Minero Mexicano*, á la altura que el Sr. Siliceo optea. Sentimos, sí, que para lograr este fin mas rápidamente, no nos sea posible sujetar á su propia censura, ni nuestros propios escritos, ni los de nuestros colaboradores, ni lo que tenemos de la prensa extranjera, europea y norteamericana, pues esto haría penosa y difícil la marcha que científica y literariamente nos hemos propuesto seguir en el *Minero*.

38 Como no está en la conciencia de la Redacción el haber obrado con parcialidad en la cuestión del deterioramiento de la platina, no nos es posible admitir la indicación del Sr. Siliceo, de que en prueba de imparcialidad reproduzcamos bajo su responsabilidad y firma las seis proposiciones que asentó en su artículo intitulado *Al César lo que es del César*, pues esto significaría la reparación de una falta que no ha sido cometida. Pero como lo que pide el señor Ingeniero Siliceo, es una simple narración de los hechos, prometámosle desde hoy, como caballeros y hombres de honor, hacer *in extenso* la historia del deterioramiento de la platina, tan luego como por nuevos trabajos se dispén las dudas que ahora todavía lo obscuran. Y para ello recibiremos voluntarios, sino cuantos datos nos suministre el Sr. Siliceo en los dos artículos que ha publicado. La cuestión no es una que de tiempo, y no de necia resistencia por parte de nosotros para satisfacer sus deseos.

39 Como toda política, cuando pierde su carácter caballeresco y desapaionado, es poco desagradable para los que la sostienen, y repugnante

to al público que la pretencia, á quien sea cual fuere su jerarquía, muy de veras respetamos, damos punto aquí, é irrevocablemente, á la suscitada por el Sr. Siliceo. El *Minero* no es un periódico de contiendas, ni tampoco es un instrumento que se ha puesto en nuestros manos, ya para realzar nuestra reputación con daño de la ajena, ya para sacar á relucir méritos de que absolutamente carecemos. Si, pues, de él nos hemos servido; ha sido para ser corteses con el Sr. Siliceo, con el fin de contestarle despreocupadamente y sin malquerencia los artículos que nos ha dedicado, pero resultó estarnos guardando desde hoy y para con él decoroso silencio.

Réstanos para concluir, agradecer al Sr. Siliceo la salvedad que hace en el final de su segundo artículo, en cuanto á que retrá de él cualquier frase que pudiera herir nuestra susceptibilidad. De igual manera procedamos nosotros; pues si en cuanto á ciencia podemos ser inferiores á un respetable ingeniero, en cuanto á caballeros, siempre hemos llevado á punto de honor el que nadie nos lleva la palma. Si acco alguna frase de las nuestras pudiera herir al Sr. Siliceo, considérela como no dicha, pues como él, no hemos profundo una que obrar en el estricto terreno de justa defensa.

JOSÉ JOAQUÍN ARRIAGA.

DOCUMENTO

PARA LA HISTORIA DE LA MINERÍA MEXICANA.

Damos á continuación un curioso documento inédito del siglo XVI, que probablemente es de lo primero que se escribió acerca de la minería mexicana. Natural es, por consiguiente, que adolezca de algunos defectos propios de la época. El manuscrito no ha sido facilitado por un querido amigo nuestro á quien lo fué remitido de Europa, y el cual esperamos que será bien recibido por nuestros apreciables lectores.

NUEVA ESPAÑA.—MINAS.

Beneficios de Metales. De plata

Ilmo Señor

En cumplimiento de lo que Vra Señoría Ilma mandó decir los generos de Metales que si En la nueva España que son los que para comunmente se usan, y la manera como se benefició aunque tanto como si que deair en ello no puede ser sin allegarme algo, que aviene Vra Señoría mandado que fiese de manera que pudiese Entenderlo. Con lo qual

todos los que quisieran sacar plata de minas que la tengan pedira aglomerada sin acudir a los que sacan ella en escoria, que agrava para que se obtenga y costaria mas pesaca cantidad que Verdad es en plomo, y en ciertas minas sacan tanto que de los de la tierra se hallan, no se pueden sacar con las herramientas que ya usamos sino por fuerza de explosivos y quita esas minas. Pasemos a mi que sacan las de la nueva España donde saca mas plata que Todo El Mundo y esto hacen obra de trescientas minas que llama y y nomas, no por falta de minas que son y en finitas, si no por que siendo las cosas como son muchas es poca la ganancia y abria muchas mas minas si se hiciera lo que en una petición pedira como pretender que se hiciera.

