

BOLETIN MINERO

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

SANTIAGO DE CHILE

SUMARIO

	Pájs.
El petróleo en Argentina.....	197
Oríjen i forma de los yacimientos de Petróleo.....	204
El oríjen de los Depósitos Primarios de minerales.....	217
El yodo.....	230
El yodo.—Su aprovechamiento industrial i especialmente en la fabricacion del ácido sulfúrico.....	242
Revista quincenal.....	245

El petróleo en Argentina (1)

ESTUDIO DE LA ZONA PETROLÍFERA AL SUR DE MENDOZA, COMPRENDIDA ENTRE LOS RIOS BARRANCAS, GRANDE I EL ARROYO CALMUCO

La zona a que nos referimos en este artículo se encuentra ubicada en el distrito de Malargüe del Departamento de San Rafael de esta Provincia de Mendoza, i dentro de los siguientes límites jenerales: al norte el arroyo «Calmuco», al sur el rio Barrancas, al este el rio Grande i al oeste el arroyo Chacayco.

Comenzamos este estudio con una descripción hidrológica de la rejion.

El arroyo Calmuco nace en el cerro «Campanario» i corre en direccion sureste hasta desembocar en el rio Grande, atravesando un valle chico, en donde se encuentran en la actualidad algunas partes cultivadas con buenos pastos i alfalfa.

El rio Barrancas es caudaloso, siendo su lecho un torrente angosto de aguas rápidas i relativamente tibias, debido a que atraviesa grandes yacimientos de yeso. Nace en la laguna Negra i, tomando direccion sureste i

(1) Tomado de «Ingeniería Internacional», Febrero de 1921.

uniendo sus aguas con las del río Grande, va a desembocar en el lago Carri-Lauquen, formando un salto a su salida.

En 1909 se rompió la pared que contenía el mencionado salto, lo que ocasionó el desagotamiento de la mayor parte del lago, causando perjuicios enormes i desgracias de consideración.

El río Grande es de mucho caudal i pronunciadas pendientes, i es el de mayor importancia que tiene la provincia.

El arroyo Chacayco nace en los cordones del Litren i desemboca en el río Barrancas.

INFORMES JENERALES

La topografía del terreno es mui accidentada. Desde San Rafael al río Malargüé existe un buen camino carretero que pasa por el salto del Nihuil, La Junta i Cañada Colorada, cubriendo una distancia de unos 250 kilómetros. De Cañada Colorada al río Barrancas hai aproximadamente 185 kilómetros, de los cuales 100 llegarían al pié de la subida de la Puntilla de Huincan, cuyo terreno permite sin gastos excesivos la construcción del camino carretero.

Del pié de la Puntilla de Huincan al río Barrancas quedarían unos 85 kilómetros de camino carretero excesivamente costosos.

Hoy puede hacerse el viaje desde San Rafael a El Batro (río Barrancas) en un día de automóvil, i tres días de mula.

Según informes recojidos de la rejión, se cree mas factible i económico hacer el viaje por el Neuquen, saliendo de la estación Contra-almirante Cordero en automóvil hasta llegar al río Barrancas, cruzándolo en una balsa, i de ahí a El Batro dista solamente unos 25 kilómetros, siendo de esta manera el recorrido total de unos 250 kilómetros.

No existe red telegráfica, pero fácilmente puede llevarse la línea de Chos Malal, que dista solamente unos 90 kilómetros, hasta el río Barrancas en la parte de Mendoza. El clima es bueno i hai muchos pobladores. Existe agua en abundancia i se crían cabras i ovejas. Los víveres pueden procurarse de Neuquen o San Rafael.

Para el consumo diario de los pobladores, hai suficiente combustible, pero para máquinas de vapor seria necesario traerlo de los afloramientos de rafaélita, que existen en algunos puntos de la zona, o de petróleo.

RESEÑA JEOLÓJICA

En la rejión del Barrancas, como en todas las zonas petrolíferas de Mendoza, se observan en todas las partes fenómenos similares i las causas que motivaron su estructura jeológica.

En la época jeológica en que la costa del mar era formada por parte

de la Cordillera de los Andes, existieron los elementos orgánicos que originaron la formación del petróleo i que fueron sepultados posteriormente por los terrenos de acarreo de los cerros de la Cordillera, produciéndose en esa forma una serie de capas o formaciones superpuestas horizontales en el fondo del mar (formaciones sedimentarias). Al desaparecer el mar en los puntos donde se originó el petróleo quedaron en algunas partes las formaciones al descubierto (véase figura 5). Vino entonces la época volcánica con los movimientos sísmicos que produjeron una serie de hundimientos i ondulaciones en todas las capas de las formaciones sedimentarias, ocasionando fallas i roturas de todas clases i en todas direcciones en los lugares de menor resistencia, formando entonces una serie de monoclinales, anticlinales, i sinclinales.

Con el transcurso del tiempo i debido a erosiones, las crestas de los anticlinales han sido borradas en algunas partes, llenando con sus productos los sinclinales. En el valle del río Barrancas están a la vista las características de las formaciones predominantes (figura 1).

Las formaciones de areniscas varían de 10 a 100 metros de espesor, según los lugares donde se encuentran, notándose entre una i otra capa areniscas marrones ferruginosas, con pequeñísimos cristales de cuarzo, i capas delgadas de arcilla pizarrosa, etcétera.

De este estudio se desprende con toda evidencia la característica de que las formaciones tienen la propiedad de ser buenas acumuladoras de petróleo. Si se tienen en cuenta los afloramientos de petróleo i asfalto que existen, queda entonces comprobado de hecho que la región de referencia es netamente petrolífera, restando únicamente por ahora buscar sobre el terreno los lugares más apropiados para instalar las perforaciones con resultados positivos.

El río Barrancas corre en partes por un anticlinal deprimido por dos hundimientos (véase figura 1).

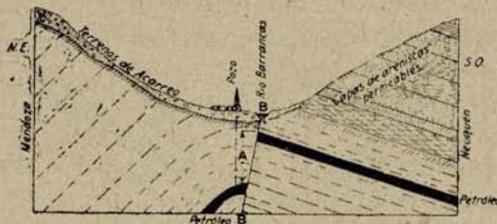


Fig. 1.—Sección transversal del Río Barrancas.
Sobre el lugar elegido para el primer pozo de exploración

Los flancos o alas del anticlinal tienen sus crucesos noreste i suroeste, habiendo sido el hundimiento de mayor intensidad en la parte de Mendoza, lo que produjo un deslizamiento de las estratificaciones en el eje del anticlinal, formándose una falla por la cual en partes corre el río Barrancas.

Como circunstancia especial para la mejor eleccion de puntos para instalacion de perforaciones, es necesario tener en cuenta tambien que el anticlinal mencionado ha sido dislocado por otros movimientos locales que han orijinado fallás, plegamientos i ondulaciones en sentido trasversal unas i lonjitudinal otras, lo que está a la vista en Chacayco, El Batro, i a 2 kilómetros de este último punto, donde están los varios afloramientos.

El cerro que se encuentra frente a El Batro (lado mendocino) en su parte visible se compone de conglomerados, terreno de acarreo, formaciones volcánicas, etc. Se nota en su parte alta una pequeña estratificacion ondulada, o cúpula, compuesta de margas i con el eje de la ondulacion en direccion perpendicular al anticlinal descrito, lo que nos demuestra un movimiento local que produjo un plegamiento trasversal. Una perforacion cerca de los afloramientos del Chacayco no se considera conveniente por encontrarse esa parte en la zona circundada por varias fallas; i el mismo criterio valdria para una perforacion frente al puesto de Albornoz.

No obstante esta observacion, toda la márjen izquierda del rio Barrancas hace suponer con bastante fuerza de conviccion que puede llegar con el tiempo a ser explotable comercialmente con beneficios positivos i al desestimar como puntos favorables para la ubicacion de perforaciones El Batro-Chacayco i frente al puesto de Albornoz.

Como continuacion de la serie de anticlinales que se observan sobre el terreno en la parte del arroyo Calmuco, pueden citarse los que corren con sus flancos en parte paralelos al arroyo i sobre su márjen derecha, siendo estos flancos de alas cortas i en direccion noréste i suroeste, encontrándose borrados los crestones por la erosion, lo que da lugar a que corran por ahí las aguas en tiempo de lluvias.

Lo mas importante que se nota en ellos es que se presentan bien uniformes, desprovistos de fallas, afloramientos i otras irregularidades que harian dudosa la posibilidad de efectuar trabajos de exploracion (véase la figura 4). El terreno demuestra a la vista que su constitucion es la misma

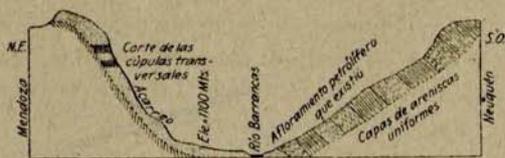


Fig. 2.—Seccion trasversal frente a el Batro.
Mostrando los plegamientos trasversales de margas rojas

que la de los puntos anteriormente descritos en cuanto al rio Barrancas.

Dada la circunstancia de presentarse el petróleo a la vista en la falla del anticlinal, no hai posibilidad de poder precisar de qué formacion proviene: considerando los afloramientos de areniscas saturadas de petróleo i el asfalto que se observa en el Ranquil, hace pensar que su orijen puede ser

de la formacion terciaria, lo que podria quedar comprobado una vez efectuadas las perforaciones, único medio de poder establecer la verdadera formacion en que se orijinó el petróleo o en la que se encuentre.

RELACION ENTRE LA ZONA PETROLÍFERA DEL BARRANCAS I LAS DEL NEUQUEN

Teniendo en cuenta las perforaciones efectuadas en el Sosneado i Plaza Huincul, la diferencia de formaciones i profundidad a que en ellas se ha encontrado el petróleo hacen imposible poder basarse en éstas para apreciar o determinar a qué profundidad podria encontrarse el petróleo en la zona del Barrancas, dada la enorme distancia existente entre sí i cualquier apreciacion que se haga sobre la profundidad, como así mismo creer que la formacion que orijinó el petróleo en Plaza Huincul como en el Sosneado sea la misma que lo orijinó en la rejion del Barrancas, por cuanto puede ser orijinado en una formacion jeológica cualquiera i encontrarse en otra de mayor o menor edad jeológica: ademas, el petróleo no se orijina en una sola formacion, sino en varias, lo que desecha en absoluto atribuir su existencia en la rejion del Barrancas a la misma formacion que lo ha orijinado en el Sosneado i Plaza Huincul.



Fig. 3.—Sección transversal 1,500 metros aguas abajo de la sección anterior

Habria relacion directa si existiesen sobre la misma línea millares de pozos entre el Sosneado i Plaza Huincul pasando por el rio Barrancas, i si todos estos produjesen petróleo de las mismas formaciones con una profundidad que variara de 600 a 800 metros (véase el informe de Stapenbeck).

Debido a la falta absoluta en la rejion del rio Barrancas de un punto que nos sirva de partida, tal como un afloramiento de petróleo bien definido a traves de una estratificacion bien uniforme, como asimismo a la falta de formaciones saturadas de petróleo que affloren en las mismas condiciones, categóricamente es imposible afirmar a qué profundidad se encontraría este en un punto dado del terreno.

Por todo lo espuesto, el punto mas adecuado para la ubicacion de un pozo explorador seria la márjen izquierda del rio Barrancas frente al puesto de Morales.

La eleccion de este punto se debe a las siguientes circunstancias: Primero, por no presentar el terreno en ámbas márjenes del rio fallas locales visibles o plegamientos; segundo, apreciable economía en la construccion de costosos caminos hasta el pozo.

La ubicacion de la perforacion en este punto presenta las probabilidades de haber petróleo a poca profundidad, proveniente del yacimiento ori-jinario de la parte del Neuquen, que satura las formaciones permeables que han quedado atravesadas arriba i a su frente por efecto del hundimiento de la parte de Mendoza (véase figura esplicativa 5).

A mayor profundidad, siempre que conviniera su continuacion, el pozo encontraria el yacimiento ori-jinario perfectamente almacenado, dado que es presumible que la formacion de ori-jen estaria incomunicada con la de Neuquen por capas impermeables de formaciones mas antiguas.

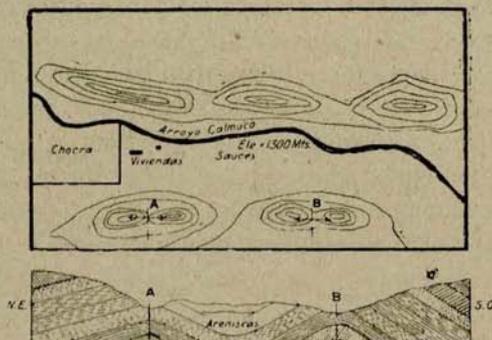


Fig. 4.—Plano i seccion de la zona Calmuco

Los otros puntos mas favorables que presenta la rejion para la exploracion son los anticlinales de Calmuco, que se han descrito anteriormente (figura 4).

En vista del lugar donde se han de efectuar los primeros trabajos de exploracion, que llevaria consigo gastos de consideracion en fletes de maquinarias, construccion de caminos, adquisicion de combustibles, etc., puede calcularse aproximadamente el costo del pozo hasta una profundidad de 1,000 metros, en la cantidad de trescientos mil pesos, mas o ménos, i en este gasto está incluido el de adquisicion de todos los elementos de trabajos imprevistos, que pueden hacerse necesarios segun lo que revele la perforacion.

En cuanto a los otros pozos que se perforen, una vez construidos los caminos i establecido el campamento, puede estimarse el costo del precio por metro lineal de 50 a 80 pesos.

Si la produccion fuera poca, el producto se trasportaria por medio de tanques apropiados de una capacidad de cuatro a cinco metros cúbicos cada uno, montados sobre camiones, los que serian remolcados por un tractor hasta la estacion Contra-almirante Cordero de Neuquen, donde seria destilado en una destilería de costo insignificante, obteniéndose así la mayor proporcion de sub-productos, lo que resultaria en rendimiento o beneficio para su mas rápida realizacion.

En el caso de obtenerse una producción mínima diaria de 500 a 700 toneladas, convendría entonces la instalación de una cañería desde la mina a la estación citada o a Bahía Blanca, según donde más convenga, i en atención a que el procedimiento de trasportar el producto por dicha cañería no tiene competencia en cuanto a economía se refiere en cualquiera de estos dos puntos, convendría entonces instalar una refinería adecuada para obtener los sub-productos por destilación fraccionaria (véase «Ingeniería Internacional», Febrero de 1920).

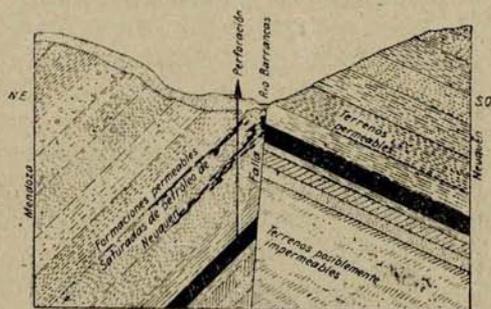


Fig. 5—Sección transversal del Río Barrancas

Se muestra en esta sección la posibilidad de que el petróleo del Neuquen haya invadido el lado mendocino i que una perforación encuentre varios horizontes superficiales i despues una cuenca bien provista de petróleo.

