

BOLETIN

DE LA

Sociedad Nacional de Minería

DIRECTORIO DE LA SOCIEDAD

Presidente

Cárlos Besa

Directores Honorarios

Cesáreo Aguirre
Cárlos G. Avalos

Vice-Presidente

José Luis LecarosAldunate Solar, Cárlos
Blanquier, Juan
Barriga, Cárlos
Elguin, Lorenzo
Gandarillas, JavierGhigliotto Salas, Orlando
Koerting, Berthold
Lanas, Cárlos
Lezaeta A. EleazarLira, Alejandro
Malsch, Cárlos
Pinto, Joaquin N.
Yunge, Guillermo

Secretario

OSVALDO MARTINEZ C.

La cooperacion en la investigacion industrial (1)**Mocion para nacionalizar el trabajo. Visiones i proyectos de los trabajadores leaders (jefes)**

Un tópicó tratado en la reunion anual de la «Sociedad de Comprobacion de Materiales» celebrada en la ciudad Atlantic en la última semana de Junio fué una discusion sobre cooperacion en investigacion industrial. La Sociedad consideró esta materia como de interes tan vital, para la nacion que a fin de realzar su importancia dedicó a su estudio una tarde entera. De ello dá cuenta la revista *The Iron Age* del 4 de Julio, en que ademas se publicó por entero el discurso de apertura pronunciado por el Dr. Henry M. Howe, presidente e ingeniero de division del Concilio de Investigacion Nacional.

1) Tomado de *The Iron Age*.—Julio 18—1918.

A la discusion contribuyeron prominentes jefes en trabajos de investigacion del pais i a continuacion se da un extracto de sus observaciones. Ademas de una declaracion abierta del Dr. Edgar Marburg, secretario-tesorero de la Sociedad i del discurso de apertura del Dr. Howe, el Sr. John Johnston, secretario del Concilio de Investigacion Nacional, esplicó los trabajos recientes que sobre ésta materia se habian hecho en Gran Bretaña; el gran laboratorio de investigaciones industriales fué representado por el Sr. Arturo D. Little, presidente de la Arturo D. Little, Inc., Boston; el trabajo de esta naturaleza tal como lo ha hecho una gran corporacion fué dado a conocer por las observaciones del Dr. Carlos L. Reese, director-químico, de la E. I. du Pont de Nemours y Co. Wilmington, Del., i la organizacion i centralizacion de una gran corporacion formada por la reunion de pequeñas compañías, la dió a conocer el Sr. Frank E. Gorrell, secretario de la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas, Wáshington,

DECLARACION ABIERTA (I)

Esta discusion sobre «cooperacion en investigacion industrial» tuvo su orijen en una insinuacion del Dr. John Johnston, secretario del «Concilio de Investigacion Nacional» i de un miembro de esta Sociedad. En apoyo de esta insinuacion, el Dr. Johnston presentó una nota que impresionó al autor tan fuertemente que desearia citar de ésta lo que sigue:

«Una de las consecuencias mas evidentes de la guerra es haber implantado i de un modo siempre creciente la investigacion científica, ya sea como factor de la defensa nacional o como medio que asegura la feliz prosecucion de la industria o como medio que asegura gran economía de los recursos naturales despues de la guerra...»

«Impresionado por la suprema importancia de estender a la industria la aplicacion de la ciencia, el Concilio de Investigacion Nacional, ha tomado a su cargo la organizacion de investigacion industrial; i piensa que este asunto debe llevarse adelante por todos los medios posibles i tan rápidamente como se pueda por las siguientes razones: en primer lugar a causa de los progresos técnicos rápidos que se necesitan en muchas industrias, si queremos estar en estado de competir con otras naciones tanto ahora como despues de la guerra; segundo, porque cualquier paso dado en este sentido demostrará inmediatamente la influencia benéfica de la aplicacion de la ciencia i hará que se la aplique en mayor escala; tercero, porque la época actual es propicia al desarrollo de nuevas ideas i ciertamente no se puede imaginar otra oportunidad tan favorable».

(1) Por el Dr. Edgar Marburg fallecido, ex-secretario-tesorero de la Sociedad Americana de Comprobacion de Materiales.

«De acuerdo con esto, el Concilio de Investigacion Nacional, ha inaugurado una seccion de Investigacion Industrial, que considerará los mejores métodos para perfeccionar esta organizacion, o que hará investigaciones dentro del campo de una industria, o grupo de industrias relacionadas (por ejemplo, industrias que usan los mismos materiales crudos o que consumen productos similares). El Concilio considera que la cooperacion entre capital, trabajo, ciencia i administracion constituye el mejor medio jeneral de rentar i dirigir las amplias investigaciones de laboratorio i la esperimantacion en gran escala i el desarrollo de trabajo que se necesita para una investigacion industrial adecuada. En prosecucion de este plan jeneral, el Concilio propone establecer una Comision Avisoradora compuesta de hombres competentes cuyas imajinaciones han de vislumbrar los beneficios jenerales que se sigan al progreso de la ciencia i a una aplicacion mas completa de la ciencia a la industria».

Ciertamente que si algo ha enseñado la guerra, es que la seguridad de una nacion en la guerra i tambien su proteccion contra una amenaza de guerra, dependen grandemente del grado de completa independecia a que ha llegado con respecto a otras naciones en lo concerniente a recursos esenciales para prolongar el curso de la guerra.

DESARROLLO EN GRAN BRETAÑA (I)

La situacion preponderante mantenida durante largo tiempo por cierto número de industrias inglesas, ha creado un sistema de seguridad profundamente radical entre un gran grupo de manufactureros; esto acompañado de una conservacion natural i de la circunstancia de que las administraciones de muchas industrias no están suficientemente educadas en forma que las habilite para apreciar los conocimientos científicos, fué en ese pais un obstáculo para la adopcion de propósitos de trabajos de investigacion en industrias.

Por lo jeneral, no es que hayan cambiado las condiciones industriales ni que hayan dejado de existir muchas de las condiciones que ántes habilitaron a las industrias inglesas a asumir una situacion preeminente. Sin embargo, la guerra produjo un cambio en la actitud de la industria que de otro modo habria necesitado un período mui largo para perfeccionarse; directamente por la necesidad de hacer trabajos de investigacion en muchos sentidos, para la produccion de municiones i la prosecucion de la guerra en jeneral; indirectamente por la razon de que muchas firmas se vieron obligadas a adoptar por sí mismas nuevos métodos de manufactura enteramente diferentes, muchos de los cuales dependieron en su desarrollo del trabajo de investigacion.

(1) Por John Johnston, Secretario del Concilio Nacional de Investigacion, Washington.

Los hombres de ciencia ingleses habian señalado durante largos años la necesidad de estender en gran escala la aplicacion de la ciencia a la industria, pero nunca se habia tomado una actitud definida hasta como un año despues de empezar la guerra cuando apareció un manifiesto firmado por Arturo Henderson que era en ese tiempo, miembro del Gabinete Británico.

Este documento se titula «Esquema para la Organizacion i desarrollo de Investigacion Científica e Industrial»; su primer párrafo es tan apropiado que se da a continuacion:

«Hai una fuerte corriente de opinion entre personas igualmente competentes en ciencias como en industrias, de que existe en la actualidad una necesidad especial de maquinaria nueva i tambien de mayor ayuda del Estado a fin de promover i organizar investigaciones científicas cuyo fin sea principalmente su aplicacion al comercio i a la industria. Se sabe que muchas de nuestras industrias, desde la declaracion de guerra han sufrido perjuicios a causa de nuestra incapacidad de producir en el pais ciertos artículos i materiales que se necesitan en los procesos comerciales i cuya manufactura ha llegado a radicarse en el extranjero, particularmente en Alemania, a causa de que allí la ciencia ha sido aplicada de una manera mas completa i efectiva a la solucion de los problemas científicos tendientes a engrandecer el comercio i la industria, i a la elaboracion de procesos de manufactura económicos i mejorados. Es imposible, considerar sin gran aprehension la situacion que se creará al fin de la guerra a ménos que para subsanarla se haya aumentado i organizado previamente nuestros recursos científicos».