Conviene ante todas cosas prever una dificultad que no entendida podria ser obstáculo Para la yategración de este negocio, y es Esta Regla generalísima que el fuego quita, es continuo y con demasiada Violencia consume todas las cosas que halla por delante, principalmente la plata. Esto se ve claramente quando se hace moneda que se extrae una plancha de plata Refina en la hornaja en tanta cantidad de cobre y plomo para que el fuego halla en que emplear, se fría Porque hallandose sola y sin esta liga la consumiria y tragarla toda.

Por cuyo ejemplo temiendo el minero dentro de su poder la plata que tiene su metal puro todo va estudiado en guardarla con el mayor secreto y modo que puede, y porque estas minas son de diversas maneras segun su naturaleza y fuerza de la combustión que los dominan, así son diversas sus beneficias.

Todos los que de presente se tratan quiero Rezarir en seis maneras Porque tratar de mas seria yuperfluo y no nada provechoso y antes que las diga dire una breve manera de conocer Vezes de metal de plata y saber la lei que los metales tienen.

Es la naturaleza tan franca que donde quiera que al Verdad se Vaya de plata luego la manifiesta con señales clarísimas porque la tierra a de ser Vermosa y seca, los montes an de ser de Estuvas bajas y trales, los gaverros que estan sobre la tierra an de ser leonados mezclados con guija blanca, estas guijas suelen ser tan manifiestas y claras sobre la tierra que a parcer se ven tan altas como una tela y muy derechos, an se de buscar en montañas altas y no en llanos como sea, y si son derechos al norte prometen mayor Riqueza. Y visto se an de cavar de una vara en fondo y tomar del metal que fuera y con sola una libra dello se ve la plata que tiene en dos maneras.

Si el metal fuere Reluiente ó que tenga algunas penas dello se entiende que es para fundición y no para el beneficio del atoque porque el metal para atoque es seco sin ningún plomo y liviano; y el metal para fundir es las mas veces plomoso y pesado y en esto halla una diferencia en el metal de qual canal que es Reluiente y fino de emerir el metal y si ningún plomo por lo qual conviene darles diferentes beneficias como en el otro memorial tengo apuntado aunque poco de tanta estimacion como aquella no se puede confiar de solo escribirse sino de ensayarse por exper-

tiencia y lo qual ya quedo asentado y tratado Al primer paso para saber que todos los metales del mundo se pueden y an de Ensayarse por cinco de maneras siguientes.

Así de tomar una libra de este metal de fundición y Remover todo lo que pudiere ser y herir con un cuchillo. La Escoria dos libras de plomo y sobre en el de parte de derecho y que este beneficio se a de extraer la libra del dicho metal pesa a poca y quando se extraer el metal a de pasar el fuelle porque el viento no destruya el metal fuera del plomo después de extraer va con un hornillo con el plomo y de va la plata fina en la cantidad y cantidad que se de la dicha plata una vuelta muy presta en estado limpio Y viendo despedido el plomo y pesada la dicha plata si da una libra de metal sale una onca de plata diez e diez marcos y medio por quintal y si media onca tiene seis marcos y dos oncas y con esta cantidad se puede ir sabiendo o viendo y conociendo claramente la lei que tuviere entendida que sin librado de peso hazca un quintal.

El metal seco que se sabe que es muy Rico se a de Ensayar por Atoque como no tenga plomo, porque si lo tiene malo y consume el Atoque y queda sin fuerza y sin vigor para atoque, con la plata se de tomar una libra de metal seco y malarlo y craxarlo y echado en una taza de vino se la echa en un alfiler muy fuerte tanto que se tenga un hueco de lato sobre ella y descubre la mitad y después de averse Reluente con un pedrillo y hecho como un todo se echa encima el Atoque una quarta dello y se exprime por un pedo de alanda cruda y esto se Repite quatro o cinco Vezes y se pone al sol y en enfriandose se torna atropajar y poner al sol y dentro de tercero dia Reluendose quatro o cinco veces luego toma el Atoque la plata y en lavandose y exprimiendose se ve la lei que tiene y como tenga de onca y media arriba se sabe Vencidarse en cinco Reinas por valer el Atoque y si tan basta que son los dos majestales mas costosos para sacar la plata y si se Allare que el dicho metal tiene de diez oncas arriba por quintal guardarlo para fundir y no lo echan en atoque.

Las seis maneras de metales y el modo con que se an de beneficiar son las siguientes.

○ son metales pobres de fundición que solamente tienen plomo

○ son metales Ricos de fundición que tienen plata y plomo

○ son metales Ricos de cobre que solo tienen plata.

○ son metales Ricos y secos para fundir que solamente tienen plata

○ son metales de los Varro Ricos que se beneficiar por polvillo

○ son metales secos y pobres que solamente tienen plata

Estos seis generos de metales se beneficiar por quatro maneras que son por fundición o por cobre, o por pedrillo, o por Atoque que todas son diferentes las unas de las otras, y dire primera la de fundición y la orden que an de tener los hornos.