El análisis del petróleo practicado en la Division de Minas por el suscrito, ha dado el siguiente resultado:

Base del petróleo.....	Parafina
Densidad, a 15,5° C.....	0,917
Punto de inflamacion de los gases (vaso abierto).....	88° C.
Punto de inflamacion de los vapores (vaso abierto).....	104° C.
Calorías.....	10.276

Analizada, la ceniza del coque dió vanadio V_2O_5 .

Considerando la muestra analizada, el producto obtenido por la perforación superará en proporcion de destilados livianos a esta muestra.

G. HILEMAN.



Origen i forma de los Yacimientos de Petr6leo ⁽¹⁾

Vamos a dar en seguida una traducci6n de la interesantísima conferencia, que lleva el título de mas arriba, dada en la «Société de Chimie Industrielle», por M. L. Gentil (Profesor de la Facultad de Ciencias) el 25 de Noviembre de 1920, i la completaremos con la discusi6n que se siguió en la citada Sociedad sobre esta conferencia.

TEORÍAS SOBRE EL ORÍJEN DEL PETR6LEO

La cuestion del oríjen del petr6leo que ha producido muchas discusiones no está aun hoi dia definitivamente resuelta.

Casi simultáneamente se formularon dos tésis diferentes: una por Humboldt, quien atribuía un oríjen volcánico a los hidrocarburos naturales de la bahía de Cumana (Venezuela); la otra por Leopoldo de Buch, que admitió que los asfaltos del Val-de-Travers, en la cadena del Yura, debían su oríjen al reino animal.

EN EL SIGLO XIX

Estas dos ideas, en oposici6n completa, fueron emitidas en los comienzos del siglo XIX; han sido mui a menudo presentadas bajo diversas formas. Ya prevalecía la hipótesis eruptiva o mineral o ya ésta tenía que cederle el paso a la tésis orgánica. I esta última es hoi la mas jeneralizada.

Hacia el año 1834, Virlet d'Aoust i Rozet se inclinaban por el oríjen eruptivo; este último pensaba aun que los bitúmenes de Pyrimont correspondían a emanaciones que permitían presumir la existencia del basalto a poca profundidad.

Daubrée (1850) insiste sobre la vecindad de los petr6leos de Pechelbronn i de Hobsann con la «falla terminal de las areniscas de los Vosges», hace notar la existencia del basalto a poca distancia i admite el oríjen francamente mineral de los hidrocarburos a causa de sus relaciones con los fenómenos eruptivos i dislocaciones.

Chancourtois (1863) adopta la teoría mineral; cree aun establecer la conexi6n de los yacimientos de petr6leo con la red pentagonal de Elie de Beaumont.

(1) Traducido de «Chimie et Industrie» (Dic. 1920) por E. Nef A.

Ansted (1866), admirado por el alineamiento de los volcanes con relacion a los ricos yacimientos de América del Norte, la explotacion de los cuales entraba en su primera fase activa, admite que el petróleo resulta de una «destilacion lenta de los carbones i lignitas» que hayan en profundidad.

Lartet, en su «Memoria sobre los yacimientos bituminosos de Judea» los liga a la línea principal de dislocacion de la depresion del mar Muerto i del Jordan, a igual que las fuentes termales salinas. Para él no solamente los hidrocarburos, sino aun la sal jema tienen un oríjen eruptivo.

Para Sterry Hunt, la teoría orgánica es indiscutible, el petróleo de Kentucky debe su oríjen a la descomposicion de materias orgánicas, en las capas donde se le encuentra actualmente.

En este momento interviene un gran químico, Berthelot (1866). Parte de la hipótesis de Daubrée, que la masa de la tierra encierra metales alcalinos libres, i admite que los petróleos tienen un oríjen puramente mineral i que la polimerización de los hidrocarburos entra en el resorte de las reacciones a profundidad.

Esta esplicacion fué mas tarde aceptada por Moissan, quien admitió la existencia de carburos metálicos, i las esperiencias de Sabatier i Senderens (accion del níckel sobre las mezclas de acetileno e hidrógeno) vienen a apoyar esta tésis por la síntesis de los líquidos carburados, que pueden asemejarse sea a los petróleos pensilvánicos (hidrocarburos saturados) cuando el hidrógeno está en exceso, sea a los petróleos nafténicos del Cáucaso cuando el acetileno está casi solo, sea, en fin, a los petróleos de los Cárpatos en el caso intermedio.

Coquand (1867), despues de un viaje por Valaquia i Moldavia, rechaza la teoría orgánica emitida a propósito de los petróleos americanos i canadienses, para adoptar la teoría mineral de Berthelot. Se acerca a la idea de Lartet, pero considera como fortuita la coexistencia de la sal jema i del petróleo: En todas partes la sal jema tiene un oríjen sedimentario. Los asfaltos de Ragusa i de Albania provienen de fuentes profundas que han inyectado las rocas porosas en el instante de su formacion: «este petróleo así ha abandonado sus productos volátiles».

Fraas (1868) admite que el bitúmen del Mar Rojo se produce en los arrecifes coralíferos: la vida intensa, en este mar cálido, acumula miriadas de miriadas de animales muertos que, al entrar en putrefaccion, dan lugar a la formacion de los carburos de hidrógeno que se infiltran en los intersticios de los arrecifes para condensarse ulteriormente. Los mismos fenómenos han debido pasar en épocas jeológicas pasadas. Con este autor, la hipótesis orgánica toma una forma mas precisa.

Al mismo tiempo, Abich, Roemer, Raulin adoptan la teoría volcánica; mientras que Hébert admite la necesidad de las dislocaciones invocadas por Chancourtois i Daubrée para esplicar las venas de bitúmen. I llama

la atención hacia la hoya de París, no dislocada, está exenta de yacimientos petrolíferos, a pesar de la abundancia de restos fósiles de animales.

Knab (1869) sostiene que los asfaltos de Val-de-Travers se deben a la descomposición de animales, de moluscos i de crustáceos.

Desde 1872, Jaccard se interesa en la cuestión que mas tarde desarrolló estensamente, en lo que concierne a la cadena jurásica: Los asfaltos del Val-de-Travers se deben a la descomposición de las sustancias orgánicas, de origen animal; mientras que los bitúmenes que impregnan la «*mollasse*» deben considerarse como de origen vegetal.

Fuchs i Sarasin (1872), a propósito de las fuentes de Campina (Valaquia), están de acuerdo con Coquand. Ellos rechazan la idea de una destilación de materias orgánicas i no vacilan en atribuir al petróleo un origen francamente eruptivo. Estos hidrocarburos señalan una de las últimas fases de los fenómenos volcánicos i: «el petróleo al llegar a la superficie por sistemas de fracturas, sus puntos de emergencia se alinean según la dirección jeneral de los accidentes geológicos de una región».

En 1877, Mendeleef vuelve a la teoría mineral de Berthelot; mientras que Höfer (1880) supone una destilación de restos animales en las capas profundas de los yacimientos devonianos de la Pensilvania; allá, el petróleo impregna las rocas porosas en los pliegues anticlinales.

En 1881, A. de Lapparent consideró las salsas i las mofetas como evaporaciones de hidrocarburos, eco mui apagado del volcanismo. El los clasifica entre los fenómenos de origen interno manifestados gracias a las dislocaciones del suelo i siguiendo las líneas de sollevamiento. El asfalto, que es un producto de la oxidación del petróleo, no «pertenece realmente a las formaciones causadas por la actividad directa de los organismos».

Con Briart (1883), el origen orgánico del petróleo i del bitúmen toma una forma mas consistente, pues éste admite que estos combustibles son formados por la descomposición de animales microscópicos o por vegetales.

Le Bel (1885) se adhiere a los demas partidarios de la teoría química. Se acerca a Mendeleef i hace notar que es imposible admitir que las enormes cantidades de petróleo que se presentan en Bakou permitan mirarlos como productos de la destilación de la hulla.

La hipótesis orgánica, de nuevo combatida por Le Bel, toma un nuevo auge con Orton (1888), despues con Engler (1888), Höfer (1891) i Zaloziacky.

Orton considera el petróleo de Ohio, situado en la base de un terreno carbonífero, como resultado de la descomposición de animales i vegetales a baja temperatura.

Engler trata de reproducir el petróleo partiendo de cuerpos organizados. Somete peces a presiones de 4 a 10 atmósferas en autoclave, i obtiene 60% de aceite bruto del cual los 9.10 son hidrocarburos de petróleos. Repitiendo la operación con moluscos, obtuvo amoníaco i bases orgánicas

azoadas. Hace notar la presencia de la «*cire de cadáveres*» en los sepulcros.

Entonces Höfer sigue la teoría orgánica animal de los petróleos, pero hace notar que en los hidrocarburos naturales de los grandes yacimientos el ázoe falta jeneralmente; como sucede con el petróleo de Pensilvania, pero sí existe en los de Tejas i de California. Con Engler, admite que la ozokerita (cera fósil) tiene un oríjen animal.

Zaloziecky supone que la descomposicion lenta de los animales, en los depósitos marinos se hace en dos fases. Ella actúa primero sobre las sustancias azoadas, en contacto con el aire, se produce la fermentacion pútrida con formacion de amoniaco i de bases amoniacaes. La segunda fase resulta del retardo introducido por la sobresaturacion de las aguas del mar i por el sepultamiento de los cadáveres en los sedimentos.

El petróleo seria el residuo de la descomposicion de materias grasas i no el producto de una destilacion i de una condensacion. Este residuo debia ser sólido i la ozokerita representaria el primer estado de la descomposicion de las materias grasas, la formacion del petróleo vendria en seguida. No es necesario, segun Zaloziecky, suponer una alta temperatura en esta jénesis del petróleo; por lo contrario, la intervencion de una presion elevada es indispensable.

Ochsenius no concibe que el amontonamiento de tan grandes masas de cadáveres haya podido hacerse en mar abierto, sino únicamente a la desembocadura de los rios. Las corrientes de aguas saladas, de las cuales la sal habria sido tomada del continente, habrian muerto súbitamente los organismos i los habrian sepultado con los depósitos del estuario. Para este autor, la formacion del petróleo no exige ni temperatura ni presiones elevadas. Ademas estima que todas las aguas saladas encierran hidrocarburos.

En 1889, Narcy vuelve sobre la relacion de los yacimientos de petróleo con las grandes líneas de dislocaciones enunciada por Daubrée, i esplayada por Shancourtois, i agrega: «Es natural pensar que han llegado (los hidrocarburos) a la superficie al mismo tiempo que las rocas eruptivas.. i se han depositado en los terrenos de formacion reciente». Los yacimientos de petróleo se presentan, sea en las depresiones de los sinclinales como las napas de agua, sea en las hendiduras o a lo largo de las fallas, como así tambien en los anticlinales.

En el clásico tratado de «Yacimientos minerales i metalíferos» aparecido en 1893, Fuchs i de Launay se inclinan a creer que los petróleos tienen un oríjen profundo, sin ser, sin embargo, tan afirmativos como en el verano de 1870, cuando Fuchs en su «*Memoria sobre las fuentes de Campina*» en colaboracion con Sarasin dice: «El petróleo puede asimilarse a una napa acuifera artesiana teniendo por punto de partida un depósito interior donde el líquido, cargado de gas, está sometido a presion desde los diversos tiempos jeológicos. El terreno donde se encuentra el petróleo

no es, pues, casi nunca el en donde se ha efectuado orijinariamente el depósito. Los petróleos se localizan a lo largo de los grandes plegamientos que determinan el ascenso por las fracturas... su edad es difícil de determinar».

Jaccard, en su libro sobre «*El petróleo, el asfalto i el bitúmen*» (1895), critica con fuerza la teoría volcánica o mineral. Va aun un poco léjos cuando reprocha a todos los autores, químicos o jeólogos, por no precisar la naturaleza de las reacciones de estos hidrocarburos gaseosos, líquidos o sólidos.

Pone en oposicion a Coquand i Latet, quienes están de acuerdo sobre el orijen interno del petróleo, porque este último considera como igualmente eruptivos el yeso i la sal jema que acompañan las efusiones bituminosas del Mar Muerto, miéntras que Coquand afirma que estas sales son indiscutiblemente sedimentarias. Critica con no ménos severidad la teoría de Fuchs i de Launay que hacen venir «*de abajo*» los hidrocarburos naturales, del mismo modo que los depósitos metálicos de los minerales sulfurados i de ciertos minerales como el ácido bórico, el azufre, etc. En fin, es igualmente duro para aquellos (Millet, Itier, Ansted) que remontan el orijen del petróleo a una destilacion de combustibles minerales, como la hulla, que deben encontrarse en la profundidad.

Se estiende sobre el orijen animal del petróleo, apoyándose sobre todo en la formacion de los bitúmenes i asfaltos de la cadena del Jura a los cuales les ha consagrado un largo estudio personal.

La presencia del bitúmen en ciertas conchas fósiles es, para él, la prueba decisiva que el bitúmen proviene de la descomposicion de los tejidos orgánicos de moluscos, opinion que precedentemente habia emitido i que fué refutada por Fuchs i de Launay, quienes estimaban que el bitúmen habia podido, posteriormente a la fosilización, infiltrarse en la concha.

Jaccard ha completado su estudio por un exámen de los yacimientos de petróleo del mundo entero, a los cuales adapta su conviccion del orijen orgánico de estos hidrocarburos.

EN EL SIGLO XX

La hipótesis orgánica ha tomado su forma mas rigurosa desde los comienzos de nuestro siglo, gracias a los hermosos trabajos de los jeólogos rumanos, bajo el impulso del profesor Mrazec.

Los ricos establecimientos explotados han ofrecido a estos investigadores los documentos que han sido puestos en accion por el eminente director del Instituto Jeológico de Bucarest. Creo útil resumir lo que se ha publicado a este respecto (1).

Para él, los hidrocarburos de la naturaleza tienen dos orijenes distintos. Los unos, *juveniles*, de un orijen interno, se les encuentra en los

(1) M. Mrazec ha condensado admirablemente sus ideas sobre los yacimientos de petróleo en un folleto aparecido en 1920. *Ministerio de la Industria i del Comercio*.—Bucarest.

filones metalíferos; los otros, *vadosos*, son de origen estérno, de naturaleza orgánica. Estos últimos son muy frecuentes, pero generalmente diseminados en las rocas sedimentarias, a tal punto de estar más esparcidos en la corteza terrestre que los otros combustibles minerales. Sin embargo, su concentración susceptible de dar ricos yacimientos explotables está sometida a reglas que limitan su número.

ROCA-MADRE DEL PETRÓLEO

Bajo el nombre de *roca-madre* del petróleo, el profesor Mrazec designa las capas en las cuales los organismos han sido enterrados en el instante de la sedimentación, para dar más tarde, por descomposición, los hidrocarburos.

Las rocas-madre arcillosas de los petróleos presentan, en general, la «facie salina» del estado geológico que las encierra. En Rumania, están asociadas a los yacimientos de sal en la vecindad de las cuales las capas están cargadas de hidrocarburos.

En la hoya mediterránea, el primer estado neógeno es «salino» i bituminoso. Constituye el «salino», esto no implica forzosamente la presencia de masas de sal jema, pero un terreno que contiene «aguas saladas fósiles»: las «aguas vetéricas» siguiendo la expresión del autor.

Estas aguas saladas contienen, entre otros elementos, el yodo que, según los fisiologistas, es necesario para estimular la producción, «aumentar el potencial de vitalidad de los organismos». I. M. Mrazec ve, en la presencia de este metaloide, una prueba cierta del origen del petróleo.