«Es incontrovertible, que si queremos progresar, es decir, mantener nuestra posicion industrial, debemos aspirar, como nacion, a un desarrollo tal de las investigaciones científicas e industriales que nos coloque en situacion de aumentar i afianzar nuestras industrias i de competir con éxito con los mas organizados de nuestros rivales.

Las dificultades para avanzar en este sentido durante la guerra son claras i no se han tenido en menosprecio; pero no podemos confiar en improvisar un sistema efectivo en el momento en que cesen las hostilidades i a ménos que durante el actual período seamos capaces de hacer un progreso sustancial, estaremos ciertamente incapacitados para hacer lo que se necesite en el período igualmente difícil de reconstruccion que seguirá a la guerra».

«Por este documento el Estado ha «reconocido» la necesidad de organizar la potencia cerebral nacional en interes de la nacion en la paz. La necesidad de control central de nuestra maquinaria de guerra ha sido evidente durante siglos, pero no se ha conocido jeneralmente la unidad esencial del conocimiento que ampara los esfuerzos tanto militares como industriales del pais hasta que la presente guerra la ha revelado en tantos sentidos como se necesitan satisfacer en el pais. La guerra ha permanecido siendo

un arte como siempre, pero sus instrumentos que ántes eran obra del artífice i del artista, no son hoy trabajo del hombre de ciencias solamente; sino que necesitan una práctica científica para su empleo efectivo. Esto se refiere igualmente a las armas de la industria. Los cerebros así como los procedimientos mismos que hoy se emplean para la producción de municiones, se ocuparon ayer i volverán a emplearse mañana en las artes de la paz. Este es el factor central que justifica la creación de nueva maquinaria en medio de una lucha que está absorbiendo todas las energías de la nación como no lo había hecho ántes guerra alguna» (1).

El esquema así, promulgado está destinado a establecer una organización permanente para la promoción de la investigación científica e industrial, aconseja la creación de un pequeño Concilio Avisador «compuesto principalmente de hombres de ciencia eminentes i de personas actualmente comprometidas en industrias que dependen de la investigación científica» cuyas funciones primordiales sean entender en las proposiciones siguientes:

Instituir investigaciones científicas;

Establecer o desarrollar instituciones especiales o departamentos de instituciones existentes para el estudio científico de los problemas que afectan a industrias o comercios particulares.

En el establecimiento o confirmación de cátedras i sociedades de investigación.

De acuerdo con estas instrucciones, el Concilio hizo un exámen de la cuestión entera i como medida preliminar propició i animó cierto número de investigaciones que estaban prosiguiendo diversas sociedades, instituciones o comisiones técnicas.

Sin embargo, el trabajo más importante del Concilio Director fué el relativo a la organización de la investigación industrial; primeramente porque él reconoció «la suprema importancia de despertar i asegurar el interés de los manufactureros en la aplicación de la ciencia a la industria» i en seguida porque la influencia de la guerra ha creado en la industria una atmósfera favorable al desarrollo de nuevas ideas, aunque ha hecho desgraciadamente en extremo difícil la prosecución del trabajo en ciencia pura i en su organización».

Según las conclusiones del Concilio en este sentido, apareció clara la necesidad de una organización separada que tuviera sus intereses propios a cargo de un ministro responsable ante el Parlamento. De acuerdo con esto, en Diciembre de 1916 se creó un Departamento de Estado especial, encargado de la investigación científica e industrial, i se aprobó un crédito imperial a favor de este departamento por valor de un millón de libras esterlinas que el Parlamento ha puesto a su disposición, para que lo gaste

(1) Informe de la Comisión del Concilio Privado para Investigación Industrial i Científico para el año 1915-1916.

en un período de cinco años o mas. Además de esta suma hai una subvencion anual para pagar el gasto de aquellas investigaciones que no seán emprendidas por las Asociaciones de Investigacion, las donaciones hechas a experimentadores individuales ya sean estudiantes o no i el gasto de administracion. El Departamento está ahora a cargo del Laboratorio Nacional de Física que ántes fué mui ayudado por la Sociedad Real, i ha formado un Consejo de Investigacion de Combustible que trate efectiva i sistemáticamente el problema urgente de economía de combustible. Se convino en que el dinero disponible se gastaria en forma de donaciones para ayudar las investigaciones emprendidas por firmas de cualesquier industria que convengan en llevarlas a cabo sobre bases cooperativas; i en que el mejor medio para llegar a este fin es formar Asociaciones de Investigacion Comercial.

Diversas industrias han estudiado el proyecto de fundar tal Asociacion de Investigacion; el progreso mas sustancial lo ha ejecutado la industria de tejidos, nombrando una comision provisional que ha elaborado un esquema de procedimiento en detalle considerable. Esta comision está formando la Asociacion Inglesa de Investigacion de Tejidos, que incluirá como miembros a firmas fabricantes de telares i de hilos, manufactureros de paños, encajes i medias, blanqueadores, tintoreros, impresores i consumidores; i que hará investigaciones que incluyan el estudio de la fábrica de tejidos por un lado i por el otro, la consumacion del artículo manufacturado, i tambien animará i mejorará la educacion de las personas que están o puedan estar, comprometidas en la industria. La misma Comision ha publicado un folleto mui interesante sobre «Investigacion Científica en relacion con el algodón e industria de tejido» en que se ha dado una cantidad de conocimientos jenerales.

Este folleto lleva hasta mui léjos en la materia pero no menciona un punto que merece citarse aquí i es el que se refiere al costo que ese trabajo de investigacion importará a cada miembro de la Asociacion. Partiendo de la base de que la Asociacion pueda gastar \$ 250,000 por año en trabajos de investigacion, se avalúa que el gasto para cada miembro seria solamente como de un 10 por ciento de su prima de seguro contra incendic, 25 por ciento del costo de seguro de salud i un 20 por ciento del seguro contra accidentes de empleados. En otras palabras, la salud científica i técnica de la industria puede asegurarse a mui poco costo. En realidad, éste es uno de los mejores modos de mirar el asunto, dé que la investigacion es un seguro o una amortizacion de la depreciacion relativa del arte causada por los progresos ajenos i en otros sentidos, i por consiguiente es tan justo como lójico considerar un gasto para investigacion, como un presupuesto fijo como es incluir presupuestos para seguros o para depreciacion.

El punto mas notable es la distinta actitud de parte de los manufactureros hácia la ciencia i la educacion porque sin un cambio de esa natu-

raleza, poco se hubiera podido hacer. ¿Debo agregar que las condiciones generales en que lucha Gran Bretaña estarán pronto frente a nosotros en la misma forma, si es que realmente no están ya aquí, i sugerir que sus esquemas se den con cuidadosa consideracion a fin de que sean un medio de asegurar mayor eficiencia en la industria i mayor economía en el empleo de nuestros recursos de hombres i materiales?

ORGANIZACION DE INVESTIGACION INDUSTRIAL (I)

Sabemos mui bien, que el público empieza a reconocer sin limitacion que la investigacion es el factor primordial de la industria. Durante toda su existencia nuestra sociedad, ha sido por intermedio de sus Comisiones i por sus miembros en jeneral, el esponente i ejecutor de la investigacion industrial. No hai sino que revisar la historia de una simple especificacion, tal como la de rieles de acero, para enaltecer la amplia serie i espléndida calidad de las investigaciones que ésta significa indirectamente i comprende.