Para metales que son de solo plomo se a de hazer un horno Español de un estado en alto a de tener lo ancho de

la boca de arriba una palma en círculo Redondo y el ojo del alce. Vía por donde sopla el fuelle a de ser mas alta un poco que el de el metal Rico y esto se funde aviento porque como el metal es denso luego el plomo se derrite y se va al centro que es el suelo del horno y de allí va a la pileta Enciéndese que este metal es de fer molido y sin cernir de una Reboltura que tiene tres quintales de metal solo sin otra liga solo cinco arrobas de plomo que metal pobre si no es en piedra Refusante, az muelo y lava y algunas veces se Revolvera con otra orden de horno que para ello se hace

3 Para fundir el metal Rico de fundición que tiene plomo se a de hacer el mismo horno arriba dicho sino que para no acortarse la plata que tiene a de fer la reboltura de ocho Arrovas de moyal y quatro de greta y cenadrada y desto se tova quatro a cinco arrovas de plomo y para que se derrita bien la plata se cierra un poco la boca del horno al fundir algunas veces se usa Rico este metal que se crea

4 Para el metal Rico de covo a de aver la orden que aqui dire, metal de covo se entiendo el que tiene de catorce marcos arriba por quintal el qual se a de malar muy bien molido y no cernido y despues se a de hacer un buiron y en el se cierra una cenadrada muy bien pisada de sola cenizas de cenizas muy bien cribada y esta cenadrada se a de calentar y despues de bien caliente se va de echar ocho quintales de plomo Rico que es haze de las grasas y escorias y cenadrada que sale de la plancha de plata que sale por el corno y despues de mal derretido el plomo que este hervido se a de cavar el metal con mucho viento despues de averlo Revolverado al Resplandor de la adonacion y despues que se vea que esta bien incorporado con el plomo se a de limpiar con cierta herramienta que se hace en cierta forma y tornerse a cavar mas y a este tiempo a de pasar el fuelle porque no de Rama el soplo del fuelle, el metal fuera del plomo desta manera se pueden cavar quatro quintales de metal Rico en ocho quintales de plomo y esto se acaba en siete u ocho dias, dire que fuese sobre plomo Rico por ser mucho mejor y mas provechoso que sobre el plomo pobre.

5 El metal Rico y sero de fundición se entiendo el que no tiene plomo y tiene de marco y medio arriba por quintal este se a de molar muy bien sin cernir y echarse en una Reboltura seis Arrovas de llo y seis de greta y cenadrada y seis de metal pobre todo molido, y si no quiere metal pobre se da ser seis Arrovas de greta y seis de cenadrada y fundirse en un horno que sea de un palma en cuadrangulo de ancho y una pulgada mas angosta la boca de abajo que la de arriba y el ojo del alce via en medio de la boca, en empezando a fundir se an de tomar las grasas con un Rodavillo de hierro a manera de una masa y con esta se cierra el horno para que haciendo el soplo del fuelle cerrada la boca del horno que desde frontera haga el soplo en direccion hacia arriba y allí funda y derrita la pasta o liga que allí esta. Entonces el fango derrite primero la greta y cenadrada que es puro plomo y como estas gotas de plomo pisan por el metal molido que tiene pegada en la lleva la plata al centro y allí como esta el horno tapado queda cantidad de puro plomo y plata limpio

y las grasas van por si y en sabiendose por experiencia que se tiene que las cargas de metal que estan en el horno estan ya bien derretidas abre toda esta tapa y echase fango y sale todo el plomo que esta ya derretido y luego se torna a tapar el horno como dicho es y desta manera se acaba de fundir esta Reboltura que tuvo solo diez y ocho arrobas y quando se acaba de fundir quedan quatro malas bien cenadradas y metra otras para otra Reboltura de la qual se sacan cinco arrovas de plomo poco mas o menos.

Todo esto es diferencialísimo de lo que en gradisinal se hace como en el otro memorial tengo dicho y por ser cosa tan perjudicial torna a dar que no conviene que sea Rico metal se funda con carbonilla sino con hornos Español o por otro, y el mayor daño de todos es que lo funden en pedregos tan gruesos como garros aviendo de ser muy molido y fundiendo abierto aviendo de ser cerrado y echando muy gran cantidad de fugo que es de cincoetas arrobas aviendo de ser diez y ocho Para salir bien fundido y lo peor es que echan treinta arrovas de metal Rico y talas veinte arrovas de greta y cenadrada aritando de ser forzosamente dos veces mas la greta y cenadrada que el metal Rico.