En cuanto a los seres vivos que, por su acumulación han podido dar así grandes cantidades de hidrocarburos, no es preciso buscarlos entre los animales i vegetales superiores. Las rocas-madre del petróleo han contenido organismos microscópicos inferiores pertenecientes a las colonias que, en la superficie de los mares, constituyen el *plankton*. Estos seres minúsculos han abundado en los mares cálidos en camino de concentración bajo el ardor del sol i bajo un clima desecante de estepas desiertas. Resulta de esto una vida extraordinariamente activa, en razón del desarrollo muy rápido i de la duración efímera de estos organismos, los cadáveres de los cuales irían a acumularse al fondo de la depresión lagunar, con los escombros minerales tenjenos o con los depósitos salinos, quienes tomaban parte en la sedimentación.

Además de las arcillas, M. Mrazec distingue aun, entre las rocas-madre del petróleo, las rocas silíceas, depositadas en condiciones análogas, i atribuye la formación de las sílices que ellas contienen a la sílice coloidal, precipitada, traída del continente por las aguas fluviales. Hace notar que

estas sílices parecen contener siempre hidrocarburos. Distingue aun las calcáreas i las dolomitas bituminosas.

Las rocas-madre en Rumania pertenecen a los terrenos terciarios; las mas antiguas arcillo-silicosas, muy ricas en Foraminíferas, con indicios de pescados, son paleójenas; las otras, mas recientes, forman parte del «Salino», de la primera mitad de las formaciones neójenas.

El «salino» encierra las rocas-madre mas ricas de la Rumania. Pero es curioso comprobar que el petróleo se encuentra acumulado no sólo en las rocas-madre, sino tambien en terrenos mas recientes que comprenden diversos estados (Sarmaciano, Meotico, Pontiano, Daciano, Levantino) representando los horizontes estratigráficos del Neógeno superior. Estos diversos niveles corresponden a depósitos de mares mas i mas insalobres para concluir en las formaciones de aguas dulces, de tal suerte que están desprovistos de los caracteres de las rocas-madre de petróleo.

MIGRACION DE LOS PETRÓLEOS

Es necesario entónces admitir que se ha producido un desplazamiento de los líquidos hidrocarbурados, quienes han abandonado mas o ménos completamente las capas en las cuales se habian formado i en donde constituían los yacimientos *primarios*, para ir a impregnar terrenos o arenas, superpuestos, terrenos muy permeables, orijinándose de este modo los yacimientos *secundarios*. Esto es el fenómeno de la migracion de los petróleos.

Este desplazamiento del líquido se produce bajo la accion de los gases hidrocarbурados, los cuales pueden, sea elevar o sea rechazar lateralmente el petróleo. Por regla jeneral, la migracion es ascendente.

Si la migracion se produce por segunda vez se tienen los yacimientos *terciarios*.

La única causa que puede oponerse a la migracion es la existencia de una capa de agua que forma cúpula, debajo de la cual los hidrocarburos van a concentrarse, porque las rocas son fácilmente atravesadas por el petróleo i siempre por los gases.

Las rocas mas permeables son las arenas en las cuales la impregnacion puede tener diferentes grados, como en el caso de las aguas. El petróleo no es explotable sino cuando la arena está sobresaturada, es decir, cuando forma una napa líquida que baña los granos detríticos, los cuales ya no permanecen mas en contacto. Si la sonda llega a una capa de esta clase, se produce una erupcion bajo la presion de los gases. En este caso, el líquido proyectado arrastra consigo los granos arenosos. Otras rocas permeables, en diversos grados, pueden ser las areniscas blandas, las areniscas de grano grueso, los conglomerados o las brechas, las dolomitas o calcáreas cavernosas, en fin, escepcionalmente, las tobas volcánicas.

El techo de las napas petrolíferas está siempre constituido por una roca lo bastante impermeable para detener la migracion ascendente.

Las mejores cubiertas o techos están construidos por las arcillas, la marga arcillosa, las areniscas compactas, las calcáreas mui compactas, etc. En Rumania la mejor cubierta la forma el Pontiano, lo que explica que el nivel que contiene la mayor cantidad de petróleo explotable esté constituido por el Meotiana.

La cubierta debe ser mucho mas impermeable que cuando recubre una napa acuífera i su composicion litológica juega un gran papel, desde el punto de vista técnico, en la operacion a veces mui difícil del «cierre de las aguas».

Las causas de la migracion son mui variadas.

Unas se deben a la naturaleza misma del petróleo, los elementos gaseosos del cual ejercen sobre la masa líquida una de abajo hácia arriba que puede vencer la resistencia de las rocas i producir, en los sondajes violentas proyecciones de líquido.

Otras son estrañas a la composicion del petróleo. La temperatura jeoteímica puede intervenir en el aumento de la fuerza expansiva de los gases; las aguas de infiltracion, en su movimiento subterráneo, pueden desplazar el petróleo que es mas liviano; en fin la causa mas eficaz resulta de la accion en profundidad de las causas orojénicas.

A la accion expansiva de los gases viene pues a agregarse la de las presiones lentas, pero irresistibles, de las tensiones internas. De esto resulta que los hidrocarburos se desplazan en el sentido del empuje de las capas que los encierran, en las rejiones plegadas. Es importante hacer notar, desde este punto de vista, que el petróleo se concentra sobre las líneas de presion máxima.

FORMAS DE LOS YACIMIENTOS DE PETRÓLEO

Los hidrocarburos ofrecen yacimientos diferentes segun la naturaleza de los plegamientos que han afectado los terrenos que los contienen.

En este órden de ideas, se puede distinguir los yacimientos contenidos en los anticlinales, los relacionados con los pliegues o «perforados» (1), en fin, los yacimientos de rejímenes de napas de recubrimiento.

1.º Los anticlinales normales que contienen petróleo, son raros. Mas bien en los grandes pliegues menos irregulares en forma de cúpula es en donde los elementos se acumulan bajo una bóveda impermeable en capas superpuestas por órden de densidad: agua, petróleo, gas. Sucede a veces que los gases salen a causa de la erosion de la bóveda al ras del suelo. Se forman entónces las *salsas* que no tienen nada de comun con las manifestaciones volcánicas, aunque a menudo se sostiene esto. Estas «salsas»

(1) Mas adelante viene la descripcion de esta clase de pliegues.

de las cuales se desprende principalmente metano, indican en realidad yacimientos abiertos.

Los yacimientos de petróleo contenidos en las cúpulas de anticlinales se encuentran en las rejiones poco plegadas; tales como los de Pensilvania, de Kentucky, de Kansas, de Illinois, en terrenos paleozoicos, que pertenecen a esta categoría.

2.º Los yacimientos de las rejiones de pliegues «perforados» muy bien descritos por M. Mrazec, presentan características particulares.

Bajo el nombre de «*pliegues perforados*», el eminente jeólogo designa los pliegues de *núcleo de percusion o de penetracion*, en los cuales las capas del núcleo han levantado i cortado, como la hoja de un cuchillo, las capas mas recientes del techo, friccionándolas i plegándolas por su contacto, pero a una cierta distancia del eje de plegamiento vuelven a sus formas suaves primitivas.

Estas formas de pliegues constituyen regla en los Subcárpatos rumanos. El núcleo de penetracion está representado por la sal jema de la base del «salino», mientras que las capas neójenas forman los flancos de estos singulares pliegues. Los flancos del núcleo están siempre estirados, sobre todo en el ala inferior que puede considerarse como una superficie laminar. A tal punto que el autor considera estos pliegues perforados como la primera fase de fenómenos de sobre-escurrimiento relativamente superficiales.

Igualmente es necesario hacer notar que los grandes yacimientos rumanos de petróleo (Moreni, Boicoiu, etc.), ubicados en terrenos neójenos recientes se encuentran en contacto con el núcleo «salífero» de estos pliegues perforados.

3.º Ahora se ha demostrado que la mayor parte de las grandes cordilleras se han formado de napas de sobre-escurrimiento, es decir, recubrimientos, a veces en grandes estensiones, de terrenos *in situ* por capas mas antiguas. Este fenómeno, sobre la causa del cual aun no hai acuerdo completo, es sin embargo indiscutible, se debe a grandes sobre-escurrimientos producidos a profundidades variables, bajo la influencia de los esfuerzos orojénicos.

La cadena de los Cárpatos tiene esta misma estructura complicada como la cadena alpina, de la cual la primera es su prolongacion, segun así lo han demostrado los jeólogos rumanos, polacos i austriacos.

Si se admite la concepcion de la roca-madre del petróleo, ésta puede encontrarse bien en la napa de sobre-escurrimiento o bien en el sub-estratum *in situ* que constituye el autóctono. De ello pueden resultar fenómenos muy complejos. De todos modos, se puede comprobar que los yacimientos de petróleo, en las rejiones enérgicamente plegadas, aparecen a menudo sobre las superficies montadas por los terrenos sobre-escurridos.

Las líneas que preceden resumen de la manera mas sucinta, las ideas i observaciones del profesor Mrazec sobre el oríjen i formas de los yaci-

mientos petrolíferos. Nadie como él había analizado, con tanta sagacidad, la hipótesis orgánica sobre la formación de estos hidrocarburos naturales i ha contribuido, en gran parte, a la propagación de ésta en el mundo científico.

Sin embargo, los que la adaptan lo hacen siempre con reservas.

Así, M. de Launay, en su hermoso trabajo, «*Tratado de Metalogenia*», publicado en 1913, al aceptar la teoría orgánica, porque ésta se encuentra en armonía con muchos hechos de la observación, hace notar que el problema del origen del petróleo queda como «una de las cuestiones más oscuras i más discutibles entre todas las que posee la geología». Analiza de una manera muy cuidadosa los argumentos en favor de las dos hipótesis, orgánica i mineral, argumentos que refuta sucesivamente con las objeciones que está en derecho de oponerles.

En favor de la teoría orgánica, se puede citar: la asimilación de los petróleos a otros combustibles minerales, la vecindad habitual de sus yacimientos con los terrenos yeso-salinos, la relación de ciertas zonas tectónicas sin caracteres eruptivos con sus alineamientos, etc. Pero se puede oponer a esta concepción hechos indiscutibles, como aquel de sondajes muy profundos i que han encontrado el petróleo *por debajo* de los terrenos a los cuales se presumía pertenecieran a la roca-madre. M. de Launay hace resaltar la vacuidad del argumento de Jaccard que admite que el bitúmen contenido en ciertos fósiles cretáceos del Jura se han formado *in situ*, i por otra parte los mismos fósiles han podido rellenarse por piritita o por sílice. En cuanto a la destilación de una hulla profunda que haya dado lugar a la formación del petróleo de la Pensilvania, espresa que esta interpretación cae por sí misma, ya que el terreno hullero se encuentra *encima* i no *debajo* de los yacimientos petrolíferos.

La hipótesis mineral es, según M. de Launay, aun más frágil. Se puede hacer valer a su favor la presencia normal de los hidrocarburos en las emanaciones gaseosas de los volcanes, la existencia de sustancias carburadas o del ácido carbónico producido por su combustión, en numerosos filones metalíferos. Además la movilidad i la marcha filónica dan al petróleo la apariencia de venido de lo interior, igualmente las reacciones invocadas por Berthelot i Mendeleef, no están desprovistas de valor.

Muy recientemente, un geólogo rumano, de los más distinguidos, muy conocido por sus hermosos trabajos de mineralogía, de petrografía, de tectónica i de geografía física, M. Murgoci, profesor en la Escuela Politécnica de Bucarest, después de haber admitido, como la mayor parte de los geólogos, el origen orgánico del petróleo, está ahora convencido de su origen profundo.

Piensa que los petróleos rumanos, de edad terciaria, deben resultar de la condensación de hidrocarburos, emanados de los magmas básicos profundos i se han propagado por las fisuras, por las fallas, por la superficie

de recubrimiento de la cadena carpática en via de su formacion. Estas emanaciones serian análogas a aquellas de las cuales se pueden encontrar indicios en los filones metalíferos sulfurados, el orijen interno de los cuales jamas se ha discutido. Estos desprendimientos de gases combustibles corresponderian a las potentes erupciones miocénicas que marcan el arco carpático.

Mi eminente colega desarrollará su idea basándose en múltiples observaciones de la cadena de los Cárpatos i de sus contrafuertes (Sub-cárpatos). El se encuentra admirablemente ubicado para llevar en favor de la hipótesis volcánica, argumentos tan satisfactorios que, como yo creo a igual que él, los hidrocarburos naturales que forman los petróleos tienen su orijen, mas verosímilmente, en depósitos ígneos profundos de la corteza terrestre.

Un simple exámen de los hechos que pueden citarse al apoyo de una i otra teoría al ponerlas en oposicion, muestra que las objeciones hechas en contra de la hipótesis volcánica son mas aparentes que reales.

El hecho mas importante que se ha verificado en favor del orijen interno del petróleo, consiste en la presencia de los hidrocarburos entre los gases que se desprenden a torrentes en las erupciones volcánicas. Estos gases combustibles escapan, mui frecuentemente, de la observacion en los volcanes de la superficie, porque estos hidrocarburos se inflaman en los cráteres al contacto del aire atmosférico. Pero es fácil descubrir la presencia de ellos en las emisiones gaseosas de los volcanes submarinos. De este modo F. Fouqué ha señalado grandes llamas en la isla volcánica de Giorgios, en el archipiélago de Santorin.

Es fácil concebir que estos gases hidrocarbureados han podido almacenarse en las capas porosas de la corteza terrestre, formando masas importantes que constituirán los yacimientos petrolíferos.

A esta manera de ver, se ha opuesto el alejamiento mui frecuente de los yacimientos explotados con relacion a los volcanes, sea en actividad o sea mas o menos antiguos. Pero este argumento cae por sí mismo, si se piensa que en la vecindad de los centros de emision los gases hidrocarbureados no han podido sino seguir la via natural que les fuera ofrecida por los canales i chimeneas del volcán. No se debe pues encontrar estos gases o sus productos de condensacion sino a una cierta distancia de los puntos de erupcion, allí donde ellos podian, a partir del magma del cual emanaban, atravesar espesores mas o menos grandes de capas siguiendo las grietas.

La relacion indiscutible de los grandes yacimientos de petróleo con líneas de fractura viene en apoyo de esta manera de ver.

Parece claro que en rejiones de mesetas como las de Tejas, Kansas, Louisiana, la ubicacion de los hidrocarburos de los grandes yacimientos debe explicarse por el hecho de la frecuencia de las fallas en estas rejiones no plegadas.

Por otra parte, es fácil ver que la repartición de los yacimientos petrolíferos está íntimamente ligada a la marcha tectónica de las capas jeológicas. En este punto, todos los jeólogos están de acuerdo.

En Valaquia, es admirable la ubicación de los grandes yacimientos del tipo Moreni, en la vecindad de superficies tendidas con núcleo de sal de los pliegues perforados. Es notable comprobar que el petróleo impregna el contorno del gran jeosinclinal secundario i terciario, sobre el emplazamiento del cual se han formado las grandes cadenas modernas de los Alpes. I se sabe que esta zona de plegamientos neógenos coincide con la zona de volcanidad que caracteriza el fin de las épocas terciarias.

Si se piensa que las efusiones de los volcanes provienen de masas fundidas situadas a profundidades del orden de algunas decenas de kilómetros, se puede concebir fácilmente que las emanaciones de hidrocarburos siguiendo las líneas de dislocación de la cadena montañosa afectada, hayan podido ir a concentrarse en rocas porosas a grandes distancias del aparato volcánico.

Así, estudiando el problema mas a fondo, se ve que las objeciones hechas a la hipótesis volcánica o mineral, sobre el oríjen del petróleo son mas aparentes que reales.