La guerra, que todo lo ha cambiado, ha dado un nuevo aspecto a la investigacion. En el futuro la nacion que quiera vivir debe saber. De la ruina i peligro de otros pueblos, los americanos han aprendido junto con ellos que la investigacion ofrece algo mas que satisfacciones intelectuales o prosperidad material. La guerra ha venido a ser un agente tanto destructor como creador i en su face siniestra la única arma con la cual puede combatírsela es con mas investigacion. La organizacion i prosecucion intensiva de la investigacion ha venido a constituir un deber fundamental i patriótico que no puede ignorarse ni apartarse sin hacer peligrar nuestra existencia nacional.

Al considerar cualesquier plan para la organizacion de investigaciones, se afronta la dificultad de que la ciencia en su mayor expresion es esencialmente individualista i democrática. Su resentido control autocrático, languidece i se esteriliza bajo una pequeña inspeccion i direccion estraña. Los grandes progresos de los conocimientos humanos se han debido invariablemente al esfuerzo individual impulsado por la imaginacion científica i sostenido por un deseo consumado de llegar a la verdad. Pasteur, Curie i Rutherford no dependieron de organizacion alguna para obtener sus resultados. Ninguna cantidad de organizacion puede hacer un Faraday. Puede quizás, descubrir uno, i tiene entónces el privilegio de darle ánimo, facilidades de trabajo i agradecerle. Con estas cosas aseguradas es parte de sabiduría dejarlo tan solo como sea posible.

Debe formarse cualesquier plan realmente efectivo para el hombre

(1) Por Arturo D. Little, Presidente de la Arturo D. Little, Inc.

especial, el hombre cuyas reglas no han sido enunciadas todavía que no tiene aun comodidades contra los obstáculos pero que tiene la chispa del genio. Por lo jeneral, es un hombre que desdeña las reglas i sistemas, horas regulares, tiempo perdido i todo el conjunto de la organizacion. La organizacion no puede ayudarlo en nada, a no ser para librarlo de cargas haciéndolo dueño de su propio tiempo, dándole equipo, proveyéndolo inmediatamente de facilidades para consultar una biblioteca bien organizada i dirigiendo su atencion hácia problemas específicos.

En tanto que el trabajo superlativo en ciencia como el trabajo superlativo en arte, debe ser siempre una espresion del genio del individuo i completamente independiente de la potencia de organizacion que la asegura, queda una vasta proporcion de lo que podria llamarse el trabajo secundario de redondear los descubrimientos i especialmente de darles una aplicacion industrial que puede hacerse mas efectiva solamente por una organizacion separada. La aureola que circunda la palabra «investigacion» en la actualidad no nos cegará hasta el punto de creer que la investigacion comprende una gran cantidad de trabajo fraccionado, que deben ejecutar algunos buenos i honrados asistentes que acumulan los datos que permiten o confirman la jeneralizacion o lo que se necesita para darle un efecto práctico.

PLANES DE INVESTIGACION

Como se ha establecido ampliamente los planes de organizacion de investigacion deben ser:

Encontrar, desarrollar i enseñar hombres.

Crear una opinion favorable en la mentalidad pública tendiente a proporcionar ayuda segura para la investigacion i la utilizacion industrial de los resultados de la investigacion.

Asegurar la cooperacion entre diferentes ramas de la ciencia como ser entre químicos i matemáticos. La combinacion fortuita de la mentalidad matemática con los conocimientos del químico en Willard Gibbs, fijó las bases de la físico-química. Pero tal combinacion en un solo individuo es mui rara.

Evitar la repeticion i duplicacion de esfuerzo, dando a los investigadores facilidades para que se impongan de los trabajos ya ejecutados; segundo, aplicando métodos domésticos claros a los proyectos de investigacion.

Estimular la investigacion, enalteciendo la importancia de problemas específicos, haciendo donaciones especiales, dando tanto material i facilidades como sea posible.

Formar una especie de directorio jeneral que elabore el plan de ataque para los problemas mayores, señalando los diversos sentidos de in-

investigacion a experimentadores competentes i que coordine el conjunto.

Porporcionar a los manufactureros las ventajas de la investigacion con el propósito de promover el establecimiento de laboratorios privados, de corporaciones i de agrupaciones.

Hacer i publicar un censo de las facilidades disponibles en hombres i equipo.

Avaluar los recursos naturales de la nacion i hacer que las investigaciones tiendan hácia su desarrollo.

Valorizar nuestros productos secundarios i residuos industriales i desarrollar planes i métodos para darles un uso lucrativo.

Hai una tendencia casi universal que intenta llegar a obtener estos resultados con la ayuda de Concilios i otras formas de organizacion cuyos miembros casi sin escepcion, no están rentados i se ocupan en otras cosas que tienen derechos preferentes sobre su tiempo. Aun cuando tales sistemas de organizacion deben ser temporalmente eficientes como tambien el único inmediatamente útil en tiempos de crisis repentinas, esos hombres no pueden prestarse de una manera efectiva al lento i constructivo trabajo de años, sin lo cual es imposible establecer la investigacion en su propio terreno de las actividades industriales i de otras clases de una nacion. Hai peligro al hacer un programa de organizacion el que puede equivocarse por una organizacion misma. El trabajo de las comisiones es notoriamente pesado i lento. El cuerpo central debe desarrollar mas i mas potencia para sacudir la inercia de la masa aumentada. El conjunto puede al fin flaquear bajo su propio peso.

Parece, pues, que debemos tener pronta a desarrollarse una forma de organizacion permanente, coherente i progresivamente efectiva para la promocion i coordinacion de la investigacion. Esta organizacion debe aparecer, quizás, como una gran fundacion afiliada estrechamente con el gobierno, las universidades, las sociedades técnicas i las industrias; que debe tener su amplia conducta dirigida por un Consejo completamente ajeno a la política, siempre en contacto con el esfuerzo de la ciencia i las necesidades de la industria i que dependerá para la ejecucion de sus planes de un programa permanente ejecutivo i científico. Por consiguiente, cualquiera estructura permanente de investigacion de proporciones nacionales, debe tener su radicacion en las universidades i escuelas técnicas. Desgraciadamente en este tiempo de necesidad apremiante, estas instituciones se encuentran mui ocupadas por la gran proporcion de asuntos que les han llevado que ellas han acogido jenerosamente.

INVESTIGACION CIENTÍFICA E INDUSTRIAL

Se empieza a reconocer que no existe una gran diferencia entre la investigación científica i la industrial. Ambas emplean los mismos métodos i el mismo equipo. Las exigencias de cualesquiera de ellas deben comprender i poner a contribucion las mayores facultades intelectuales, i la investigación industrial necesita a menudo esa exactitud de refinamiento i sutileza de ataque que caracterizan el mayor esfuerzo científico. Sin embargo, la industria debe continuar dirijiendo el pensamiento hácia las mayores instituciones de aprendizaje para la determinacion de verdades i constantes fundamentales, el desarrollo de teorías i la enunciacion de principios generales. El reconocimiento creciente, de la parte que aplicada a la ciencia está destinada a desempeñar un rol importante en nuestro desarrollo nacional, debiera servir para asegurar un número adecuado de estudiantes científicos i especialmente de candidatos a graduacion en química i de ingenieros químicos. Permítasenos suponer de que ellos están provistos de una mayor cultura que la que ántes obtenian en muchos lugares i que los dejaba incapaces como escolares de comprender sus grandes responsabilidades. Bacon, por ejemplo, informó que el 70% de los directores de importantes laboratorios industriales, manifiestan descontento con el grado de instruccion que han recibido sus ayudantes. Reciben graduados ignorantes de literatura química i de la manera de usarla, faltos de iniciativa, perspectiva i sentido de proporcion, sin optimismo i sin conocimientos del mas simple equipo industrial. Algunas de estas deficiencias se deben evidentemente a la falta de inspiracion del aula en que han aprendido, i a la falta de influencia de la mentalidad de los maestros que siguen sus métodos rutinarios de pedagogía. Otras, mas fáciles de corregir, resultan de la inadapacion del programa mismo.