6 Para el metal de gavarro se a de quemar como en una calera y molerse y lavarse todo junto y el polvillo que dello queda cavar con la orden arriba dicha aunque este beneficio seria carosísimo para estos Reinos por el costo que de los montes y azuc todos cosas se deve de atender el bien publico y todas las demas maneras de metal gusta muy poco mome y si las fundiciones viesen a ser muchas ya e dicho a Vra señoria que de la lavana que tiene trececientos libras de mome y un libro de azucar los negros que un mald, allí tiene en un mata carbon para que las azas vayan por cada uno allí aporras traigo sin algunas cosas quanto carbon sea necesario.

7 El metal sero que solo tiene plata se entiendo el que es tan pobre que no sufre la cosa que se beneficia por fundición por manera que lo que no se aprovecha para la fundición se aprovecha por el azoque por los manras y por lo orden siguiente.

Lo primero se muele este metal y se cierra y Toma un quintal pesado de fugo y echalo en una herra de madera y si el metal tiene a onga y media por quintal le echan dos onces de azogue, y si tiene a tres ongas Por azogue le echan veinte y quatro onzas de azogue y and derre arriba este azoque que anda sobre el metal exprimiendolo por olanda cruda por toda el metal y luego se allí muere tan fuerte que anda un guero de loda encima y echase sobre ello y rebuelve y mase como el pan derrote tres bueltas y echalo en un gran monton de dosientos o tresientos quintales y este monton se echa en una estufa que la calienta una gran caldera de cobre llena de agua la qual se calienta por fuera de la estufa y del agua sale un vapor tan denso que en llegando al metal lo amedrea y calienta en tanta manera que no se tufo llegarle la mano el azoque como de su naturaleza es solo parece que con este calor tan blando, se abiza y cobra mayor fuerza para tomar la plata y así toma la tel en dos veces que entra en esta estufa y cada vez se a de Regajar y es-

CUAHO	CONCESIONARIO	FICHA	IMPUESTO	PERÍODO *70 CANTIDAD	LOCALIZACION	FIANZA	REFERENCIA
A	José O. Forns Carlos y Manuel Valdovinos Manuel Lizardi	CDM 16/1/1854 REF 15/11/1854 REF 9/11/1856 REF 19/15/1857 REF 8/19/1861 CAD 1/1/1868	\$1/ton	10 años 50 000 Ton	Contrato exclusivo para todo el territorio nacional, exceptuando las islas Paríais.		(1) (2) (3) (4) (5) (6)
A	José Ma. Pérez M. y José Ma. Chesioyc	CDM 19/1878	\$20/ton	2 años	Islas de Cantoy, Cancún, Tucatán.	\$1000	(7)
A	Juan B. Frisbie	CDM 11/1879	\$1/ton	5 años	Islas del Golfo de California	\$1000	(8)
	20/IX/1887 Decreto que declara libre la importación del queno y fertilizantes concentrados.						(9)
A	G.W. Beermaker	CDM 25/VII/1902 CAD VII/1910	\$0.75/ton		Islas Isabelas, Tres Marias, San Juanito Los Marietas, Los Angeles, Isla del Medio, Isla de Perlas, Territorio de Tepic y Edo. de Jalisco.		(10)
A	Emilio Velasco Rep. Cia de Fosfato del Pacífico.	CDM 5/IX/1905 CAD 12/VIII/1916	-	-	Isla Clipperton en el Océano Pacífico		(11)
A	George F. Archer	CDM 10/IX/1906 REF 24/IX/1908 CAD 18/9/1909	-	-	Isla Arenas Golfo de México		(12)
A	Francisco F. Ogil-Bie	CDM 19/VIII/1907 CAD 8/III/1908	-	-	Islas. Bermeja, Cayo Nuevo, Obispo Sur, Obispo Norte, Bajo Nuevo, Pájaros Golfo de México.		(13)
A	Aurelio Cadena	CDM 13/IX/1909 CAD 8/III/1908	-	-	Triángulos, Blanca Aguda, Holbox, Sisal Techol, Xaxachtun, Cozochelen, Sibancuy Te-mal-cab.		(14)
A	Herry J. Earle	CDM 26/IX/1907 REF 21/IX/1908 CAD 31/IX/1909	-	-	Cantoy, Cancuc, Cayo Arenas Chinchorro, Alacranes.		(15)
	Manuel Septien	CDM 8/IV/1908 CAD 8/IV/1912	-	-	Arcas. Arenas, Aguda, Cayo Chelen, Labancuy Cancuc, Cantoy G. de México		(16)
A	J.A. Campbell H.	CDM 17/VI/1909	\$0.75/ton	10 años	Desterrada, Deste, Pérez, Pájaros, Chica, Puertos, Cornezuelo.	\$3000	(17)
A	Gabriel A. Parrodi Fernando Novés	CDM 26/VIII/1909 REF 6/VII/1911 CAD /1/1912	\$0.75/ton	10 años	Arcas. Arenas, Sabancuy, Holbox, Cayo Chelen, Sisal, Blanca, Chinchorro, Sisal, Duncan, Xaxachtun Techol, Telcab, Triángulos, Cantoy,		(18)