I del mismo modo es mas fácil combatir la teoría orgánica a la luz de hechos de la observación. Desde luego, de ciertos yacimientos se han extraído tan grandes masas de petróleo que se hace difícil suponer, comparándolas con la capacidad misma de la roca-madre, que hayan estado contenidas en ella. Las estadísticas muestran, aun en Rumania, que, en un mismo campo petrolífero, el volumen de nafta extraído de una misma capa a menudo es superior a la capacidad de esta capa. Es necesario, pues, admitir que la napa está alimentada a medida de su agotamiento. I en ciertas sondas, por su producción prodijiosa, se ha supuesto que éstas se hallaban en alguna grieta que se comunicaba con depósitos mas profundos, hecho que estaria mas en conformidad con la teoría del oríjen interno.

Ademas con la teoría orgánica se presenta una gran dificultad para la determinación de las rocas-madre.

La capa supuesta productiva no presenta nunca caracteres litológicos que puedan dar una idea de su capacidad jeneratriz en hidrocarburos.

Mucho mas, cuando se estudia una rejion petrolífera de vasta extensión, se está tentado de aumentar mas i mas la edad de la roca-madre, porque se descubre poco a poco rocas mas i mas antiguas atravesadas por las emanaciones bituminosas i por consiguiente posteriores a su formación.

Parece que todas estas indecisiones ponen en discusión la existencia misma de la roca-madre del petróleo i por consiguiente la hipótesis orgánica.

A lo mas, el mas sólido argumento en favor de esta teoría consiste

en la asociacion frecuente de los yacimientos de petróleo i de los terrenos lagunares. Es preciso reconocer que este hecho seria decisivo si él implicase necesariamente una relacion de causa i efecto.

Pero, parece que aquí solo hai una simple coincidencia, a lo menos en lo que concierne a los yacimientos de edad neógena del petróleo.

Estos yacimientos que rodean siempre el borde del jeosinclinal sobre el emplazamiento del cual se han formado las cadenas montañosas terciarias, i su reparticion se adapta mui bien a la hipótesis de emanaciones que habrian atravesado las capas jeológicas siguiendo las grandes fracturas, sobre todo las superficies de recubrimiento que caracterizan las grandes cadenas plegadas.

Ahora, la accion del desplazamiento de las líneas de los márgenes, en la época del acumulamiento de las cadenas, ha favorecido la formacion de las lagunas, los depósitos de las cuales bordean actualmente los relieves terciarios que se elevaron sobre el emplazamiento del jeosinclinal. Así se esplicaria en la hipótesis volcánica, la asociacion frecuente de yacimientos de petróleo i de terrenos yeso-salinos.

Así se ve que las objeciones mas graves levantadas contra la hipótesis del oríjen interno del petróleo, no soportan sino difficilmente el exámen crítico de los hechos de la observacion.

Parece que la formacion de yacimientos de hidrocarburos está mucho mas enlazada con la volcanicidad en ciertas zonas de corteza terrestre.

La asociacion de los yacimientos de petróleo con los depósitos lagunares puede ser tan fortuita como la reparticion frecuente de volcanes modernos al borde del mar.

Esta última coincidencia tiempos atrás indujo en error a los jeólogos, quienes hacian intervenir la proximidad de las costas como la causa principal del volcanismo, miéntras que ahora se admite que las efusiones volcánicas están en relacion con las zonas plegadas o removidas de la corteza terrestre.

L. GENTIL.

Profesor de la Facultad de Ciencias

(Continuará).



El Origen de los Depositos Primarios de minerales (1)

(Conferencia por J. Morrow Campbell, miembro del Instituto de Minas i Metalurgia).

INTRODUCCION

El objeto de esta conferencia, es revistar brevemente las teorías actuales del Origen de los Depósitos Primarios de Minerales; indicar algunos de los casos en que las teorías aceptadas no bastan para justificar fenómenos observados; i esponer una teoría que, se cree, no sólo contribuirá a explicar la segregacion, el transporte i precipitacion de los minerales, sino que tambien colocará el asunto mas vasto de segregacion magmática sobre una base mas simple i mas racional.

El problema es de una importancia capital, tanto para ingenieros de minas como para jeólogos.

El campo de accion es tan estenso, que es imposible, dentro del espacio a disposicion, tratar mas que superficialmente los muchos puntos que exigen consideracion.

LA CORTEZA EXTERIOR DE LA TIERRA

Los minerales tienen su origen en la costra exterior de la Tierra, i su concentracion en depósitos que adquieren valor comercial, se efectúa por procesos naturales.

Que los minerales derivan de magmas de rocas, es indiscutible, pues se admite que la costra terrestre, hasta profundidades mucho mayores que las que alcanzaremos nosotros, ha pasado por un estado líquido, i era, prácticamente, toda magma ígneo antes de la solidificacion.

Para poder tratar el problema con mayor estension, es esencial considerarlo desde la etapa mas temprana posible.

Son dos las teorías que encuentran aceptacion sobre el origen de la Tierra: 1) La teoría Nebular, i 2) la Hipótesis Planetesimal. Para los fines que persigo, es indiferente cuál aceptamos.

Segun 1) es natural que la corteza ha debido pasar por el estado líquido, al transformarse del estado gaseoso inicial en el sólido actual. Daly («Rocas ígneas i su orijen», páginas 155-160) demuestra que las condiciones

(1) Traducido del «Bulletin of the Institute of Mining and Metallurgy». Octubre de 1920, por Carlos Mac-Donald.

postuladas de la Hipótesis Planetesimal, se reducen a exigir la existencia de una capa exterior líquida, i conviene considerar las conclusiones que se obtienen de las dos teorías; a) Un estado líquido primitivo de la corteza terrestre; b) La estratificación según la densidad que se observa; c) Una composición más o menos uniforme de la superficie; d) Temperatura magmática general, a algunos kilómetros de la superficie.

La superficie fué líquida durante un período considerable, i debe haber consistido de silicatos con minerales metálicos en solución. Los materiales debajo de esto, son de mayor densidad i se puede deducir que contienen los metales más pesados. Algunos consideran que el centro de la tierra se aproxima en composición a los aerolitos metálicos. No es aventurado decir que el material debajo de la costra de silicatos no contenía ni oxígeno ni los elementos del agua, i actualmente sucede así.

Mientras estaba todavía en fusión la capa de silicatos, la atmósfera debe haber contenido al principio, casi la totalidad del agua en existencia, también las proporciones de oxígeno i anhídrido carbónico, deben haber sido muy superiores a las actuales. La absorción del oxígeno se efectuó con más o menos actividad en la superficie; pero este proceso ha sido posiblemente lento en relación con el volumen de líquido, pues, las corrientes de conexión, si las hubo, no podrían ser rápidas.

Ha sido costumbre entre geólogos considerar la existencia de dos tipos primarios de magna, el granítico encima, i el basáltico debajo. Otros creen que la corteza inicial de la Tierra fué basáltica i que un magna granítico se desarrolló debajo de él.

Se acerca más a la verdad tal vez suponiendo la existencia de un magma primitivo único de composición intermediaria, diorítica o andesítica, que al diferenciarse ha producido los dos magmas basáltico i granítico típicos.

Trataremos de imaginarnos cómo se ha desarrollado la costra primaria. La solidificación comenzó en la superficie por la irradiación del calor, como sucede con el hielo en el agua: sólo que en el caso del magma, el sólido era más pesado que el líquido, i por consiguiente, al romperse por movimientos de marea i tempestades, se hundió i volvió a fundir. Este ciclo de formación de costra i de su fusión nuevamente se repitió hasta que la temperatura del mar de silicatos disminuyó considerablemente, hasta algunos kilómetros de profundidad. En este estado, la gradiente de temperatura en la capa exterior llegó a ser del orden de magnitud de la que se obtiene actualmente. La pérdida de calor por conducción en los silicatos es tan lenta que la temperatura baja actual en la costra, sería imposible si no hubiera un proceso como el que hemos supuesto, por el cual la temperatura de la capa silícea se redujo cuando estaba líquida a una temperatura más o menos uniforme.

La estabilidad de la corteza no se pudo conseguir hasta que la vis-

cosidad del líquido, debida al enfriamiento, hubo llegado a un grado tal que lo permitiera.

Los silicatos, mientras estaban en estado líquido, absorbieron agua de la atmósfera: pero es imposible precisar a qué temperatura esto ha comenzado.

Se supone que el agua ha entrado en la combinación con sílice i silicatos en forma de hidróxido, i nó como agua de cristalización. Esta diferencia parece ser de poca importancia; pero probablemente es fundamental. A medida que se solidificaba i se hundía la costra, los elementos del agua eran arrastrados hacia el interior i dispersados en la masa líquida. Parece seguro que la corteza permanente se formó mucho antes que todo este magma primitivo se saturara con los elementos del agua. El resultado de esta absorción del agua fué separación de los silicatos (que hemos supuesto del tipo intermediario) en una capa superficial granítica que se solidificó primero, i debajo, un magma basáltico líquido todavía. La razón de la separación se explica mas adelante.

La costra inicial era, pues, granítica, pero no se solidificó en completa tranquilidad. El enfriamiento produjo contracción i esto con otras fuerzas, produjo plegamientos i agrietamientos. Enormes cantidades de lava básica salieron de las grietas i se solidificaron, trayendo así a la superficie los metales pesados, i dando a la corteza una composición compleja. Es durante este período, mas o ménos prolongado, que la tierra tomó su forma tetrédrica jeneral, i que se estableció el equilibrio isostático.

Hai razones poderosas para creer que los dos magmas líquidos típicos eran inmiscibles.

Basados en experimentos de laboratorio, algunas autoridades aseguran que todas las fundiciones de rocas son miscibles. Esto es verídico para presiones atmosféricas, *en ausencia de agua*. La simple fusión de granito i basalto, que demuestra la posibilidad de mezclarse a cualquiera temperatura o presión, no basta para probar la miscibilidad, si no se hace el experimento en presencia de los elementos del agua, en cantidades como se presentan en la naturaleza.

Nos consta que los magmas graníticos al solidificarse dan un licor-madre acuoso. La corteza primaria era en su mayor parte granítica, de modo que podemos suponer que ha dado origen a un licor semejante. Estos licores ácidos llevan invariablemente la mayor parte de los minerales metálicos del magma granítico, de modo que debemos suponer que grandes cantidades de minerales fueron arrastradas a la superficie de la costra primaria. Estos minerales serian en gran parte de estaño, tungsteno, oro, cobre, zinc i plomo.

Probablemente, ninguno de estos depósitos minerales ha subsistido: han sido destruidos, dispersados en sedimentos i en soluciones acuosas. La gran cantidad de oro i otros metales disuelta en el mar, deriva probable-

mente de este origen. Algunos de estos minerales primitivos contenidos en sedimentos, se lixiviaron mas tarde i fueron depositados en vetas en otros sedimentos a mayor altura. Esta es una explicacion posible del origen de depósitos minerales que existen léjos de rocas ígneas de donde podrian haber emanado. Otros sedimentos metalíferos han sido absorbidos sin duda en el magma nuevamente, de donde al diferenciarse éste, se han depositado nuevamente en vetas. Daly aduce razones tan concluyentes basadas en la observacion, que debemos atribuir gran importancia a la intrusion magmática, i como esta intrusion necesariamente envolveria la absorcion de mucho mineral, ella puede explicar, por lo ménos en parte, la aparente irregularidad de distribucion de yacimientos primarios.

Aceptamos que la primera roca que solidificó fué el granito, pero éste fué cortado por grandes intrusiones de materia mas básica. Debajo de esto, el magma basáltico permaneció en estado líquido mucho tiempo. Se cree jeneralmente que éste tambien tomó el estado sólido al comienzo de la edad jeológica. Algunos jeólogos creen que todavía hai lagunas de magma líquido. Este es un punto discutible: pero como no tiene influencia importante en el tema en consideracion, puede quedar aqui.

YACIMIENTOS PRIMARIOS

Estos pueden definirse diciendo que son los que derivan directamente de las rocas o líquidos magmáticos, i no han sufrido ningun cambio esencial desde su precipitacion.

Es probable que algunos yacimientos formados por segregacion de minerales primitivos dispersados i fijados en vetas a mayor nivel, i que derivan indirectamente del magma en este caso, deberian ser considerados como primarios tambien. La distincion entre éstos i los primarios verdaderos, podria ser difícil de establecer.

Como la segregacion de materia metálica, o de líquido que la contenga, de la roca magmática, forma parte del proceso de diferenciacion magmática, es necesario que sigamos este proceso i lo comprendamos en lo que sea posible.

FORMACION I DIFERENCIACION DE ROCAS MAGMÁTICAS

a) *Jeneral*:—Magmas de Rocas se consideran jeneralmente como provenientes de materia sólida fundida por el calor. Este calor, segun unos jeólogos, es de origen mecánico: pero segun otros, es debido a la oxidacion de los elementos.

A ámbas teorías se hacen objeciones serias. Hai concordancia en solo un punto, i éste es: «todos los magmas contienen agua». Esto probablemente no es verdad. Los magmas que sufren diferenciacion sostienen ciertamente

los elementos del agua, i al enfriarse, ceden agua: pero esto no comprueba que en estado de magma, el agua es un componente natural. Respecto del oríjen de esta agua, hai discordancia nuevamente. Parece ser creencia jeneralizada que el agua es un constituyente primitivo de todos los magmas: otros creen que puede orijinarse con el hidrójenu i el oxígeno de óxidos, i otros la consideran de oríjen meteórico.

En primer lugar, debemos averiguar el oríjen del calor que produce el estado de líquido de materia de la corteza, ya solidificada. Se acepta jeneralmente que la temperatura en magmas es superior a 1000° C.: la que es mui superior al punto crítico del agua. La temperatura máxima obtenida en lava líquida es menor que la del punto de fusion de la sílice. Silicatos a menudo se dice que han sublimado en las emanaciones volcánicas, i si esto es así, una temperatura aun superior al punto de fusion del cuarzo puede existir en magmas a gran profundidad, pues es irracional suponer que en el trayecto hácia la superficie no pierda calor. Aunque no hai datos fidedignos de temperaturas superiores a 1500° C. en pozos o lagunas de lava, no debemos suponer que no las hai de un orden superior en el oríjen. Es sólo durante períodos de inactividad que se puede conseguir datos, i en tales ocasiones, la lava está prácticamente estacionaria. Podemos suponer con bastante razon, que durante los períodos de gran actividad las temperaturas de la lava, aun en las aberturas, puede alcanzar a puntos mucho mas altos que los anotados, i que en los puntos de oríjen, los magmas pueden tener temperaturas mui superiores a las de sus puntos de fusion si tal es el caso: no es probable que la fusion de los magmas se deba a causas mecánicas.

Es poco probable que el calor se haya producido por la oxidacion de los elementos, i tambien es difícil imaginar el oríjen del oxígeno.

Es imposible, además, que existan lagunas de lava fundida a temperatura mui superior a su punto de fusion, en la costra, i para períodos prolongados.

Parece que todas las lavas despiden gases que son de agua o los elementos del agua, i tambien que todos los magmas de rocas dan como resultado de la diferenciacion, un líquido acuoso al solidificarse.

El material de que nacen las rocas de magmas, es de oríjen ígneo es de por sí el resultado de la diferenciacion de silicatos de la costra que solidificaron en condiciones que suponen que no se han fijado en ellos grandes cantidades de los elementos del agua.