ESPERIMENTACION DE FÁBRICA

Nada es mas costoso i desmoralizador que la experimentacion en la fábrica. Por consiguiente, un laboratorio de investigación industrial debe estar adecuadamente provisto de equipo de tamaño semi-comercial. Los fracasos al iniciar cualquier nuevo procedimiento, es siempre alto, i su período mas crítico esta en los comienzos o sea en la transicion del laboratorio a la forma industrial. En su período de desarrollo necesitan se les ayude i guíe i es el laboratorio de investigaciones el que está llamado a prestar estos valiosos auxilios. Algunos grandes fabricantes han encontrado igualmente ventajoso tener una pequeña fábrica en que se efectúa regularmente una manufactura comercial en conexion con sus laboratorios de investigación i bajo su única direccion.

Debe considerarse preminentemente cierto, i ssto salta a la vista sin decirlo, que es el factor personal el que determina el éxito, es decir, el dia rector del laboratorio. Sir Humphrey Davy dijo con acierto que su mayor descubrimiento fué Miguel Faraday, i no hai mayor problema al afrontar un laboratorio de investigacion que aquel que comprende el descubrimiento de un director. Los directores de laboratorio que constituyan un éxito pueden ser de diversas clases, pero son comunes a todos ellos un militante optimismo, entusiasmo contagioso, imaginacion bien controlada i una viva simpatía personal.

Entre laboratorios constituidos i dirigidos así la cooperacion no puede ser difícil i en verdad es ya frecuente. La necesidad real de la situacion es la cooperacion entre manufactureros para el mantenimiento de la investigacion. Ya se han dado los primeros pasos de importancia en este sentido en Gran Bretaña por el Concilio Avisador para Investigacion Científica e Industrial. En nuestro propio pais la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas, ha tenido gran éxito al aplicar a la investigacion el principio de la cooperacion. No obstante, la estimulacion i animacion que ellos hacen, debemos considerarlas solamente como indicaciones superficiales de las grandes oportunidades que ellos significan. Hai difícilmente, en los Estados Unidos, alguna asociacion comercial que no pueda, con gran ventaja i lucro de sus miembros, dirigirse por sí misma a la solucion de problemas comunes por medios parecidos.

Por consiguiente, aquellos de nosotros que piensen que toda pérdida evitada o convertida en lucro, toda especificacion que dé mejor control de los materiales crudos, todo problema resuelto i todo procedimiento mas efectivo que se desarrolle, son factores que tienden a una existencia mejor en el sentido material de la palabra i a una vida mas pura i mas sana en el sentido mas elevado, no puede prestar un servicio mas efectivo que ayudar a los manufactureros americanos, a comprender lo que es la investigacion, cuál es su costo i cómo recompensa.

DESARROLLOS DE INVESTIGACION INDUSTRIAL (I)

Es mi propósito presentar mis ideas bajo los aspectos siguientes:

Discutir el desarrollo i crecimiento de la investigacion industrial como lo ha efectuado una gran corporacion, revisar su historia i explicar la forma de su organizacion actual.

Mostrar algunos de los beneficios derivados del mantenimiento de una organizacion semejante, i la forma en que le aprecia la corporacion eviden-

(1) Por Carlos D. Littler, Director Químico E. I du Pont de Nemours i Co., Wilmington.

ciándole con el gasto de cantidades de dinero mayores de año en año i por la fundacion de laboratorios adicionales que trabajan en sentidos especiales.

Mostrar las ventajas de la ubicacion, al colocar los laboratorios que trabajan para manufacturas especiales, junto a la fábrica o en ella misma, mejor que en la localidad en que reside la oficina jeneral.

Discutir la investigacion bajo diversos aspectos como sigue:

El Dr. Reese recuerda los pasos que su Compañía dió para la adopcion de un laboratorio de investigacion en 1908 en que se gastaron \$ 200,000 para ese trabajo. Dijo que tan grande fué el éxito de este laboratorio, que ha continuado desarrollándose la investigacion hasta que la Compañía tiene ahora varios laboratorios en diversos centros. En oposicion al gasto del primer año el Dr. Reese dijo que en 1918 se gastarían no ménos de \$ 2,000,000 solo en trabajos de investigacion. De 1912 a 1915 su Compañía gastó \$ 1,200,000 evitó la pérdida de \$ 14,000,000.

Esplicó que su Compañía ha encontrado un medio de obtener potasa del salitre chileno i ha desarrollado tambien un sustituto para láminas de plomo, por no decir nada de numerosos descubrimientos e invenciones para usar nuevos productos i materiales crudos para hacer explosivos modelos. Se han encontrado sistemas para neutralizar las pérdidas anteriores de ácido nítrico que ascendían a 45,000,000 de libras por año. Ho son posibles el tolueno i el ácido pícrico sintéticos i se han inventado cuatro potentes explosivos. Todo esto ha sido producto del trabajo de investigacion.

En la industria de colores, solamente la investigacion, ha capacitado a los Estados Unidos para producir todos los colores importantes.

LA INVESTIGACION EN LA INDUSTRIA DE CONSERVAS (1)

La Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas empezó a pensar en la cooperacion de investigacion desde hace unos 8 años. En 1918 nació la necesidad de tener informaciones definidas sobre hojalata. Para estudiar esta cuestion se tomó un lote experimental que se hizo examinar periódicamente por el Instituto de Investigacion Industrial i tambien por la Oficina de Química i el Laboratorio Químico de la Compañía Americana de Envases. Esta investigacion estuvo completa en 1913. En el interior se desarrolló la necesidad de la investigacion en un campo mas amplio i se encontró conveniente tener hombres científicos que dedicaran todo su tiempo a los problemas de la industria. El resultado fué la organizacion de los laboratorios de investigacion de la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas en el verano de 1913.

(1) Por Frank E. Girel, Secretario de la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas, Wáshington.

Los problemas que esos laboratorios han estudiado, en su mayoría tienen relacion con dificultades experimentadas en la Industria de Conservas. Estas dificultades son de carácter mui variado. Entre ellas figuran, la descomposicion, coloracion nociva de alimentos, imperfecciones en el envase i maquinaria defectuosa. Las operaciones ordinarias de preparacion deben alterarse a veces a causa de condiciones especiales. El producto crudo tiene ocasionalmente alguna característica (que no se conoce al prepararla en la cocina), que necesita un tratamiento especial cuando se envasa el producto.

Estas dificultades son únicamente ocasionales. Una fábrica puede operar durante años sin experimentar ninguna de ellas. En una fábrica la causa de cierta dificultad puede ser oscura; en otra, evidente. La mayoría de las fábricas de conservas son pequeñas i trabajan solo durante algunas semanas del año. Un laboratorio para cada una no seria práctico, costoso i necesariamente ineficaz. Por otra parte, un laboratorio central es capaz de estudiar estas dificultades a medida que nacen en una fábrica despues de otra i así obtiene a veces una visual mas amplia i alcanza conclusiones mas seguras que lo que es posible en una sola fábrica.

Ademas de los Laboratorios de Investigacion a que nos hemos referido, la industria de conservas efectúa trabajos de investigacion en union de la Inspeccion de Alimentos en Conserva. Durante los dos últimos años tres secciones de la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas han puesto sus fábricas bajo inspeccion sostenida por ellas pero controlada por la Asociacion. Esta inspeccion se mantiene con el propósito de controlar el carácter de material crudo i el saneamiento de las fábricas i se ha encontrado necesario en conexion con ella un considerable trabajo de investigacion.