M	Luis G. Zaldívar	CDM 24/11/1909 CAD 5/11/1911	\$150/año	1 año	Sierres Chiriguán, Gwajart y Gundul Edo-Sonora	\$2000	(19)
A	Miguel Borno	CDM /11/1910 CAD /11/1911 REF 22/11/1910	\$0.75/ton	10 años	Redonda, Tozada, La Cocina, Poro, San Andrés, Porro, Socorro, Clarion	\$3000	(20)
A	Samuel Klotz Guillermo Clark	CDM 23/11/1910 CAD /11/1916	\$0.75/ton	10 años	Isabelas, Tres Perlas, Océano Pací- fico, San Juanito, Marlati, Los Angeles, Isla de Afuera, Isla de Perlas.	\$3000	(21)
A	Enrique Cordova	CDM 26/11/1910 REF 12/11/1911 CAD /11/1916	\$0.75/ton	10 años	Desterrada, Correzuelo, Oeste, Pérez Péjaros, Chica Muertos.	\$4000	(22)
A	Aurelio Sandoval	CDM /11/1911	\$0.75/ton	10 años	En el Golfo de California desde el paralelo 22° hasta los límites de México con los E.U.	\$3000	(23)
M	José González S.	CDM 15/11/1914	\$750/PER	5 años	Margenes Río Taquí		(24)
A	Gonzalo Sierra	CDM 13/11/1917	-	1000 Ton	Islote de Pajaros B.C.		(25)
A	E. Manuel Pérez T	CDM 30/11/1917	-	-	Islote Zapata, Toru, Océano Pacifico		(25)
A	Ignacio Ocampo y Amecub	CDM 19/11/1918	-	2000 ton	Isla Asunción B.C.		(27)
A	Tomás D. González	CDM 13/11/1918	\$1.50/ton	300 ton	San Roque, Roca Chester	\$100	(23)
A	G. Benjamín G. Hill	CDM 16/11/1918 CAD /11/1923	\$1.50/ton	20 000 ton	Consagra Rock, Angel de la Guarda	\$800	(29)
A	Enrique Munguía	CDM 24/11/1918 REF /11/1924 REF /11/1921	\$1.50/ton	2 años 400 ton 1 año	San Martín	\$100	(30)
A	Enrique Munguía	CDM 30/11/1918	\$1.50/ton	400 ton 1 año	San Gerónimo	\$100	(31)
A	Ernesto Alvarez G.	CDM 26/11/1918	\$1.50/ton	1000 ton	Isabela, Tres Marías, San Juanito, Marlati, Los Angeles, Isla de Afuera.	\$200	(32)
A	G. Lucio Blanco	CDM 6/11/1918 CAD /11/1922	\$1.50/ton	5 años	Isabela, San Juanito	\$200	(33)
A	Enrique Munguía	CDM 27/11/1918 REF /11/1921	\$1.50/ton	400 ton	Cabo Colnet	\$100	(34)
A	G. Juan Merigo	CDM 10/11/1919 CAD 11/1921	-	1000 ton	Océano Pacifico frente a las costas de los estados de O'ima, Michoacán, Gue- rrero, Oaxaca y Chiapas.		(35)
A	Claudio J. Velarde	CDM 17/11/1920 CAD 11/1922	-	1000 ton	Isla de la Pasión, Océano Pacifico.		(36)

A	Claudio J. Velarde	COM 22/VII/1920	-	1000 ton	Islas Raza, Petos, Golfo de California.	-	(37)
A	Víctor D. Salazar	COM 28/II/1920	-	1000 ton	Isla Piedra, Farfa Piedra Salit, Piedra Colorado, Piedra Gavilota, Piedra Bird S.C.	-	(38)
M	Earlone H. Fajardo	COM 9/1921	12.50/ton	2 Años 400 Ton	Cerro Guisnigole Oax.	-	(39)

QUIND: A - Aves; M-Marcidélago; COM - Concesión; REF - Reforma; CAD - Caducidad.