Bordea en lo ridículo, asegurar que tales materias pudieran contener, ya sea en solución o en combinacion, en sus productos sólidos de diferenciacion, cantidades tales de los elementos del agua, que al volver a liquidificarse i sufrir una nueva diferenciacion, no puedan contenerse en la misma masa. Estamos obligados a admitir que el material que constituye el magma recibe un incremento de agua, entre los períodos de formacion de la

costra i cuando sufre una diferenciacion como *batolita*; o cuando es espulsado en forma de lava.

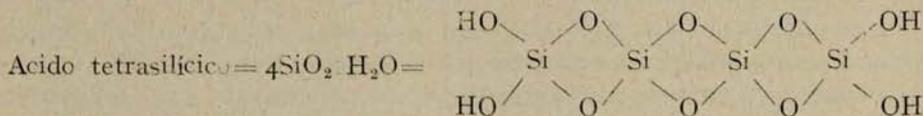
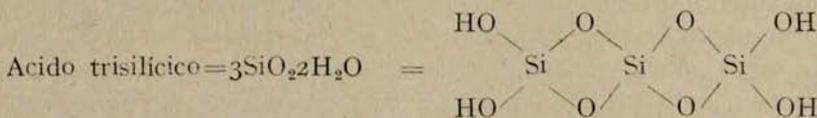
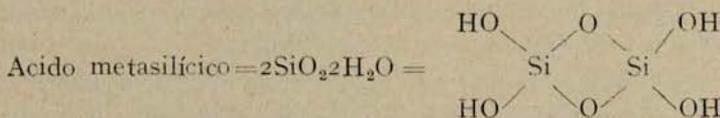
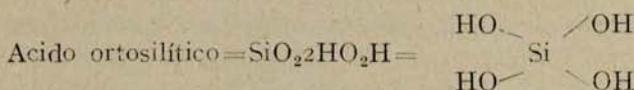
El que habla considera que la diferenciacion magmática es debida principal, sino totalmente al agua, i cree que a la absorcion del agua meteórica se debe la liquidificacion de las rocas que se habian solidificado en ausencia de ella durante el período de la formacion de la costra.

b) *Silice, Agua i Acido Silicico*.—Estudiemos ahora las pruebas que podemos obtener tanto en la naturaleza como en el laboratorio, respecto de la sílice i del agua.

Si se las calienta juntas a presion atmosférica, no se observa ninguna accion. Si se coloca sílice amorfa i agua en un tubo cerrado i se calienta hasta 200° C., resulta un líquido que deposita sílice en una forma cristalina (cuarzo). Debemos tratar de averiguar si se trata de una simple disolucion o una combinacion química. Como la sílice es primitivamente amorfa, i despues del esperimento cristaliza, es evidente que ha habido un arreglo molecular, i esto sujere la idea de una combinacion. Como el agua a 100° no disuelve sílice apreciablemente, es poco probable que lo haga con facilidad a 200°. Existen, pues, buenas razones para sospechar que hai combinacion química a esta temperatura.

Los silicatos son compuestos relativamente sencillos, pues las fórmulas desarrolladas indican que el silicio en una molécula de silicato no puede unirse directamente con silicio, sino que lo hace a traves de uno o dos átomos de oxígeno. Es suerte que en este respecto defiera del carbono, pues en tal caso los compuestos silícicos serian tan numerosos como los del carbono.

Siguiendo los silicatos típicos, los mas sencillos de la serie de ácidos silícicos son:



I así sucesivamente, talvez hasta moléculas de cadena mucho mas largas.

Se puede notar que en esta serie, cada término difiere del otro en el grupo (Si O_2).

Parece probable que sílice i agua entran en combinacion para formar ácido ortosilícico, i que este puede absorber sílice, cuando las condiciones lo favorecen, para formar las moléculas mas complejas. No podemos decir a qué grado de complejidad se llega; pero podemos inferir que mientras mayor es la presion, mas larga puede ser la cadena.

Condiciones invertidas, como las que acompañan el enfriamiento del magma i del líquido madre, hace que se desprenda sílice de las cadenas largas. Esto sucede depositándose la sílice en forma de cuarzo, hasta una temperatura de 180°C . A temperaturas inferiores se desarrolla sílice cripto cristalina, i mas tarde se forman las variedades no cristalinas, tales como el ópalo i toba. Estos últimos derivan probablemente del ácido ortosilícico; pero aun en la superficie, la disociacion no es completa, pues las variedades amorfas de sílice, siempre tienen agua en combinacion.

Cuando cristaliza un magma ácido bajo presion, se produce un licor-madre mui ácido. Llegamos a esta conclusion basándonos en las vetas de pegmalita i cuarzo, que invariablemente se encuentran dentro i sobre las batolitas graníticas. Estas vetas no fueron rellenas por cuarzo o pegmatitas en un estado de simple fusion, i no hai duda que los elementos del agua existian en el líquido de que derivaban. Se acepta jeneralmente, que la menor temperatura que ha tenido este líquido al salir de la batolita ha sido de 500°C . No puede negarse que los dos productos mas abundantes de este líquido son cuarzo i agua, i por consiguiente, podemos considerar al silicio i los elementos del agua como los dos constituyentes esenciales de este líquido al salir del granito. Puesto que la temperatura es unos 150°C mas elevada que la temperatura crítica del agua, ésta debe haber existido en forma gaseosa disuelta. El otro constituyente esencial es silicio, que si existia en forma de sílice, deberia ser un sólido cuya temperatura es inferior en 1000°C a su punto de fusion. Decir que estas dos sustancias, agua i sílice, en estas condiciones, podian por simple mezcla constituir un líquido, es absurdo. I se puede presumir que ha habido una combinacion, i que los elementos del agua existen en ella como hidróxido en combinacion con silicio.

La esperiencia ha comprobado que a altas temperaturas i presiones, el agua i la sílice forman un líquido.

Debemos suponer que se forma ácido silícico, i que este es capaz de disolver facilmente la sílice, i que es miscible con el agua.

La sílice hidratada depositada por aguas termales representa sólo una pequeña cantidad del ácido silícico que ha existido a temperatura i presion mas elevadas.

El ácido silícico existe también en aguas que no son de origen magmático, pues encontramos madera fósil, en la cual la sílice hidratada reemplaza a la celulosa.

Los esqueletos de los infusorios i otras formas de organismos marinos consisten esencialmente de sílice opalina.

Algunas plantas también secretan sílice.

Se alega que la única hipótesis compatible con las leyes químicas i físicas conocidas hasta ahora capaces de explicar los fenómenos arriba descritos, es que a temperaturas i presiones elevadas, i en los procesos vitales, la sílice se combina con el agua para formar ácido silícico.

Los límites de temperatura dentro de los cuales ocurre esta reacción, no se conocen.

Se ha asegurado que el agua en los magmas actúa como un ácido i aun reemplaza a la sílice en los silicatos. Pero no hay suficientes pruebas para apoyar esta teoría. El agua en los magmas parece existir en forma de hidróxido en combinación con sílice. Ningun mineral magmático es hidratado, en el verdadero sentido de la palabra. Muchos contienen hidróxido, el que actúa como radical básico, cuyo hidrógeno desempeña el papel de los metales alcalinos, si no total, por lo menos parcialmente.

En lugar de reemplazar a la sílice, el agua absorbida por el magma, se combina con ella, i descompone los silicatos, dejando en libertad aquellas bases cuya afinidad con la sílice es menor.

c) *Rocas que resultan de la Diferenciación Magmática.* Las rocas que resultan de la diferenciación primitiva del magma, o de magmas subsiguientes, provenientes de la refusión ya sea de fragmentos de la costra primitiva o de sedimentos, se llaman rocas ígneas. Como lo indica el nombre, parecen resultar de la solidificación de materia fundida.

Varia su composición desde el cuarzo casi puro por un lado, hasta óxidos metálicos casi puros i aun metales puros por otro. Entre estos límites, tenemos una gran variedad de rocas de composición intermedia. Creemos que todas estas han derivado de una sola mezcla silícica líquida.

Todos los silicatos parecen ser mutuamente solubles a altas temperaturas *en ausencia de agua*, i por eso deberíamos admitir que el magma silícico primitivo era prácticamente homogéneo i, bajo las condiciones de la época, en un estado de equilibrio estable. La alteración de estas condiciones, por el enfriamiento, rompió este equilibrio, i la tendencia desde entonces ha sido hacia la heterogeneidad. Ha sido un período de transición del estado fluido al sólido, siendo este último el único estado en que se puede conseguir un equilibrio absolutamente estable.

La diferenciación magmática es el nombre genérico dado al proceso por el cual las rocas, de variedad casi infinita, han evolucionado, desde una masa fluida de composición homogénea.

Suponer que no ha habido esta homogeneidad al principio, debe ser un error.

El agente que produjo el primer gran cisma en los silicatos primarios es seguramente aquel cuya accion continuada ha provocado la actual confusion aparente. Podemos esperar que la identificacion de este agente será un gran paso para establecer el órden en donde actualmente existe el caos.

d) *El proceso de diferenciacion magmática*: Es probable que el magma que dió la costra primitiva era de composicion sienítica o diorítica, con un 60% de sílice combinada i sin agua. Este magma sufrió diferenciacion como un solo cuerpo, i por esta razon no podemos esperar de encontrar nada semejante actualmente.

El primer paso de la diferenciacion fué la absorcion de agua de la atmósfera, la que se combinó en forma de hidróxido, poniendo en libertad el óxido ferroso principalmente. Este se oxidó hasta trasformarse en Fe^3O_4 . A medida que se absorbía mas agua, las moléculas compuestas de silicatos perdian sílice que con el hidróxido formaba ácido silícico libre. Este a su vez formó una solucion con silicato de aluminio i potasio, el que parece ser inmiscible o mui poco miscible en una fundicion de roca que contiene silicatos de fierro i magnesio i feldespatos básicos. Esta serie de reacciones se desarrolló durante el período de enfriamiento anterior al desarrollo de la corteza permanente. Grandes masas de corteza en fusion mantuvieron al todo en un estado de agitacion continua i acarrearon el oxígeno i el agua de la superficie. A medida que avanzaba el tiempo, estas masas aumentaban de tamaño i descendian a profundidades cada vez mas profundas en el mar de silicatos, ántes de ser absorbidas. De esta manera, la lixiviacion de los compuestos potásicos llegó a grandes profundidades; se impidió la estratificacion segun las densidades, i se estableció una gradiente suave de temperaturas. La costra se solidificó mucho antes que los silicatos fundidos se saturaran de agua i oxígeno; entonces se interrumpió la absorcion jeneral, i la masa fluida ya tranquila, sufrió separacion de una parte ácida hacia arriba i una básica hacia abajo. La porcion superior se trasformó en granito, i la inferior, de calidad basáltica típica, permaneció fluida probablemente, durante un tiempo considerable.

La parte superior de la costra seguramente no era granito puro, sino de material bastante mas básico, puesto que solo despues de su formacion, ha podido suceder la segregacion del submagma ácido.

El primer componente del granito ordinario que solidificó fué la biotita, a ésta siguió el feldespato, formando ambos una masa de cristales entrelazados. Los intersticios se llenaron con cuarzo depositado por la solucion de ácido silícico, mientras que el licor-madre con los minerales metálicos en disolucion fué expulsado jeneralmente por las fisuras.

Así la primera gran separacion del magma primitivo, produjo granito en forma de techo firme, con capas basálticas debajo. Como el proceso

descrito debe haber obrado de manera prácticamente uniforme en toda la corteza exterior, deberíamos tener a una profundidad de varias millas, una capa de materia basáltica de una composición uniforme, en todo el globo. Daly llama la atención a la existencia de esta uniformidad i aun supone que el tipo basáltico ha sido el magma terrestre primario.

Como nos ocupamos principalmente de los yacimientos en este estudio, debemos dejar a un lado el análisis del proceso de segregación magmática general.

El autor está de acuerdo con Daly, respecto de la gran importancia de la síntesis i acepta que mucho del granito posterior sea el resultado de la impregnación magmática de magmas basálticos. Al respecto puede observarse que muy poca importancia se puede atribuir a la aceptación o negación de la existencia de lagunas basálticas líquidas. Lo que se discute, es que ellas no pueden sufrir diferenciación magmática hasta que les llegue agua. Si pudieran diferenciarse sin agua, es algo curioso que esta habilidad haya permanecido inactiva durante millones de años.

Por la absorción del agua, el magma basáltico da probablemente diorita como fracción ácida, i un residuo de peridolita. Esta última, bajo la acción continuada del agua se convierte en serpentina, depositando sílice, la que aparece en forma de cuarzo o de vetas calcedónicas en ella i en los sedimentos vecinos. La acción final del agua produce la disociación completa de los silicatos i deja un residuo de cromita ilmenita o magnetita, casi exenta de sílice i en general tan distinta de la materia magmática, que su origen ígneo ha sido muy discutido.

Respecto del poder disolvente del agua madre del granito, no puede existir duda. Se sujiere la explicación de que esto se deba al ácido silícico. Es la única explicación racional de la segregación de los componentes del granito del magma primario, i con ellos, de los minerales metálicos.

La cantidad de minerales metálicos disueltos del magma primario, deben depender de la proporción en que se encuentran en él, de la cantidad del ácido silícico libre i del grado de solubilidad de los minerales en el ácido silícico. Oro i tungsteno parecen ser perfectamente solubles, lo mismo casiterita i óxido tungsteno. Entre los sulfuros el de molibdeno i el de bismuto parecen ser los más solubles, siguiendo en seguida pirita, calcopirita, arsenopirita, estibina, galena i esfalerita. El platino es insoluble: el óxido de cromo, casi insoluble i el óxido titánico muy poco soluble. Los fluoruros i el ácido bórico son fácilmente solubles, lo mismo que las tierras raras, niobitas i tantalatos.

La parte básica contiene sólo el residuo de mineral no disuelto por el ácido silícico de la parte ácida. La mayor parte de estos minerales parecen segregarse en el estado fluido anterior a la cristalización de los silicatos, se precipitan i aglomeran. La magnetita i la ilmenita cristalizan antes que los silicatos, i en muchos casos quedan diseminadas en ellos.

El asunto de penetracion del agua a traves de la corteza terrestre es uno que ha dado origen a muchas discusiones, pero debe admitirse que el agua puede, i efectivamente llega a grandes profundidades, por ejemplo, por grietas producidas por temblores: seria tontera negar la posibilidad de esto.

Si la teoría espuesta aquí es la explicacion verdadera de segregacion magmática, la escasez de rocas no-silícicas, demuestra cuan difícil es para el agua llegar en suficiente cantidad a los magmas para producir su efecto total: tambien se ve que su infiltracion es local. Tambien comprueba que no puede haber acumulacion en lagunas del agua, dentro del magma: si hubiera tales acumulaciones, serian abundantes las rocas ultrabásicas.

En Resúmen: Esta teoría de diferenciacion magmática requiere la presencia de agua. Ella es absorbida por el magma, entrando en combinacion con los silicatos en forma de (OH), i liberando bases cuya afinidad con la sílice no es grande. Algunos silicatos son disociados, produciendo ácido silícico libre el que a su vez forma una solucion con silicatos compuestos de aluminio i, especialmente potasio, que son fácilmente solubles en él.