Durante largo tiempo los manufactureros de alimentos sintieron la necesidad de un estudio acabado del envenenamiento de alimentos conocido mas comunmente con el nombre de «envenenamiento ptomaina». La Industria de Conservas decidió amparar una investigacion de esa especie, pero experimentó algunas dificultades al tomar las medidas conducentes a efectuarla bajo los mejores auspicios. Finalmente, a la peticion de la Asociacion Nacional de Fabricantes de Conservas, el Concilio Nacional de Investigacion contestó organizando la investigacion, nombrando director al Dr. M. J. Rosenau, jefe del Departamento de Medicina Preventiva e Higiene del Colejio de Medicina de Harvard i nombrando tambien un Consejo Avisador que estaba formado por seis de los hombres de ciencia mas eminentes del pais. La industria por sí misma no hubiera podido conseguir la cooperacion de ninguno de estos hombres. Sin embargo, ellos consideraron la importancia del estudio como una medida pública i aceptaron la invitacion del Concilio Nacional de Investigacion para hacer el trabajo.

A medida que progresa nuestro trabajo, la importancia del trabajo de investigacion impresiona mas fuertemente a nuestros consocios. En la

industria de conservas las fábricas individuales son pequeñas i hai muchos problemas jenerales que solamente pueden estudiarse en una forma cooperativa.

ALGUNAS MIRAS PRÁCTICAS DE INVESTIGACION (I)

Hace veinte años la investigacion no era tan comun en el negocio de acero como lo es hoy dia. En ese tiempo la investigacion no la efectuaba comunmente alguien especialmente encargado de hacer este trabajo, sino que se realizaba por los esfuerzos individuales o unidos del químico, del ingeniero o del superintendente de Departamento de una fábrica.

Estoi en sincero acuerdo con lo que ha espresado el doctor Howe. Eso seria el plan de realizar tales comprobaciones, para aproximarlas a las condiciones probables de servicio. Este punto se olvida a menudo al hacer una investigacion. Los siguientes ejemplos ilustrarán lo que pienso: una comprobacion por prueba de carga de una cadena es mejor que un análisis químico del material i una prueba hidrostática para una cañería o tubo es mejor que un exámen microscópico, etc. Es una necesidad investigar un punto por métodos que no pueden aplicarse comercialmente en vista de su excesivo costo, de su interposicion con las operaciones precedentes o subsiguientes i la incertidumbre de su valor cuando se aplique. Por ejemplo, la adición de ferro-manganeso en grandes pedazos al cucharón, mostrará solamente una pequeña pérdida de manganeso, pero esta práctica no puede recomendarse debido a la incertidumbre de su completa fusion i distribucion.

Puede acontecer que surjan objeciones a un experimento por aprehension de que se pueda desarrollar algo que deba considerarse como una crítica de los métodos de trabajo. Otras veces, el experimentador puede, por razones personales, hacer gran daño al uso práctico i beneficioso de un método o procedimiento por su torpe prejuicio u oposicion. Una investigacion puede dar resultados negativos, i producir entónces la censura de la administracion u obligar a detener experimentos que se prosiguen en este u otro sentido. Los resultados negativos son útiles porque indican lo que no debe o no puede hacerse. Hai una tendencia en los talleres para dar mucho en donaciones, particularmente si están impresionados, sin pedir pruebas, con la creencia en alguna teoría o si aceptan como una verdad una narracion hecha por alguno.

La investigacion debe realizarse de un modo apropiado. Muchas sugerencias meritorias o experimentos fallan porque han sido probados sólo

(1) Por J. S. Unger, Administrador del Laboratorio Central de Investigacion, Compañía de acero Carnegie. Pittsbrugh.

una vez. Las conclusiones son mejores cuando se basan en un gran número de resultados, que si se obtienen con unos pocos. A veces se omiten importantes puntos de la prueba o se ejecutan descuidadamente. Yo sé de un caso en que la ignorancia del operador apretó i quebró en una máquina una herramienta sometida a prueba; éste informó a su jefe que la herramienta no servia i se interrumpió el experimento. Como resultado de la excelente fabricacion de una herramienta semejante, en otra fábrica, se probó de nuevo la herramienta como un año despues i se tuvo un gran éxito.

En trabajos de investigacion es prudente trabajar con cantidades que se aproximen al tamaño efectivo tanto como sea posible. Hacer algunas onzas de metal en un crisol i despues forjar este metal en una muestra de media pulgada de diámetro, despues tratarla por el calor i despues comprobar el material para mostrar particularmente grandes cualidades, no es impresionante ni evidencia convincente para aquel que debe preparar un metal análogo en lotes de 50 toneladas, fundirlo en barras de varias toneladas de peso, laminarlas en el rodillo i reducir las a piezas de 12 pulgadas de diámetro, i por último, comprobar el material laminado.

Regularmente se hacen muchas comprobaciones que no representan condiciones de servicios i que pueden clasificarse solamente como comprobaciones de comparacion o de uniformidad. ¿No parece absurdo comprobar una briqueta de cemento o una columna de acero por una prueba de tension? Tales comprobaciones no tienen mayor valor práctico que una comparacion en la uniformidad del material. ¿No necesitamos cambiar muchos de nuestros métodos de comprobacion para acercarlos mas a las condiciones de servicio?

Los factores esenciales para hacer una investigacion feliz son: un equipo adecuado i completo que sea capaz de reproducir las condiciones de trabajo; si eso no es posible, el empleo de las facilidades de los trabajos, la cooperacion de la administracion; jefes i hombres de los trabajos para una investigacion; la creacion de un sentimiento optimista i entusiasta para resolver los problemas del trabajo i la conservacion de un registro cuidadoso del trabajo hecho i de las conclusiones a que se ha llegado.

Una investigacion de gran valor para la industria de acero, es aquella que estudia cuidadosamente cosas comparativamente bien conocidas, para substituir hechos a las teorías o creencias, para promover economías deseables o calidades mejoradas, i para distribuir esas informaciones a aquellas que puedan ser capaces de emplearlas de un modo intensamente práctico.

Alfredo D. Fliun, secretario ayudante del Concilio Nacional de Investigacion i Secretario de la Fundacion de Injenieros, discutió «Desarrollos de las Ajencias Existentes». Agregó que la Fundacion de Injenieros es coope-

radora del «Concilio Nacional de Investigacion». Presentó tambien una lista tentadora de los laboratorios que en Estados Unidos están comprometidos total o parcialmente en investigacion industrial. Esta lista indicó 350 de tales unidades.



Informe sobre el agua subterránea de la rejion de Pica

(Conclusion)

II.—HIDROLOJÍA

A. LAS GALERIAS DE AGUA I LAS VERTIENTES DE LA REJION DE PICA

Mirando el plano de Pica, se pueden distinguir dos zonas de direccion N.-S. en las cuales el agua subterránea surge hácia arriba, sea formando vertientes naturales, sea que se trate de vertientes encontradas en las galerías subterráneas.

La zona oriental comprende todas las vertientes mas importantes de Pica i Chintaguay i ademas las vertientes descubiertas en las cabeceras de las galerías siguientes: Miraflores, Cármen, Jesús María, etc. Una posicion media tienen las galerías de Buena Esperanza, San Isidro, Santa Elena i Santa Cruz. La zona occidental está formada por las vertientes de Santa Cruz, Sauque i las galerías de Sauque, Loayza i del Agua Potable de Matilla. Ademas hai que contar entre estos últimos los dos piques de Billinghamst, llenos de agua i la pequeña galería de la Botijería, situada en el Valle de Chintaguay.

a). DESCRIPCION DE LAS GALERÍAS DE AGUA CERCANAS A PICA

1). *Galería de la Botijería*

Esta galería se halla en la falda del Valle de Chintaguay entre el Valle i Matilla. Está labrada en las arenas oscuras que rellenan una antigua quebrada escavada en la liparita. La temperatura del agua es de $27\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$. Parece provenir de abajo, pero es posible que el agua sea conducida por la capa que forma el piso del socavon. A causa de la pequeña cantidad de agua no se pudo averiguar con seguridad el oríjen.

El gasto es de 0,175 litros por segundo o de 10,6 litros por minuto.