D E C R E T O S

D.O.	31/VI/1925	Convocatorias para la explotación de guano de aves marinas y mentos nitrosos de potasio. El Estado remita al mejor postor.
D.O.	11/IX/1925	Convocatoria para la explotación de guano de aves marinas, en varias islas e islotes del Golfo de California.
	23/IV/1931	Legislación sobre abonos.
D.O.	22/XII/1936	Acuerdo que declara incorporadas a la reservas nacionales los terrenos libres que contengan depósitos de guano.
D.O.	3/VI/1937	Decreto que veda la explotación del Guano y aves guaneras y sus despojos.
	17/XI/1937	Acuerdo que crea la Comisión Nacional para el estudio y fomento de la utilización de fertilizantes nacionales.
	26/XI/1938	Reglamento que establece la Sección de Abonos y el laboratorio de análisis, para los fertilizantes que sean motivo de comercio, dependiente de la dirección de agricultura.
	11/VII/1940	Reforma al acuerdo del 17/XI/1937 en sus puntos I y II, en el sentido de que el organismo encargado de las funciones de dicha comisión, será la comisión de fomento minero.
	12/VII/1940	Decreto que reforma el de 19/IV/1937 permitiendo la explotación y exportación de guano.
	15/VIII/1940	Acuerdo que destina a la comisión de fomento minero los derechos para explotar guano en terrenos libres.
	3/IV/1943	Acuerdo que ordena se proceda a negar las solicitudes para concesiones de explotación de guano de aves marinas y de murciélago, fosforitas y sales de potasio.
	29/VII/1943	Decreto que prohíbe la exportación de guano de murciélago, salvo en casos especiales.
	17/VI/1943	Decreto que declara zonas guaneras, desde el litoral del territorio norte de la Baja California, hasta el Puerto de Acapulco, islas adyacentes y de Revillagigedo.
	17/VI/1943	Decreto que crea la empresa Guanos y Fertilizantes de México, S.A.
	2/IX/1944	Autorización que exige de impuestos a Guanos y Fertilizantes de México S.A. conforme a la ley de industrias de transformación.

30/V/1948

Autorización que otorga de impuestos a Fertilizantes de México S.A. conforme a la ley de Industrias de Transformación.

15/X/1940

Decreto que modifica las bases originales de constitución de Guano y Fertilizantes de México, S.A. se dedicara a la elaboración, adquisición y venta de fertilizantes orgánicos y sintéticos.

LISTA DE REFERENCIAS

- (1) Diario Oficial, Enero 16 de 1859. Biblioteca (A.G.N.) Dublin y Lozano "Legislación Mexicana" Vol. 7 pág. 10-11 Núm. 9171.
- (2)
- (3) Diario Oficial, Febrero 9 de 1856. Biblioteca (A.G.N.) Dublin y Lozano "Legislación Mexicana" Vol. 8 pág. 101, núm. 4638.
- (4) Diario oficial, Septiembre 14 de 1857. Biblioteca (A.G.N.) Dublin y Lozano "Legislación Mexicana" Vol. 8 pág. 627 núm. 4994.
- (5) Diario oficial, Abril 7 de 1861. Biblioteca (A.G.N.) Dublin y Lozano "Legislación Mexicana" Vol. 9 pág. 142-3.
- (6) *Ibid.*
- (7) Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Mayo 11 de 1874, Tomo 11 No. 65 Pág. 244.
- (8) Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana, Abril 3 de 1879.
- (9) Boletín del Ministerio de Hacienda y Crédito Público, Tomo 11 pág. 197, 1877, (Fta. Mem. Mal.).
- (10) Biblioteca (A.G.N.) Dublin y Lozano "Legislación Mexicana" Tomo 35 Núm. 791.
- (11) *Ibid* Tomo 37 pág. 974.
- (12) Boletín oficial Srta de Fomento Tomo 11. Vol. 8 Enero-Junio 1909. 3a. Época. pág. 330.
- (13) *Ibid* Tomo 1 Vol. 7, Jul-Dic. 1908, 3a. Época pág. 375.
- (14) *Ibid* pág. 374.
- (15) *Ibid* Tomo 11 Vol. 8 Ene-Jun. 1909 3a. Época pág. 213.
- (16)
- (17) *Ibid* pág. 460-464.
- (18) Boletín oficial Srta. Fomento colonización e industria de la República Mexicana. Tomo 11 Vol. 9 Jul-Dic. 1909 3a. Época pág. 118-124.
- (19) *Ibid* pág. 518-521. (20), *Ibid* pág. 10-11. (21) *Ibid* Tomo V Vol. 11 Jul-Dic. 1910 3a. Época pág. 141-144. (22) *Ibid* pág. 146-151.
- (23) *Ibid* Tomo VI Vol. 12 Ene-Jul. 1911 3a. Época pág. 60-65. (24) *Ibid* pág. 88-91.
- (25) Boletín de Industria, Comercio y Trabajo Tomo V Jul/Ago/Sep/ 1920 Núm 1,2,3. pág. 61. (26) *Ibid.* (27) *Ibid.*
- (28) Boletín de Industria, Comercio y Trabajo Tomo II Ene-Jul 191 pág. 96-98. (29) *Ibid* pág. 98-101. (30) *Ibid* pág. 101-103. (31) *Ibid* pág. 103-106.
- (32) *Ibid* pág. 106-109. (33) *Ibid* pág. 109-111. (34) *Ibid* pág. 112-114.
- (35) Boletín de Industria, Comercio y Trabajo Tomo V. Jul/Ago/Sep/ 1920. Núm. 1,2,3 pág. 61. (36) *Ibid.* pág. 62. (37) *Ibid* pág. 62.
- (38) *Ibid* pág. 61.
- (39) Boletín de Industria, Comercio y Trabajo Tomo 11 Ene-Jun. 1919.pág. 115.