Esta solucion ácida segrega en seguida granito, sienita, diorita, etc., los que se separan al enfriarse, i dependientes de la naturaleza del magma primario que ha sido lixiviado. El extracto ácido, antes de solidificar, puede absorber otras rocas que estan en contacto con él, i puede de este modo sufrir modificaciones considerables de su composicion, i mientras mas elevada es la temperatura, mayores seran estas modificaciones. La lixivacion de un magma basáltico podria pues producir una gran variedad de rocas: el residuo, sin embargo, seria ultrabásica i contendria mucho mineral metalífero residual. En presencia de carbono, o de monóxido de carbono se produciria ferrometálico. La presencia de cobre metálico en rocas ígneas básicas es debida probablemente a una causa semejante.

En Burma, existen grandes áreas de serpentina en las que el cobre i la calcosina, están asociadas a la cromita. Las condiciones bajo las cuales se presentan los minerales de cobre conducen a la suposicion que su formacion fué contemporánea a la serpentinizacion. Su precipitacion coincidió con el período de espulsion del extracto ácido de la peridotita orijinal. Este material ácido se puede ver actualmente en vetas que atraviesan la serpentina en forma de pegmatita de cuarzo i hornblenda, i tambien en forma de vetas de cuarzo calcedónico. En su periferia, es comun una zona de roca feldespática, evidentemente un diferenciado ácido, el resultado de una lixivacion anterior al de la serpentinizacion. Esta serpentina se presenta entre las rocas del Cretáceo, i mas allá de la periferia, numerosas grietas de los sedimentos son rellenadas con cuarzo cristalino. No hai granito u otra roca ígnea en la vecindad.

Estos fenómenos confirmaron en el autor la opinion de que la diferenciacion se debió a la absorcion de agua.

El asunto de diferenciación por medio de la cristalización fraccionada dentro de un sub-magma básico o ultrabásico, no cae dentro del programa de este trabajo.

LOS MINERALES METALÍFEROS DE LOS MAGMAS ÁCIDOS

Se llama aquí magmas ácidos, a los que al solidificar producen sílice libre, i todo el agua existente en magmas ácidos se considera combinada como (OH) con sílice i silicatos. El ácido silícico se considera el disolvente tanto de minerales graníticos como metalíferos. Estos últimos deben ser los mas solubles puesto que cristalizan a una temperatura inferior, i en un período mas moderno que el resto de los silicatos.

Como la teoría espuesta aquí se toca con la teoría neumatolítica, convendría considerar en seguida los méritos de esta última.

(a *Pneumatolisis, minerales de alta temperatura.*—Los minerales metalíferos que se desprenden primero del agua-madre son la molibdenita casiterita, tungstato, bismuto metálico i bismutinita. Puesto que aparecen frecuentemente asociados intimamente entre sí, es racional suponerlos homojenéticos, o de oríjen semejante. Si uno es de oríjen pneumolítico, probablemente lo son todos tambien.

Tomaremos estaño i tungsteno como representantes típicos del grupo. Los minerales que los contienen han sido considerados ya durante cincuenta años como de oríjen pneumolítico, es decir, se supone que han existido en los magmas como fluoruros i que han sido despedidos en estado gaseoso junto con agua sobre su temperatura crítica.

Si el estaño i el tungsteno existian como fluoruros en la corteza fluida primitiva, es difícil comprender por qué no fueran espulsados en estado gaseoso. Si no lo fueron, es difícil creer que se hubieran separado como gases de magmas a temperaturas inferiores pero a presiones mayores. El fluoruro de estaño con un punto de ebullición de 705° C. talvez habria podido resistir: pero esto seria imposible en el caso del fluoruro tungstico, cuyo punto de ebullición a 760 m/m es 19° C.

Aun cuando aceptemos que fueron retenidos i en seguida puestos en libertad al enfriarse el granito, es conveniente investigar las condiciones de la espulsión. Un gas en disolución es espulsado, o por la solidificación del disolvente, o por la disminución de la presión. La primera no puede ser la causa, pues los minerales se encuentran solo en la periferia, lo que seria incompatible, pues el granito se solidifica desde la superficie hacia abajo. En seguida, disminución de la presión no es la causa, pues si la fuera, encontraríamos al estaño i al tungsteno exclusivamente en los puntos mas elevados de la periferia: el gas liberado de la disolución se colectaria ahí. Estos minerales se encuentran solo en o cerca de la periferia de batolitas, pero

de ningun modo esto es concluyente o invariable, ni tampoco es siempre en los puntos mas elevados.

La pneumatolisis requiere la presencia del agua con los fluoruros; pero no hai prueba de que el agua existe en estado gaseoso en un magma granítico, o que es despedida por él.

La diferencia entre los puntos de ebullicion de los fluoruros de estaño i tungsteno a presion atmosférica es cerca de 700° C. Dentro del magma, seguramente la presion hará subir el punto de ebullicion de los dos cuerpos; pero la diferencia entre ellos bajo cualquiera condicion es probablemente mayor que 300° C. Si la diferencia fuere sólo 100°, aun todavía es demasiado grande para permitir que la casiterita i los tungstatos se deriven de los fluoruros en contacto entre si prácticamente al mismo tiempo.

Los fenómenos observados en vetas de casiteritas en rocas sedimentarias prueban concluyentemente que las cajas no sufrieron temperaturas superiores a 700° C. como seria el caso si el estaño se hubiese introducido entre ellos como fluorita. El punto de ebullicion del Sn F₄ a presiones magmáticas debe ser mui superior a 700° C.

Es así que se ve que la prueba en que se basa el oríjen pneumatolítico de la casiterita, se deshace al analizarla.

En seguida, consideremos el valor de la evidencia que se supone da la turmalina para el sostenimiento de la teoría neumtolítica.

No ha sido posible hacer la síntesis de la turmalina. Se supone que sea el resultado de la accion de fumarolas, pero esto de ningun modo es concluyente. Sus compañeras son la biolita i la muscovita, ambas contienen (OH) i no son de oríjen gaseoso. Porque ciertas sustancias son despedidas como gases en la superficie, no se puede deducir que ellas vienen del magma en ese estado. La turmalina está asociada con el oro, piritas, hematita, calcopirita i tetadrita, lo mismo como fluorita, que es otra compañera comun de la casiterita i los tungstatos, es un asociado comun de la galena. Ninguno de estos minerales metalíferos es de oríjen pneumatolítico i por consiguiente, la asociacion ya sea de turmalina o fluorita con otros minerales metalíferos, no tiene el significado jenético que se acostumbra atribuirle.

La turmalina i el topacio se trasforman en mica; esto comprueba estructura molecular semejante, i sujiere un modo de orijinarse semejante al de la mica.

Esta es la base de la teoría pneumatológica del jénesis de los minerales de alta temperatura. La consideramos tan insuficiente que la teoría debe ser abandonada.

El hecho de que se haya encontrado estaño con mucha frecuencia en aguas naturales calientes i en deposiciones sólidas de las mismas, unido al hecho que óxidos de estaño a veces entran en combinacion en la composicion de los silicatos, nos hace creer que el estaño existe realmente en la

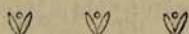
disolucion sílico-acuosa. Que el tungsteno puede encontrarse en una disolucion semejante, se comprueba por el hecho de que el ácido sílico-túngstico i sus sales alcalinas son facilmente solubles en agua i estables a mas de 350° C, a presion atmosférica, i probablemente a temperaturas mucho mas elevadas a presiones magmáticas.

El cuarzo es el compañero inseparable del estaño i del tungsteno, i la importancia de este hecho parece haber sido desconocida.

Las pruebas que pueden recojerce de la Naturaleza son mui favorables al hecho de que el estaño i el tungsteno han sido trasportados en un medio de ácido sílico i depositados de allí, probablemente por la pérdida de calor, i depositándose el cuarzo de la misma disolucion simultáneamente, o en un período posterior.

J. M. CAMPBELL.

(Continuará).



El yodo.

El yodo es uno de los subproductos que se obtienen de la elaboracion del salitre.

La industria del yodo puede estudiarse por tres aspectos diferentes:

- a) El *técnico*, que interesa a los químicos i demas hombres de ciencia;
- b) El *económico*, o sea, el del costo de produccion, que interesa a los productores de salitre, a los industriales que elaboran productos químicos i a los mineros que necesitan lixiviar sus minerales; i
- c) El *financiero*, que interesa al Estado, en cuanto se trata de un valioso producto afecto a un derecho de esportacion.

En este artículo prescindiremos del aspecto técnico para referirnos solamente al económico i al financiero.

I. PRODUCCION I ESPORTACION.

No tenemos datos respecto de la produccion del yodo en nuestro pais, sino respecto de los últimos años, porque las estadísticas oficiales se refieren a su esportacion. Pero como el consumo del yodo sin refinar entre nosotros es casi insignificante todavía, las cifras de la esportacion corresponden, con pequeñas diferencias, a la de nuestra produccion efectiva.

El Fisco percibe un derecho de \$ 1,27 oro de 18 peniques por cada kilogramo de yodo esportado, en conformidad al artículo 10 de la lei núm. 980 de 23 de Diciembre de 1897.

La esportacion de yodo i los derechos fiscales pagados por dicha esportacion han sido los siguientes en cada uno de los años que se espresan:

AÑOS	Esportacion de yodo en kilogramos	Derechos en oro	AÑOS	Esportacion de yodo en kilogramos	Derechos en oro
1880.....	83,862	\$	1900.....	326,370	\$ 404,838.16
1881.....	200,065	31,410.54	1901.....	283,268	352,343.74
1882.....	263,981	335,092.04	1902.....	258,842	310,750.29
1883.....	220,924	278,477.17	1903.....	399,510	433,589.42
1884.....	218,194	275,945.75	1904.....	465,566	553,385.63
1885.....	256,796	322,111.47	1905.....	572,055	687,840.83
1886.....	175,680	219,960.55	1906.....	409,492	442,025.43
1887.....	77,196	91,592.54	1907.....	259,762	335,160.52
1888.....	91,375	114,211.92	1908.....	358,754	390,534.64
1889.....	201,395	260,208.25	1909.....	499,560	592,376.80
1890.....	419,742	533,328.86	1910.....	589,950	727,115.13
1891.....	424,019	210,949.80	1911.....	460,184	564,214.28
1892.....	513,846	655,253.71	1912.....	466,072	591,911.44
1893.....	597,034	742,749.82	1913.....	436,971	554,953.50
1894.....	326,278	421,357.17	1914.....	488,952	620,969.57
1895.....	180,228	199,240.85	1915.....	708,858	900,249.92
1896.....	207,164	286,746.40	1916.....	1.323,134	1.680,380.80
1897.....	229,540	533,322.51	1917.....	759,456	1.105,256.56
1898.....	241,040	324,129.67	1918.....	907,664	1.241,500.83
1899.....	307,602	389,104.51	1919.....	505,406	641,865.62

Las cifras del cuadro precedente desde 1880 hasta 1918, las hemos tomado de la *Memoria de Hacienda presentada al Congreso Nacional en 1919*.

Las esportaciones de yodo se han efectuado por los siguientes puertos en los tres años que se indican:

AÑOS	1913	1916	1919
Pisagua.....	Kg. 3,221	Kg. 3,166
Iquique.....	» 166,442	» 409,711	Kg. 231,377
Tocopilla.....	» 119,878	» 332,391	» 39,424
Antofagasta.....	» 113,488	» 550,923	» 220,977
Taltal.....	» 33,942	» 46,943	» 13,425
Los Andes.....	»	»	» 200
TOTALES.....	Kg. 436,971	Kg. 1.323,134	Kg. 505,496

II. CONSUMO.

El yodo esportado de Chile ha ido principalmente a Gran Bretaña i a los Estados Unidos en los años de 1911 a 1919:

AÑOS	GRAN BRETAÑA	ESTADOS UNIDOS
1911.....	Kg. 58,080	Kg. 179,300
1912.....	» 56,664	» 154,490
1913.....	» 139,546	» 130,975
1914.....	» 125,488	» 223,834
1915.....	» 402,119	» 251,916
1916.....	» 354,510	» 934,267
1917.....	» 482,167	» 246,736
1918.....	» 584,064	» 229,143
1919.....	»	» 505,197

Antes de la guerra europea Alemania i Béljica internaron las siguientes cantidades:

AÑOS	ALEMANIA	BELJICA
1911.....	Kg. 199,444	Kg.
1912.....	» 238,904	» 10,284
1913.....	» 162,197	» 4,253
1914.....	» 139,630	»
TOTALES.....	Kg. 740,175	Kg. 14,537

En los años de 1915 a 1919 no aparecen, en nuestras estadísticas, exportaciones a estos países.

Durante los años de la guerra hubo exportacion a Francia e Italia en la siguiente forma:

AÑOS	FRANCIA	ITALIA
1915.....	Kg. 45,040	Kg. 9,883
1916.....	» 25,490	» 8,867
1917.....	» 30,553	»
1918.....	» 9,891	»
TOTALES.....	Kg. 110,974	Kg. 18,750

En 1919 casi todo el yodo fué a los Estados Unidos, con escepcion de una partida de 209 kilogramos, que salió, por el puerto terrestre de Los Andes, para la República Argentina.

Segun *Mineral Industry*, 1919, el consumo de yodo crudo i resublimado ha sido el siguiente en los Estados Unidos:

AÑOS	LIBRAS	VALORES EN DÓLARES
1911.....	423,408	\$ 841,740
1912.....	379,311	» 737,109
1913.....	240,045	» 525,959
1914.....	463,333	» 951,308
1915.....	612,926	» 1.332,387
1916.....	2.033,068	» 5.158,265
1917.....	609,641	» 1.363,468
1918.....	407,333	» 843,302

El yodo que produce Chile se esporta crudo, esto es, con impurezas; en Europa se resublima, i vuelve, en seguida, refinado para los usos terapéuticos i para nuestros laboratorios.

Las internaciones a Chile de yodo puro i tricloruro son las siguientes en kilogramos i en pesos de 18 peniques:

AÑOS	CANTIDADES	VALORES
1911.....	Kg. 352	\$ 6,861
1912.....	» 259	» 4,694
1913.....	» 93	» 1,710
1914.....	» 149	» 2,730
1915.....	» 72	» 1,292
1916.....	» 222	» 5,064
1917.....	» 130	» 3,196
1918.....	» 106	» 2,293
1919.....	» 384	» 14,781

Respecto de las internaciones a Chile de productos yodados, nuestra *Estadística Comercial* no da otro detalle que el que aparece en la del año 1917, respecto de la internación de 479 kilogramos de «yoduro» evaluados en \$ 10,533 de 18 peniques.

III. DERECHOS.

El yodo i sus sales pagan los siguientes derechos de internacion en oro por kilo neto, en conformidad a las leyes Núm. 3,066 de 1.º de Marzo de 1916 i Núm. 3,734 de 23 de Febrero de 1921:

PARTIDAS DEL ARANCEL	PRODUCTOS	DERECHOS EN ORO
1569.	Yodo puro i tricloruro, K. N.....	\$ 7,50
1402.	Yoduro de arsénico, K. N.....	7,50
1407.	Yoduro de bario, K. N.....	15,00
1418.	Yoduro de calcio, K. N.....	10,50
1436.	Yoduro de cobre, K. N.....	1,12
1453.	Yoduro de estroncio, K. N.....	7,50
1458.	Yoduro de etilo, K. N.....	9,00
1474.	Yoduro de hierro, K. N.....	7,50
1499.	Yoduros de mercurio, K. N.....	6,00
1531.	Yoduro de plomo, K. N.....	4,50
1539.	Yoduro de potasio, K. N.....	4,50
1555.	Yoduro de sodio, K. N.....	7,50
1558.	Sozoyodol i sus preparaciones, K. N.....	25,50

Todos estos derechos son excesivamente bajos para los precios de los productos yodados i, sin dificultad alguna, podrian duplicarse en beneficio del Fisco i de nuestros laboratorios de productos químicos.