2). *Galería de Wenceslao Henríquez*

Al sur de esta galería se hallan varios socavones abandonados, en parte a causa de derrumbes interiores i en parte porque el agua se hallaba a un nivel demasiado bajo para ser aprovechada. Durante mi visita estaba en construccion una nueva galería que podemos llamar Wenceslao Henríquez por ser este caballero el dueño de la galería. Despues de pocos metros de galería, ya se encontró humedad i escasa cantidad de agua. Las capas cortadas pertenecen a las arenas modernas que muestran perfecta estratificacion i que contienen algunas capas arcillosas que se distinguen por su humedad.

3). *Galería del Agua Potable de Matilla*

Esta galería se halla al norte de la anterior i ha cortado las mismas capas. Como el suelo del socavon no tiene declive uniforme, el agua se ha estancado hasta una altura que ha hecho imposible llegar hasta el término de la galería, por lo cual no se pudo hacer observaciones sobre el oríjen del agua ni sobre su temperatura.

Son notables las incrustaciones de aragonita (CaCO_3) que cubren el suelo, pues llegan a formar una capa de 20 a 30 cm de espesor. Encerradas en la aragonita i encima de ella, se hallan capitas delgadas de óxido de manganeso.

El gasto de la galería es de 0,75 litros por segundo o de 45 litros por minuto.

4). *Galería Sucesion Lóayza*

Está situada cerca del camino de Pica a Matilla, poco ántes de llegar a este último pueblo. La galería tiene dos ramales principales i ha cortado arenas que tienen manteo hácia el S. O. Las capas inferiores encontradas en el término de la galería son conglomerados liparíticos, lo que hace suponer que la liparita se halle a poca profundidad. Una parte del agua es de filtracion, que sale de las arenas, miéntras las capas de arcilla intercaladas a las arenas no conducen agua. La mayor parte de los estratos consisten en arenas arcillosas poco permeables. Esta agua de filtracion tiene temperatura de $26\frac{1}{2}^{\circ}$ i debe ser considerada como agua termal, la que probablemente a poca distancia del término de la galería surge de grandes profundidades. Pero fuera de esta agua de filtracion parece que se ha encontrado tambien agua surjente, que sale del conglomerado de piedras liparíticas; esto se puede deducir porque en esta capa se ha profundizado considerablemente el suelo de la galería.

Llama la atencion la gran cantidad de incrustaciones de aragonita que se observan tanto en las paredes como en los rodados de liparita del suelo. Pero son ménos importantes que en la galería anterior.

El gasto de la galería es de 1,2 litros por segundo.

5). Galería El Sauque (Tarapacá Water Works)

La boca de esta galería está situada al norte de la anterior. Desde la última lumbrera, situada cerca del término superior del socavon, existen varios ramales, i cada uno de éstos ha encontrado agua de filtracion. La figura siguiente muestra la reparticion del agua en estas capas, que consisten en arenas modernas con intercalaciones de arcillas.

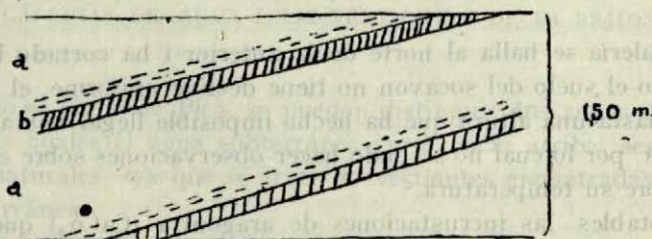


Fig. 10—Perfil observado en la galería El Sauque

- a) arenisca, en la parte inferior con capa de agua de filtracion
- b) arcilla.

Llama la atencion que la cantidad de agua sea tan pequeña que solamente los 5 a 10 cm inferiores de las arenas contienen agua, mientras la parte superior de ellas está seca.

La temperatura del agua es de 25 a 25½°C. Esta temperatura elevada indica que el agua debe provenir de una vertiente próxima que surge de gran profundidad.

El gasto de la galería es de 2,94 litros por segundo.

6) Piques i galería de Billinghamurst

Estas labores están situadas a poca distancia al norte de la boca de la galería Sauque. El croquis en la página siguiente muestra la reparticion de los piques i de la galería.

El pique N.º 1 tiene una profundidad de 19,50 m i la columna de agua en él contenida tiene una altura de 7,30m. Para el Pique N.º 2 las cifras correspondientes son 15,40 i 5,10 m; para el Pique N.º 3 14,40 i 1,20 m.

Con la galería se trató de captar el agua encontrada en los piques. Pero el trabajo del socavon que por largo trayecto sigue sobre la superficie

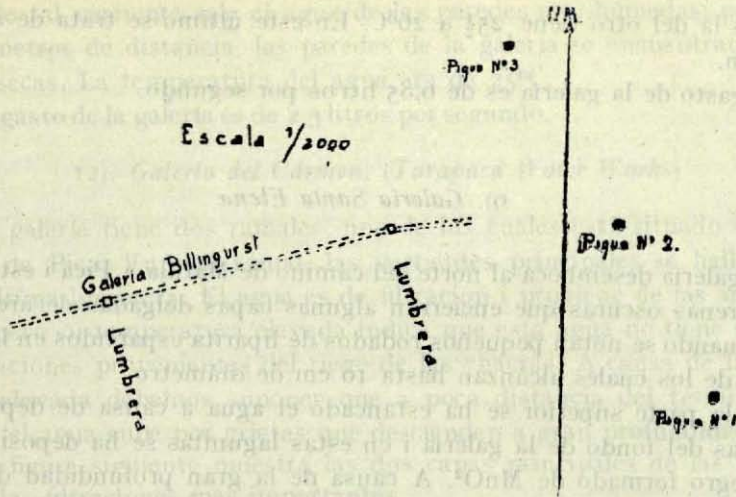


Fig. 11—Plano de los piques i galería Billinghamst (Levantado por el señor Aguirre)

de la liparita, encontró por fin a ésta también en un nivel más alto, i frente a la dificultad de perforar la capa liparítica muy dura, se ha paralizado el trabajo.

Como en Pica se dijo que en uno de los piques de Billinghamst entró el agua con tal fuerza que los trabajadores tenían que salir apresuradamente para salvarse, la comisión trató de hacer un ensayo con bomba para determinar la cantidad del agua afluyente. Pero desgraciadamente, el motor no tuvo la suficiente potencia para elevar el agua hasta la superficie.

7). *Galería de Santa Cruz (Tarapacá Water Works)*

Sobre las capas cortadas por esta galería no hay nada especial que mencionar. La galería encontró muy poca agua, la que proviene de la parte inferior de la pared del socavón. La temperatura de esta agua es de 27°C. Mucho más agua proviene de dos sondajes efectuados cerca del término de la galería; esta agua tiene una temperatura de 28°C. Esta temperatura más elevada no puede sorprender, porque en los tubos del sondaje el agua sube más rápidamente i no tiene ocasión de enfriarse tanto, como el agua que pasa por filtración en las arenas porosas.

El gasto de la galería es de 1,26 litros por segundo.

8). *Galería de San Isidro (Tarapacá Water Works)*

La Figura N.º 8 muestra un perfil de las capas atravesadas en la desembocadura de esta galería. En su término, la galería se divide en dos ramales; el agua que proviene del ramal setentrional tiene una temperatura de 26½°.

miéntras la del otro tiene $25\frac{1}{2}$ a 26°C . En este último se trata de agua de filtración.

El gasto de la galería es de 6,85 litros por segundo.

9). *Galería Santa Elena*

La galería desemboca al norte del camino de Matilla a Pica i está hecha en las arenas oscuras que encierran algunas capas delgadas de arcilla. De vez en cuando se notan pequeños rodados de liparita esparcidos en la arena, algunos de los cuales alcanzan hasta 10 cm de diámetro.