ANEXO No. V

PUBLICACIONES EN BOLETINES NACIONALES RELACIONADOS CON LA
INDUSTRIA DE LOS FERTILIZANTES

FIJACION DE NITROGENO.

Absorción de nitrógeno por los principios inmediatos de las plantas

Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo I. No. 1. Julio 3, - 1877. pag. 4.

Procedimiento de Muntz y Girard para el tratamiento de la turba.

Boletín de la Secretaría de Fomento, Colonización e Industria. Tomo II. Vol. VI. Eje-Jun. 1907. pag. 481-488.

Resultados de la Nitragina en la República Mexicana.

Boletín de la Secretaría de Agricultura. Año II. Vol. 5. No. 5. parte I. Mayo 1912.

La cianamida de calcio.

Boletín de la Secretaría de Agricultura. Año III. Vol. 18. No. 5. Mayo 1913. pag. 425-435.

¿Es de importancia para la Agricultura la cantidad de nitrógeno atmosférico absorbido por los microorganismos que viven en la tierra?

La riqueza del suelo. Tomo II. 1910. pag. 7-8.

El azoe del aire y la vegetación.

Revista Científica y Bibliográfica. Sociedad "Antonio Alzate". Nums. 3-4. pag. 43. -- 1891. Nums. 7-8. pag. 83.1892.

EXPLOTACION DE SALINAS.

Exposición de Filadelfia: Diploma y Medalla concedidos al Sr. Guillermo Hay, por las sales de sodio, extraídas del Valle de México y beneficiadas por él.

Boletín del Ministerio de Fomento de la República Mexicana. Tomo I. No. 10. Julio 24, 1887. pag. 3.

El salitre.

La revista agrícola. Tomo III. 1888. pag. 298.

EDUCACION.

La Escuela Nacional de Agricultura.

La riqueza del suelo. Tomo I. 1910. pag. 33-34.

ABONOS.

La doctrina de los abonos químicos.

Boletín de agricultura, minería e industrias. Año II. - - Nums. 1. pag. 3-25. Julio - - 1892. No. 2 pag. 3-28. Agosto 1892.

Los abonos.

Boletín de agricultura, minería e industrias. Año II. No. 3. pag. 3-33. Sept. 1892. No. 4. pag. 3-41. Oct. 1892. No.

5. pag. 19-33. Nov. 1892. No.
6. pag. 3-56. Dic. 1892. Año
III.
No. 1. pag. 3-33. Ene. 1892.
No. 2. pag. 3-23. feb. 1892.
No. 3. pag. 3-47. Mar. 1892.
- Como deben emplearse los abonos
químicos.
- Boletín de la Secretaría de -
Fomento. Año VI. Vol. IV. Fo-
lleteo XV. Ene-Jun. 1906-1907.
pag. 1-5.
- Ensayos relativos al empleo de
abonos artificiales en el culti-
vo del café.
- Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. Bo. 1. --
Vol. 1. Parte I. Mayo 1911.
pag. 7-25.
- El mercado del guano y otros -
abonos en los Estados Unidos.
- Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 1. --
Parte I. Mayo 1911. pag. 27--
29.
- Nuevos conceptos acerca de la -
fertilidad de las tierras.
- Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 2. --
Parte I. Junio 1911. pag. 99-
103.
- Ensayos relativos al empleo de
abonos artificiales en el culti-
vo del café.
- Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 2. --
Parte I. Junio 1911. pag. 104-
119.
- Falsificación de los abonos quí-
micos.
- Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 3. --
Parte I. Julio 1911. pag. 185-
187.

Preparación y uso de la sangre desecada.

Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 3. --
Parte I. pag. 188-191.

Diferentes modos de fertilizar una tierra.

Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. No. 3. --
Parte I. pag. 272-274.

Los abonos en el cultivo de la papa.

Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. Vol. II.
No. 5. Parte I. Sep. 1911. --
pag. 388-390.

Ensayo sobre la acción de los abonos catalizadores como vigorizantes de las semillas.

Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. Vol. 3. -
No. 6. Parte I. Oct. 1911. --
pag. 520-525.