El yodo paga a su esportacion un derecho de \$ 1,27 en oro de 18 peniques por kilógramo.

IV. PRECIOS.

De las *Memorias de la Delegacion Fiscal de Salitreras* hemos tomado los datos para formar el siguiente cuadro de los precios del yodo desde 1889 a 1903 por onza de 31,09 gramos:

AÑOS	Precio en peniques por onza	Precio en peniques por kilogramos	Precio del kilogramo en pesos oro de 18 peniques
1889.....	7½	241,2	13,40
1890.....	6 a 6½	192,9 a 209,7	10,71½ a 11,65
1895.....	8½	273,4	15,18½
1896.....	7½ a 9	241,2 a 289,8	13,40 a 16,10
1897.....	7,35	239,6	13,31
1898.....	7½	241,2	13,40
1899.....	7½	241,2	13,40
1900.....	6 a 6½	192,9	10,71½
1901.....	5½ a 6½	176,9 a 209,07	9,82½ a 11,65
1902.....	6	192,9	10,71½
1903.....	6 a 7½	192,9 a 241,2	10,71½ a 13,40

Segun un estudio publicado por don Belisario Díaz Ossa en el BOLETIN DE LA SOCIEDAD DE FOMENTO FABRIL de Junio de 1914 (páj. 504), el precio del yodo en pesos oro de 18 peniques por kilogramo era el siguiente en los años de 1899 a 1913 que se mencionan:

1899.....	\$	13,41
1901.....	»	12,12
1906.....	»	12,50
1907.....	»	14,50
1908.....	»	10,09
1912.....	»	10,71
1913.....	»	13,41

Según los cuadros de ventas de la «Combinacion del Yodo», los precios medios correspondientes a los años de 1914 a 1920 han sido los siguientes en peniques por onza:

1914.....	8.384542 d.
1915.....	8.685463 »
1916.....	8.685463 »
1917.....	7.048432 »
1918.....	10.208593 »
1919.....	10.864131 »
1920.....	11.221 668 »

Segun *L'Industrie Chimique* de Enero de 1921, la cotizacion de los productos yodados en Paris en Enero de este año, era la siguiente en francos por kilógramo:

Yodo sublimado.....	Fr.	140	el kilo
Yoduro de potasio.....	»	125	»
Yoduro mercurioso.....	»	130	»
Yoduro mercúrico.....	»	140	»
Yodoformo.....	»	148	»

V. COMBINACION DEL YODO.

Desde el año 1886 existe la «Combinacion del Yodo», que no es sino una asociacion o «trust» formada por todos los productores de yodo para limitar la produccion i mantener, sin concurrencia, los elevados precios.

La «Combinacion» actual funciona por cinco años a contar desde el 1.º de Abril de 1918.

Segun los estatutos sociales, el objeto de la «Combinacion del Yodo» es:

«a) *Reglamentar* la esportacion del yodo.

«b) Fijar reglas para la *distribucion de las cuotas* que corresponden a cada asociado en las ventas de la Combinacion.

«c) Ocuparse de las ventas del yodo perteneciente a los asociados, celebrando contratos de consignacion para ese efecto.

«d) Ponerse de acuerdo con los productores de yodo en otros paises, ya sean combinaciones o agrupaciones de productores o productores sueltos, para la venta o provision del yodo necesario para el consumo, por medio de agentes constituidos al efecto o en otra forma que se encuentre conveniente.

«e) Propender *por todos los medios posibles* a la consolidacion de la Combinacion, *consiguiendo la adhesion de los nuevos productores* i tenedores de existencias que mas tarde se presenten; i especialmente,

«f) Procurar el aumento en las aplicaciones del yodo por medio de la propaganda en favor del consumo i de premios a los mejores estudios que traten de nuevos empleos del yodo, o a los inventores i descubridores de alguna nueva aplicacion de esta sustancia (artículo 5.º).

La «Combinacion del Yodo» *reglamenta la esportacion* fijando previamente la produccion i el precio.

Se limita la produccion fijando a cada oficina salitrera la cuota máxima de su produccion.

Uno de los medios de conseguir que todos los productores ingresen al trust consiste en negar al rebelde el combustible, sacos, fletes i facilidades de crédito; no hai compañía, por poderosa que sea, que pueda resistir a este réjimen de boicott.

El yodo de la Combinacion se entrega a consignacion a los señores Anthony Gibbs y Co., de Londres, quienes son los únicos encargados de su venta.

Los consignatarios perciben una comision de venta de 5% i tienen amplia libertad para hacer las ventas.

Mientras el consumo mundial del yodo exceda de 12,000 quintales ingleses de 112 libras, corresponderá a la Combinacion de productores chilenos el 90% en las ventas totales, i el 10% restante corresponderá a los productores europeos; pero el Directorio de la Combinacion queda ampliamente facultado para alterar estas proporciones en beneficio de los consignatarios, porque son estos los que manejan con sus votos i con sus influencias las resoluciones del Directorio de la Combinacion.

Debido a esta política económica de la «Combinacion del Yodo» se han conseguido los siguientes resultados:

- a) Estimular la elaboracion del yodo de las algas marinas, cuyo costo de produccion es muchísimo mas elevado que el del yodo chileno;
- b) Impedir que el yodo chileno sea el único que abastezca los mercados mundiales;
- c) Evitar las nuevas aplicaciones industriales del yodo.
- d) Impedir que el Fisco chileno perciba todos los derechos de esportacion que le corresponderian en una produccion normal del yodo.

La «Combinacion del Yodo» no se ha preocupado de adoptar medida alguna para estimular los usos industriales del yodo.

VI. EXISTENCIA DEL YODO.

Los señores Semper i Michels en su libro «*La Industria del Salitre en Chile*», dicen respecto a la existencia del yodo:

«El yodo pertenece a esa clase de productos comerciales que *pueden elaborarse en grandes cantidades i a poco costo*; pero cuyo empleo es mui limitado, i se difundiria mui poco mas, si por la competencia de los productores se rebajara su precio hasta el de su costo medio (páj. 166)».

Don Enrique Kaempffer en su obra «*La Industria del Salitre i del Yodo*» se refiere, en las páginas 124 i 125, a varias muestras de caliche cuya lei de yodo varia entre 0,4 gramos i 2 gramos por cada 1,000 gramos de peso.

Segun el Dr. Schwarzenberg, citado por el señor Kaempffer en su obra ya mencionada, hai en Tarapacá las siguientes leyes medias de yodo (páj. 435):

En el caliche.....	0,12	%
En las «aguas madres».....	0,29	»
En el salitre refinado.....	0,066	»

El señor Kaempffer agrega:

«La cantidad de yodo existente en dichas aguas madres o viejas es generalmente de 1 por 1,000, es decir, *un gramo de yodo en un litro de agua vieja*.

«En union del señor Doctor Don Narciso Briones, hemos comprobado *hasta 6 i 8 gramos de yodo por litro* en dicho producto proveniente de la lixiviacion del caliche.

«No está demas volver a decir, de paso, que la proporcion en que se encuentra el yodo en los caliches es mui variable, i puede estimarse, en términos jenerales, en mas o ménos *50 gramos de yodo por cada 100 kilogramos de caliche* (páj. 446)».

Don Belisario Díaz Ossa en su estudio sobre «*La Industria del Yodo en Chile*», publicado en el BOLETIN de la Sociedad de Fomento Fabril, en Junio de 1914 (páj. 504) dice:

«Nuestro país es el mayor productor del mundo, *pudiendo fácilmente desarrollar su actual poder productor*, si las necesidades del mercado mundial asi lo exijiesen...

«El yodo se presenta, pues, en el caliche en forma de yodato de sodio sobre todo en forma de yodato i cromoyodato de calcio; raras veces en forma de yodo libre. Los caliches puros son jeneralmente pobres en yodo, mientras que *los bancos de cloruros i sulfatos, que cortan las capas de caliche, son relativamente ricos*; un caliche de color amarillo, llamado azufrado o azafranado, que contiene mucho cromoyodato, es el rico en yodo.

«Las leyes de yodo de la costra i caliche son mui variables: *de 0,05 a 0,1 por ciento son las mas comunes*; 0,2 por ciento es considerado como superior; i, por escepcion, se llega a 0,5 por ciento».

Según informes de la «Combinacion del Yodo», el término medio de yodo existente en la materia prima que se elabora, es de 0,06%.

Puede, pues, afirmarse que la existencia media del yodo en el caliche no baja de 0,06 por mil segun las opiniones que quedan citadas.

Aplicando esa proporcion de 0,06 por mil a las cantidades de caliche elaborado, tendríamos el siguiente cuadro:

1913.....	23.466,283	14,079
1914.....	21.452,218	12.871
1915.....	17.888,109	10.722
1916.....	24.658,163	14.794
1917.....	24.315,074	14.589
1918.....	23.540,247	14.124

Es indudable que, si se quisiera beneficiar toda la existencia de yodo en el caliche, habria que tomar en consideracion las pérdidas que se producen con los actuales procedimientos de elaboracion.

Pero, por mui considerables que fueran esas pérdidas, siempre ellas dejarían ancho campo para una producción de yodo mui superior a la actual.

VII. COSTO DE PRODUCCION.

Segun un estudio publicado en 1892 por don Alfredo Puelma Tupper en los «*Anales del Instituto de Injenieros*» (Año III, páj. 798-811), el precio de costo de un kilógramo de yodo era el siguiente, segun los procedimientos que se indican:

Por el yoduro de cobre.....	\$ 2,18
Por el bisulfito de sodio.....	» 1,40
Por el ácido sulfuroso.....	» 0,90

Los señores Semper i Michels en «*La Industria del Salitre en Chile*» dicen en la página 76:

«El costo de elaboracion sube, por onza de yodo (31,1 gramos) desde 1,2 hasta 1,4 d.

Este costo equivale de \$ 2,14 a \$ 2,50 oro de 18 peniques por kilógramo.

Don Belisario Díaz Ossa dice en su estudio ya citado:

«Es difícil estimar exactamente el precio de costo del kilógramo de yodo. Hai varios factores que escapan al cálculo: es imposible determinar el porcentaje que a cada kilógramo de yodo producido le corresponde en los gastos de instalacion, pues la fabricacion es intermitente, sin sujetarse a reglas determinadas; los períodos de producción dependen del consumo mundial i del número de productores, factores ambos variables...

«El precio del kilógramo puesto en Europa se podría calcular del modo siguiente:

«Gastos de elaboracion.....	\$ 2,40	\$ 4,00
«Derecho.....	» 1,27	» 1,27
«Fletes, seguros, comisiones, etc	» 0,90	» 0,90
	<hr/>	<hr/>
Totales.....	\$ 4,57	\$ 6,17

lo que equivaldría a tener un precio medio de \$ 5,50 para toda la producción chilena. Los diferentes factores que concurren a formar este precio medio de costo se pueden clasificar del modo siguiente:

«Materiales: salitre, carbon, azufre.....	44%
«Derecho de esportacion.....	23 »
«Fletes, seguros, comisiones.....	16 »
«Mano de obra.....	14 »
«Envase.....	3 »

Segun informaciones suministradas por don Arturo Amenábar Ossa, para extraer un kilo de yodo en forma de pasta por medio del ácido sulfuroso se gasta por lo regular en las oficinas salitreras lo siguiente:

Un kilo de azufre a \$ 150 tonelada.....	\$	0.15
Un kilo de azufre a \$ 150 tonelada.....		0.15
Salnatron (carbonato de sodio).....		0.06
Cal (hidrato de calcio).....		0.04
Fuerza motriz para soplador de ácido sulfuroso.....		0.05
Mano de obra para aprensar i secar la pasta.....		0.20
Gasto total.....	\$	0.50

Hai, pues, conveniencia manifiesta en revisar detenidamente los cálculos precedentes para determinar el costo actual de produccion del yodo, teniendo en consideracion los precios de las materias primas i de la obra de mano i los gastos jenerales por intereses i amortizacion del capital invertido en las instalaciones existentes para la elaboracion de aquel sub-producto.

•VIII. YODO BLANCO

El señor Kaempffer dice en las páginas 494 i 496, de su obra citada: «El *yodo negro* cubre los derechos de esportacion; pero el *yodo blanco* no los paga, i ello representa una enorme pérdida para el erario nacional.

«Nos referimos al *yodato de sodio*, que se embarca conjuntamente con el salitre sin que su esportacion pague los derechos de aduana correspondientes.

«Es sabido que todo el salitre de Chile no refinado contiene yodatos i, a veces, yoduros alcalinos; sucede tambien, en ocasiones, que contiene yodo libre, que da al nitrato de sodio comercial una coloracion singular, acompañada de un fuerte olor que acusa la presencia de este metaloide i que es la causa determinante de la estruccion (quemadura) de los sacos en que es esportado el salitre».

«Calculamos que el Estado de Chile deja de percibir por la salida libre de yodato de sodio algunos millones de pesos, pues consta al autor que dicha sal se ha encontrado en el salitre comercial, listo para el embarque, en proporciones variadas, que no bajan de 0,025 gramos (25 miligramos) por cada 100 gramos de nitrato de sodio.

«Este cálculo está basado en los análisis de diversas muestras de salitres, tomadas en union del eminente químico chileno, nuestro amigo, señor Dr. don Narciso Briones, en el momento del embarque».

Segun informaciones fidedignas recojidas por la Secretaría de la «Combinacion del Yodo», la cantidad de yodo que contiene el salitre esportado es alrededor de 0,005%, siendo 0,01% la cantidad máxima que se ha encontrado.

No han faltado quienes nieguen que en el salitre salga yodo, en forma de yodatos i yoduros, sin pagar derechos de esportacion.

Este es un hecho que seria fácil de comprobar, i para evitar aun la posibilidad de que él pueda repetirse u ocurrir, convendria que el Estado adoptase las medidas necesarias, para fiscalizar la esportacion del salitre i del yodo.

IX. APROVECHAMIENTO INDUSTRIAL

El yodo es un producto utilísimo en la medicina i en las industrias químicas.

Es indudable que estos usos del yodo se estenderán considerablemente, si no se tropezase con la dificultad de su elevadísimo precio.

Aplicado a las lixiviaciones de minerales de cobre, tendria un considerable consumo dentro i fuera de nuestro pais.

Entretanto, en cada 25 millones de quintales métricos de caliche que puede elaborarse en cada año hai 15,000 toneladas de yodo, i la esportacion anual media fué solamente de 853 toneladas en el quinquenio de 1914-1918.

Es decir, el pais sólo aprovecha ménos del 10% del yodo existente en el caliche, perdiéndose el 90% restante.

Una industria que presenta tal resultado industrial manifiesta que se halla en un vergonzoso estado de atraso.

I ello se explica: la industria del yodo ha vivido durante 35 años dentro de un trust, que solo se ha preocupado de mantener en el mercado una existencia mui limitada del producto, para aprovechar de sus elevadísimos precios.

La «Combinacion del Yodo» no ha hecho nada para mejorar sus procedimientos de produccion, a fin de aprovechar el 90% del yodo que hoi se pierde en los desmontes.

X. CONCLUSION

De los antecedentes que hemos espuesto aparece:

- (a) Que puede aumentarse la actual produccion de yodo;
- (b) Que el precio de venta es excesivamente elevado;
- (c) Que si se redujera el precio de venta del yodo, el consumo de este artículo tendria que aumentar a la sombra de sus nuevas aplicaciones industriales.