En la parte superior se ha estancado el agua a causa de depresiones profundas del fondo de la galería i en estas lagunitas se ha depositado un barro negro formado de MnO_2 . A causa de la gran profundidad del agua i de la poca altura que queda encima de su nivel, no fué posible llegar hasta el término de la galería. En la última lumbrera observé que la temperatura del agua era de 25°C .

El gasto es de 0,334 litros por segundo o de 20 litros por minuto. Un aforo hecho hace años, cuyo resultado se halla en el archivo de la Inspeccion de Hidráulica, dió un gasto de 0,66 litros por segundo. La disminucion se debe al mal estado en que se encuentra la galería.

10). *Galería Comiña*

Es la galería mas larga de la rejion de Pica; las numerosas lumbreras que tiene están derrumbadas con escepcion de las tres mas cercanas a la boca. Desde la última de éstas pasamos tres lumbreras de las derrumbadas, hasta que a causa de la falta de aire fresco, se apagaban las lámparas. En este punto la temperatura del agua era de 28°C .

El gasto de la galería es de 1,58 litros por segundo. Un aforo hecho hace años, dió un gasto de 4 litros por segundo. La disminucion se debe a mal estado en que se halla la galería.

11). *Galería Buena Esperanza*

El término de esta galería está situado entre la chacra de Jesús María i la casa de administracion de los Tarapacá Water Works. A causa de un derrumbe interior no fué posible seguir visitando la galería en toda su estension. Las capas cortadas en la parte superior son las arenas oscuras. El agua proviene de vertientes ascendientes encontradas en la galería. Alre-

dedor de tal vertiente sale el agua de las paredes mui húmedas; pero ya a pocos metros de distancia, las paredes de la galería se encuentran enteramente secas. La temperatura del agua era de 25°C.

El gasto de la galería es de 2,3 litros por segundo.

12). Galería del Cármen. (Tarapacá Water Works)

La galería tiene dos ramales; uno de los cuales está situado cerca del pueblo de Pica. En este ramal, las vertientes principales se hallan cerca de la última lumbrera. El agua es de filtracion i proviene de las arenas oscuras; pero su temperatura elevada indica que esta agua no tiene su orijen en filtraciones provenientes del riego de las chacras. A causa de la temperatura elevada debemos suponer que a poca distancia del término de la galería, el agua sube por grietas que descienden a gran profundidad.

La figura siguiente muestra las dos capas principales de las que provienen las filtraciones mas importantes.

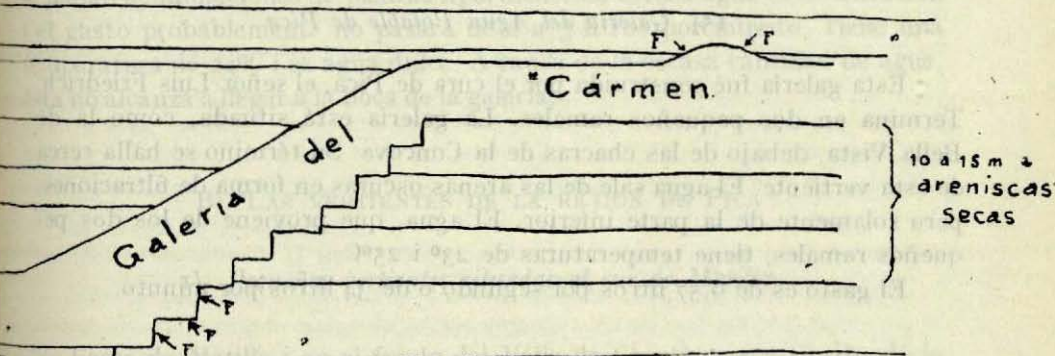


Fig. 12—Perfil observado cerca del término de la Galería del Cármen

F Filtraciones.

Se vé en este perfil, como las arenas que conducen el agua están separadas por otras capas enteramente secas.

Tambien en esta galería se notan muchas incrustaciones de aragonita que cubren tanto las paredes como los rodados del suelo que han caido del techo del socavon. La temperatura del agua es de 27°.

El gasto es de 4,25 litros por segundo.

13). Galería Jesus María

La galería termina al sur del pueblo de Pica i su término se halla a 10 m de distancia de un pique hondo. Se han cortado las arenas oscuras que contienen piedras aisladas de liparita. El agua es de filtracion i proviene de las paredes, cerca del término de la galería; su temperatura es de 28°. En las paredes de la galería se observan numerosas incrustaciones de aragonita.

El gasto de la galería es de 4,10 litros por segundo.

14). *Galería Bella Vista*

La boca de esta galería está situada al norte del camino que conduce del pueblo de Pica a los baños del Resbaladero. El término se halla debajo de las chacras regadas por el agua de la vertiente Concova. En la galería se encontró una pequeña vertiente de 24° de temperatura i además tiene un pique hondo con agua de 25°. En esta galería, situada debajo de las chacras regadas, llama la atención el que en el techo no se note ninguna señal de humedad; de consiguiente no se producen filtraciones desde las chacras hácia abajo, no obstante la permeabilidad de las arenas. Esto se explica porque una sola capa delgada de arcilla, intercalada entre las arenas, es capaz de impedir cualquier filtración hácia abajo.

El gasto de la galería es de 0,9 litros por segundo.

15). *Galería del Agua Potable de Pica*

Esta galería fué construida por el cura de Pica, el señor Luis Friedrich. Termina en dos pequeños ramales. La galería está situada, como la de Bella Vista, debajo de las chacras de la Concova. Su término se halla cerca de esta vertiente. El agua sale de las arenas oscuras en forma de filtraciones, pero solamente de la parte inferior. El agua, que proviene de los dos pequeños ramales, tiene temperaturas de 23° i 25°C.

El gasto es de 0,57 litros por segundo o de 34 litros por minuto.

16). *Galería de Miraflores*

La galería está situada al norte de las chacras de la Concova. Está hecha como las demás galerías en las arenas oscuras. Tiene cierta importancia por su historia. En el año de 1887, el señor Guillermo Billingham (1) da un gasto para esta galería de solamente 0,8 litros por segundo. Después se prolongó la galería en solamente 20 m i se encontraron algunas vertientes muy potentes que hicieron subir el gasto a 9 litros por segundo. Estas vertientes están arregladas en una pequeña grieta de las arenas endurecidas; la grieta tiene rumbo N. 35°O. (N. Magn.) La temperatura del agua es de 33°; el gasto de 9 litros por segundo.

17). *Galería Loreto*

Esta galería está situada a 2,6 Km de distancia al norte del cementerio de Pica. La pequeña galería está hecha como las otras en las arenas oscuras.

(1) G. Billingham.—El Agua Potable de Iquique. 1887, p. 149.

Las vertientes, encontradas por ella, están situadas cerca del término del socavon i salen de estrechas grietas.

La vertiente mas grande es tambien la mas caliente de todas las vertientes de la rejion de Pica; tiene una temperatura de 35°; las pequeñas vertientes que distan sólo pocos metros de ésta, tienen solamente 30°. El agua es bastante salobre.

El gasto de la galería es de 0,161 litros por segundo o de 9,7 litros por minuto.

18). *Galería de San Bartolo*

Se halla unos 3 Km al norte del Loreto i está hecha en las mismas rocas. La boca está cerrada por acumulaciones de arenas depositadas por el viento. La galería tendrá un largo de unos 150 a 200 m. Cerca del término oriental se hallan acumulaciones de piedras liparíticas. La escasa agua es de filtracion i el gasto probablemente no pasará de 2 a 3 litros por minuto. Tiene una temperatura de 24°C i es agua dulce. A causa de la escasa cantidad de agua, ésta no alcanza a llegar a la boca de la galería.