Los abonos y los árboles frutales.

Boletín de la Secretaría de -
Agricultura. Año I. Vol. 4. -
No. 1. Parte I. Ene. 1912. --
pag. 35-43.

Importación y Exportación de abonos.

Boletín de la Sria. de Agri--
cultura. Año II. Vol. 5. No.
4. Parte I. pag. 343-344.

El abono de los alfalfares.

Boletín de la Sria. de Agri--
cultura. Año II. Vol. 5. Par--
te I. pag. 354. Abril 1912.

La utilización de los huesos.

Boletín de la Sria. de Agri--
cultura. Año II. Vol. 5. No.
5. Parte I. Mayo 1912. pag. -
370-373.

La electricidad en la agricultura.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año II. Vol. II. No. 6. Parte I. Junio 1912. pag. 481-492.

Abonos.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año II. Vol. 5. No. 6. Parte I. Junio 1912. pag. 493-503.

La fertilización de los haberes.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año II. No. 10. Vol. 7. Parte I. Oct. 1912. pag. 993-994.

Las bacterias nocivas del suelo.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año II. Vol. 7. No. 10. Parte I. Oct. 1912. pag. 995.

Ensayos en abonos.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año II. Vol. 7. No. 12. Parte I. Dic. 1912. pag. 1111-12.

Nuevos ensayos de abonos en la estación agrícola central.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año III. Vol. 8. No. 1. Ene. 1913. pag. 41-45.

Los abonos químicos en los tabales de Sn. Andrés Tuxtla.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año III. Vol. 8. No. 16. Junio 1913. pag. 573-575.

El endurecimiento de las mezclas de primeras materias para abonos.

Boletín de la Sría. de Agricultura. Año III. Vol. 8. No. 6. Jun. 1913. pag. 630-635.

- Aplicacion de abonos quimicos -
en el cultivo del tabaco. Boletín de la Sría. de Agri-
cultura. Año III. Vol. 9. No.
7. Julio 1913. pag. 697-703.
- La acción del azufre como ferti-
lizante. Boletín de la Sría. de Agri-
cultura. Año III. Vol. 9. No.
10. Oct. 1913. pag. 1013-1034.
- Nuevo abono para el café. La revista agrícola. Tomo III.
1888. pag. 150-151.
- Los abonos. La revista agrícola. Tomo III.
1888. pag. 315-317.
- ¿Como deben tratarse los abonos
naturales para que sean útiles? La riqueza del suelo. Tomo IV.
1910. pag. 113-114.
- La máquina agrícola moderna. La riqueza del suelo. Tomo VII.
1911. pag. 241-244.
- La basura como abono. La riqueza del suelo. Tomo VII.
1911. pag. 245-246.
- El problema social agrario de -
la República Mexicana. Boletín de la Sría. de Fomento
Año VI. Vol. IV. Folleto XIV.
Ene-Jun. 1906-1907.
- Progreso de la agricultura. Boletín de la Sría. de Fomento.
Año VI. Vol. IV. Ene-Jun. 1906-
1907. pag. 129-149, 207-223.
- La Política agraria nacional. Boletín de la Sría. de Agricul-
tura. Año I. Vol. III. No. 6.
Parte II. Oct. 1911. pag. 522-
530.

La subdivisión de tierra labo-
ral en el país.

La riqueza del suelo. Tomo I.
No. 9. 1911. pag. 384-386.

OTRAS INDUSTRIAS.

La metalurgia moderna.

Boletín de la Sría. de Fomen-
to, Colonización e Industrias.
Tomo II. Vol. VI. Ene-Jun. +
1907. pag. 356-381.

Purificación del mercurio.

Boletín de la Sría. de Fomen-
to, Colonización e Industrias.
Tomo II. Vol. IV. Ene-Jun. ---
1907. pag. 466-467.

Una industria de importancia -
para México.

Boletín de la Sría. de Agri--
cultura. Año I. No. 3. Parte
II. Jul. 1911. pag. 247-248.

Influencia de la política en el
desarrollo de las industrias en
el Distrito Federal durante la
última década.

Boletín de Industria, Comer--
cio y Trabajo. Tomo I. Nums. --
13, 14, 15. Ene-Feb-Mar. 1923.
pag. 5-15.

Algunas palabras sobre el desa-
rrollo industrial de México.

Boletín de Industria, Comercio
y Trabajo. Tomo I. Nums. 10, -
11, 12. Oct-Nov-Dic. 1922. pag.
45-50.

La cianuración sin moler.

La riqueza del suelo. Tomo II.
1910. pag. 39-40.

Algunos productos químicos de -
aplicación en la ganadería y la
agricultura.

La riqueza del suelo. Tomo III.
1910. pag. 64-69.