El interes de los industriales está en obtener el yodo a un precio mucho mas bajo que el actual.

El interes fiscal está tambien en el incremento de la produccion, a fin de percibir una mayor renta con el derecho de esportacion sobre aquel producto.

Tanto la industria, que puede usar el yodo en la preparacion de los productos yodados i en la lixiviacion de minerales, cuanto el Estado, que puede percibir una mayor renta, estan directamente interesados en la reduccion de los precios actuales i en el aumento de la produccion.

Pero mientras exista la actual «Combinacion del Yodo», no será posible obtener lo uno ni lo otro.

PEDRO LUIS GONZÁLEZ.



El yodo.

Su aprovechamiento industrial i especialmente en la fabricación del ácido sulfúrico.

En sesiones de 3 de Diciembre de 1920 i de 8 de Abril de 1921 del Consejo Directivo de la Sociedad de Fomento Fabril, el consejero don Pedro Luis González llamó la atencion a la necesidad de estudiar el aprovechamiento industrial del yodo que produce nuestro pais como sub-producto o producto secundario de la elaboracion del salitre (a).

Queremos, a nuestro turno, contribuir a aquella iniciativa patriótica i científica con el breve estudio de vulgarizacion contenido en las siguientes líneas.

I. PROPIEDADES.—El yodo es un cuerpo sólido, de color gris de acero, i brillo casi metálico, de olor sui-géneris, de densidad 4,948; se funde a 107°

(a) Véase Bol. Soc. Fomento Fabril.—Dic. 1920.

i hierve a 175°.—Sus vapores son de color violeta; es poco soluble en el agua (1/7000), pero mui soluble en alcohol, éter, cloroformo i sulfuro de carbono.—Este último cuerpo disuelve hasta el 18% de yodo.

El color de las soluciones de éstos distintos cuerpos disolventes es de dos clases: en unos es violeta, i en otros es pardo.

Segun los trabajos crioscópicos hechos por Glascock, Daufourk, Baeult i otros químicos, se ha llegado establecer, de una manera fija, que las soluciones pardas en alcohol i éter son verdaderas combinaciones químicas inestables del yodo con el cuerpo disolvente. Entretanto las soluciones violetas con el sulfuro de carbono i el cloroformo son verdaderas soluciones.

La propiedad disolvente del sulfuro de carbono podria aprovecharse en la extraccion del yodo, debido al poco precio de dicho sulfuro, a su fácil preparacion industrial, i a su propiedad física de evaporarse con mucha rapidez en el aire i a su propiedad química de ser descompuesto por la luz i el aire. Esta propiedad del sulfuro de carbono lo hace que sea mantenido sin disolverse siempre en el agua, tomando en cuenta la poca solubilidad en este líquido.

2. ACCION DEL SÚLFURO DE CARBONO.—Para reconocer los indicios del yodo se vale Trenor del ácido nítrico fumante i del sulfuro de carbono. Añitando la mezcla de estos cuerpos en el agua, se disuelve el yodo en el sulfuro de carbono, i, en virtud de su densidad, se va al fondo. Esta solución se extrae decantando el agua i quedando el soluto yodado en el fondo. *Este procedimiento podria estudiarse para aplicarlo a la extraccion del yodo en grande escala con el objeto de obtener asi un yodo libre de impurezas.*

3. ACCION DEL CLORO.—La poca afinidad del yodo con respecto a los otros elementos hace que sea despojado de sus combinaciones no oxijenadas, por el cloro i el bromo. El cloro desaloja fácilmente al yodo i al bromo de los yoduros i bromuros, con motivo de que el calor de formacion en los cloruros es superior al de los yoduros i bromuros (3.^{er} principio de termoquímica). Fundado tambien en este principio de la accion del cloro, se aprovecha industrialmente este cuerpo en Stassfurt para preparar, en gran cantidad, el bromo i el yodo.

Las fábricas electrolíticas de soda en Alemania preparan cantidades considerables de cloro líquido como igualmente sólido i gaseoso para todos los usos industriales, vendiéndolo en bombones, a precios mui reducidos.

Esta poderosa propiedad del cloro de desalojar de sus combinaciones al yodo, podria aprovecharse para aumentar la produccion del yodo en las salitreras, en las que se encuentra este metaloide al estado de yoduros, yodatos, peryodatos i superyodatos.

Este estudio deberia efectuarse sin descuidar el estudio industrial de la extraccion del yodo de nuestras algas marinas, plantas, hullas i fosforitas.

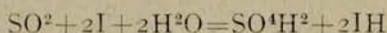
Ya nuestro Gobierno, dentro de poco, podrá disponer, en gran canti-

dad, de cloro gaseoso, líquido i sólido, pudiendo facilitar este cuerpo para usos industriales a precios módicos, si lo tiene a bien.

4. EL BISULFITO DE SODIO.—La extraccion del yodo por el antiguo procedimiento de Thiercelin por medio del bisulfito de sodio, que está todavía en uso en nuestras salitreras, hubo de ser modificado por el mismo autor usando el ácido nitroso; pero fué abandonado por sus inconvenientes, como fué tambien abandonado el método electrofítico por su subido costo.

Mas tarde Langbein introdujo su método de extraccion del yodo por medio del yoduro de cobre i que, a pesar de las ventajas que ofrecia esta combinacion para la esportacion i trasformacion de yoduro de potasio, sólo se abandonó debido esclusivamente a conveniencias comerciales de empresas extranjeras que forman el trust del yodo. Pero nadie hasta la fecha ha ensayado en nuestro pais el procedimiento usado en Alemania, Francia, Japon i otros paises por medio del cloro i del sulfuro de carbono.

5. PRODUCCION DE ÁCIDO SULFÚRICO.—El yodo, como cuerpo oxidante en presencia del agua, convierte el ácido sulfuroso en ácido sulfúrico, cuya reaccion es la siguiente:



El ácido sulfuroso, por reduccion, transforma el ácido yódico en ácido yodhídrico; este ácido yodhídrico, reaccionando su anion yódico, deja al yodo en libertad. Este mismo yodo con exceso de ácido sulfuroso vuelve a transformarse en ácido yódico, i si se continúa la accion del ácido sulfuroso, la reaccion desaparece; de manera que, con este cuerpo, puede hacerse una produccion constante de ácido sulfúrico, aprovechando el yodo para nuevas reacciones.

El procedimiento Sala, perfeccionado por Lemery, se usa hasta la fecha, a pesar de su costo. En este procedimiento intervienen el ácido sulfuroso, el nitrato de sodio i el vapor de agua; pero con el método del yodo i del ácido sulfuroso, se simplifica enormemente la produccion del ácido sulfúrico.

6. ACCION DEL YODO SOBRE LOS MINERALES DE COBRE.—El yodo se combina con casi todos los metales i con el hidrójeno en caliente; i difícilmente el yodo sustituye al hidrójeno de los cuerpos orgánicos (hidrocarburos).

Los minerales de cobre se encuentran en la naturaleza al estado de carbonatos, sulfuros, silicatos i cobre nativo.

Esta gran diversidad de manifestaciones del cobre no impide que haya óxidos i mezclas de otros elementos metálicos.

Todos estos compuestos de cobre son atacados por el yodo, formando yoduros en sus reacciones químicas; uno de estos yoduros no se conoce bien al estado libre por su inestabilidad; esta misma inestabilidad hace que el yodo reaccione mui fácilmente sobre los carbonatos i óxidos de cobre.

Sobre los sulfuros de cobre obra mas rapidamente por la formacion de ácido sulfuroso i la conversion de este ácido en ácido sulfúrico, formando, con sus óxidos sales de sulfato de cobre i fierro; i el otro yoduro cuproso se precipita por ser poco soluble en el agua.

Todas estas reacciones químicas producidas por el yodo i los ácidos pueden aprovecharse con mucha facilidad para facilitar el estudio industria en los distintos ramos de aprovechamiento de nuestras materias primas i no estar sujeto al Trust inglés del yodo que no hace sino dificultar la marcha progresiva de nuestro país.

7. USOS DEL YODO.—Los usos del yodo son vastísimos ya en los productos fotográficos, en las fábricas de colores, en las de pinturas, en medicina, en la preparacion de yoduros de sodio, potasio i fierro, yodol, yodiformo, yoduro de etílico i metílico, en un sinnúmero de preparaciones terapéuticas, en las combinaciones metálicas i en la preparacion del ácido sulfúrico.

Este brevísimos estudio de este cuerpo servirá para formarse concepto de su aprovechamiento industrial.

JUAN B. ACEVEDO,
Químico-farmacéutico.



Revista quincenal

Valparaiso, 21 de Abril de 1921.

A pesar del estado depresivo de los negocios el mercado de cobre Standard se ha podido mantener firme, pero las transacciones efectuadas no han sido de consideracion.

Las cotizaciones durante la quincena han sufrido pequeñas fluctuaciones i los precios han estado un poco mas firmes durante estos últimos dias. Los negocios por cobre manufacturado en Inglaterra han estado algo abatidos, i la demanda por este metal ha sido casi exclusivamente para materiales eléctricos.

El mercado Americano ha estado algo intranquilo debido a que los compradores no están preparados para negociar mas de lo que necesitan para sus necesidades inmediatas; en efecto, todos los países parecen estar igualmente afectados i de estar esperando el desarrollo de la esforzada situación internacional.

Los precios se cotizan entre 12 $\frac{3}{4}$ i 13 centavos la libra.

Las cotizaciones recibidas de Lóndres al contado i para tres meses han sido como sigue:

El día	8 del pte.	£ 68.17.6	al contado i	£ 68.15.0	para entrega a tres meses			
»	11	»	69. 5.0	»	69. 5.0	»	»	»
»	12	»	69. 0.0	»	69. 5.0	»	»	»
»	13	»	69. 0.0	»	69. 5.0	»	»	»
»	14	»	68.12.6	»	68.15.0	»	»	»
»	15	»	69. 0.0	»	69. 5.0	»	»	»
»	18	»	69.15.0	»	70. 0.0	»	»	»
»	19	»	69.15.0	»	70. 0.0	»	»	»
»	20	»	70. 2.6	»	70.10.0	»	»	»

Cerrando hoi 21 del presente a £ 69.7.6 al contado i £ 69.15.0 para tres meses.

No se han efectuado ventas en la costa durante la pasada quincena.

Las esportaciones de Chile hasta el 15 de Abril de 1921 ascienden a 17,300 toneladas o sean 16,500 toneladas ménos que lo esportado el año pasado en esta misma fecha.

EJES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre precios privados.

MINERALES DE COBRE

Las ventas efectuadas han sido basadas sobre nuestras cotizaciones.

COTIZACIONES EL 21 DE ABRIL DE 1921 A LAS 5 P. M.

COBRE EN BARRAS:

Puesto a bordo con flete de 130/—..... Por quintal mét. m/c \$ 166.20

EJES DE COBRE:

50% puesto a bordo con escala de 166 ctvs..... 71.55

MINERALES DE COBRE:

10% puesto a bordo con escala de 98 ctvs..... 8.80 $\frac{3}{4}$

Standard £ 69.15.0 Cambio \$ 33 por £ 1.

SALITRE

La situación tan desfavorable de la industria salitrera no ha demostrado progreso alguno durante la pasada quincena, i por lo que se puede ver por informaciones recibidas de países consumidores parece imposible poder reducir las existencias que tienen allá para esta estación; i los tenedores se verán obligados a guardar sus existencias hasta que no venga una demanda, la que será mui difícil por el momento de prever.

El Sindicato formado por los esportadores en Europa está actualmente recibiendo el apoyo del Gobierno i la Asociación de Productores están tratando de buscar algun medio para conseguir que las existencias en Europa sean retiradas del mercado, pero hasta la fecha las diferentes sujestiones i proposiciones hechas no han dado los resultados deseados.

De todas estas proposiciones la mas reciente es vender las existencias que tiene el Sindicato al Gobierno, el que efectuará el pago emitiendo bonos que serian garantidos por una institucion bancaria en Europa (Francia) la que se encargaria de las ventas en compañía con otros Bancos, dando a los consumidores las necesarias facilidades financieras, a quienes hasta la fecha ha sido imposible conseguirla. Para poder llevar esto a cabo el Banco a que nos referimos hizo ver que seria esencial que los productores apoyaran este proyecto reduciendo sus precios en un 15%; i que el Gobierno les devolveria parte de los derechos cargados a las existencias. Todo esto es mui problemático por ahora i un proyecto mui difícil de poder realizar.

El total de lo esportado la primera quincena de este mes fué de 1.395,700 quintales contra 1.863,600 quintales que fué lo esportado en esta misma fecha el año anterior.

No hemos oido que se haya efectuado alguna transaccion durante la quincena, ahora bajo revista.

Cotizamos 95% entrega pronta 10/6, Julio a Diciembre 10/9 i refinado 10/10 i 11/1 respectivamente todo al costado vapor o buque vendedor.

ORO

El premio diario (compradores) de la Bolsa durante la pasada quincena ha sido como sigue:

El día	8 del presente	127.80%	Cambio	18-1/4d
»	9 »	124.50%	»	18-3/8d
»	11 »	136%	»	18-7/32d.
»	12 »	135.50%	»	18-3/16d
»	13 »	141.50%	»	18.1/8d.

El día	14	del presente	148.50%	Cambio	18d.
»	15	»	»	136.10	» \$ 13.50
»	16	»	»	136.50%	» 13.50
»	18	»	»	131.50%	» 13.10
»	19	»	»	133%	» 13.00.
»	20	»	»	134.50%	» 12.80.

Cerrando hoy 21 del presente a las 5 P. M. a 139%. Cambio \$ 12.90

CAMBIO

Por insinuacion del Gobierno de Chile la Bolsa de Corredores ha tomado acuerdos de cotizar las monedas extranjeras en pesos chilenos, en vez de dar el equivalente del peso en tantos peniques, como se hacia hasta la fecha.

El cambio abrió el día 8 del presente a 7-31/32d. i subió a 8-1/8d. al día siguiente, pero el día 11 bajó a 7-7/8d. continuando de baja como sigue: El día 12 a 7-3/4d., el día 13 a 7-15/32d. i el día 14 a 7d. El día 15 comenzó el nuevo sistema de cotizar abriendo a \$ 32.30 por £ 1, para bajar el día 16 a \$ 32, el día 18 a \$ 30.50, el día 19 a \$ 30 i el día 20 a \$ 30.10.

El cambio cierra finalmente hoy 21 del presente a las 5 P. M. a \$ 33 por £ 1. Letras pagaderas en Oro a \$ 12.90. El Banco de Chile jira a \$ 33.30 po. £ 1.

CARBON

No se han hecho muchos negocios en carbon durante la quincena, i se espera mui poca demanda de parte de los productores de salitre, debido a que una gran cantidad de oficinas han cerrado.

Podemos registrar la venta de un cargamento de Cardiff por llegar a 73.6 vendido a la Armada de Chile.

Algunos pequeños lotes de Carbon Australiano llegados a pueros salitreros a 70/-.

Las cotizaciones son como sigue:

Australiano marca de primera clase 70/- a 75/- para cualquier entrega.

Americano New River o Pocahontas 65/- a 70/- para cualquier salida.

PLATA EN BARRAS

La cotizacion recibida de Lóndres para entrega a dos meses fué de 34-1/8d

Cotizamos la plata agria a \$ 33.10 por marco o \$ 143.91 por kilogramo fino puesto a bordo con cambio de \$ 33 por £ 1.