B). LAS VERTIENTES DE LA REJION DE PICA

1). *Pequeñas vertientes situadas al sur de Matilla*

Cerca de Matilla i en el fondo del Valle de Chintaguay está situada la «Cocha de Jarasmilio». Al lado de la cocha, brota el agua de las grietas de la liparita, pero en mui pequeña cantidad. La temperatura del agua es de 22°C, medida en invierno; indica esta temperatura que no se puede tratar de filtraciones provenientes del riego de las chacras vecinas.

2). *Vertiente «El Sauque»*

Está situada a unos 50 m al oeste de la desembocadura de la galería del mismo nombre. Se halla en un pequeño pique de 1,50 m. de profundidad; el agua brota de la roca.

La temperatura es de 28°C; el gasto de 3,24 litros por segundo.

Al N. O. de la boca de la galería Comiña está situada una pequeña lagunita que recibe su agua de una vertiente; el desagüe se produce por filtraciones a traves de las arenas. Como el agua no rebalsa, la cantidad de ésta no puede ser mui grande.

3). *Vertiente de Santa Cruz*

Las vertientes se hallan dentro de un pequeño estanque redondo, i la fuerza con que surge el agua, se reconoce por los remolinos producidos en la arena que cubre el suelo del estanque. Al lado de una vertiente grande, se hallan varias pequeñas situadas en una línea que debe corresponder a una grieta de las rocas. Estas rocas, lo mismo que en el Sauque, consisten de arenas oscuras.

La temperatura del agua es de $29\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$, el gasto de 4,51 litros por segundo.

4). *Las vertientes de Chintaguay*

Al bajar por la Quebrada de Chintaguay desde el «Salto», se llega, despues de pasar por la liparita que forma en gran estension el suelo del valle, a una pronunciada curva de la quebrada. Desde este punto, donde la liparita empieza a desaparecer debajo de las arenas modernas, se nota en las numerosas grietas que atraviesan la liparita, que brota el agua en pequeña cantidad. El suelo del valle se pone pantanoso i se cubre de densos cañaverales. Un poco mas valle abajo aparecen tambien las primeras vertientes que producen ya mayor cantidad de agua. La mayor parte de las vertientes brotan en pequeños estanques de agua o dentro del pantano. Estos estanques tienen siempre un suelo de arena, i el continuo movimiento de la arena indica la fuerza con que surge el agua. Aunque no se puede reconocer la roca de la cual brota el agua, ésta debe ser la liparita, ya que ésta se podia seguir desde la orilla del estero hasta mas allá de las primeras vertientes grandes.

La temperatura de las numerosas vertientes oscila entre 30° i $32\frac{1}{2}^{\circ}\text{C}$; el gasto es de 48,11 litros por segundo.

5). *Vertiente de la Miranda i del Agua Potable del Valle*

Las dos vertientes están situadas a pocos metros de distancia. Las vertientes de la Miranda se hallan dentro de una pequeña lagunita estancada artificialmente; los remolinos de arena, producidos por el agua que surge con fuerza, están situados en una línea, lo que indica que deben su origen a una grieta existente en la roca. En esta parte la capa liparítica ya se encuentra debajo del fondo del valle.

La temperatura del agua de la Miranda es de 32°C ; el gasto de 2,57 litros por segundo.

La vertiente del Agua Potable del Valle tiene una temperatura de 31° , medida en el tubo por el cual rebalsa el agua; su gasto es de 1,50 litros por segundo.

6). *La vertiente de Las Animas*

Está situada muy cerca del pueblo de Pica i se halla dentro de una pequeña laguna de suelo arenoso. La repartición de las numerosas vertientes que brotan en el suelo de la lagunita es muy irregular i no es posible arreglarlas en líneas de vertientes. Como la vertiente se halla en la planicie de Pica, el agua debe provenir de capas pertenecientes a las arenas modernas que cubren la capa liparítica.

La temperatura es de 31°C i el gasto de 12,85 litros por segundo.

7). *La vertiente del Resbaladero*

Es la vertiente principal de Pica; el agua brota a la entrada de una pequeña galería de una grieta abierta, que se halla en una arenisca endurecida, la que probablemente pertenece también a las arenas modernas. La dirección de la grieta es E.-O.

La temperatura es de 33° i el gasto de 37,2 litros por segundo.

En la pared de rocas en la cual se halla la galería del Resbaladero, se encuentran otras dos galerías de las cuales sale un poco de agua. La temperatura es de 20° i 22° . La diferencia, en comparación con la temperatura de la vertiente principal, no puede sorprender, porque la pequeña cantidad de agua se enfria mucho más que el agua de la gran vertiente, al subir de las grandes profundidades.

8). *La vertiente de la Concova*

Es la vertiente más oriental i la más alta de Pica. El agua brota del fondo de una pequeña quebrada que pasa por Pica i que debe su origen probablemente a la erosión del estero formado antes por la Concova. Ya que esta quebrada principia unos cien metros más al Este, es posible que antes la vertiente se encontrara situada un poco más al oriente. El agua surge con gran fuerza del suelo arenoso de una pequeña lagunita.

La temperatura del agua es de $34\frac{1}{2}^{\circ}$ i el gasto de 9,00 litros por segundo.

También sale una pequeña cantidad de agua de una cañería que proviene de una galería derrumbada situada en la orilla superior de la laguna.

9). *Vertiente situada al pié del Salto de Chintaguay*

El gran circo situado al pié del Salto debe su oríjen a la fuerza erosiva de las avenidas que de vez en cuando descienden por la Quebrada de Quisma; está cubierto por un suelo pantanoso con mucha vejetacion. El agua, a que se debe la existencia del pantano, brota al pié de la pared por la cual cae el salto. Esta pared está formada por las areniscas i conglomerados subyacentes a la liparita.

La temperatura del agua, que se tomó una mañana ántes de que el sol alcanzara el pié de la pared, fué de 24°, miéntras en el aire observé una temperatura de solamente 14°. De consiguiente, tambien esta agua es agua termal. El gasto no pasará de $\frac{1}{2}$ litro por segundo.

TABLA COMPARATIVA DE LAS PRINCIPALES VERTIENTES I GALERÍAS DE AGUA DE LA REJION DE PICA (I)

I. Galerías de Agua

| Nombre | Lonjitud en metros | Gasto en litros p. segundo | Temperatura en oC. |
|----------------------------|--------------------|----------------------------|--------------------|
| Botijería..... | 100 | 0,175 | 27½ |
| Sucesion Loayza..... | 970 | 1,2 | 26½ |
| Agua Potable Matilla..... | 600 | 0,75 | ... |
| Sauque (T. W. W.)..... | 1000 | 2,94 | 25 i 25½ |
| Santa Cruz (T. W. W.)..... | 1120 | 1,26 | 27 i 28 |
| San Isidro (T. W. W.)..... | 1150 | 6,85 | 25½ i 26 |
| Santa Elena..... | 900 | 0,334 | 25 |
| Comiña..... | 2350 | 1,58 | 28 |
| Buena Esperanza..... | 1200 | 2,3 | 25 |
| Cármén (T. W. W.)..... | 1680 | 4,25 | 27 |
| Jesús María..... | 1070 | 4,10 | 28 |
| Bella Vista..... | 140 | 0,9 | 24 i 25 |
| Agua Potable Pica..... | 200 | 0,57 | 23 i 25 |
| Miraflores..... | 220 | 9,00 | 33 |
| Loreto..... | 280 | 0,161 | 30 i 35 |
| 15 galerías..... | 12,980 m | 36,37 lit. p. seg. | |

(1) Los aforos i lonjitudes de las vertientes i galerías segun el señor Eduardo Aguirre. La lonjitud de la galería Sucesion Loayza se refiere solamente al ramal viejo, la de la galería Cármén al ramal austral.

II. Vertientes

| Nombre de la vertiente | Gasto en litros p. segundo | Temperatura en oC. |
|--------------------------------------|----------------------------|--------------------|
| Vertiente Sauque (T. W. W.)..... | 3,24 | 28 |
| Vertiente Santa Cruz (T. W. W.)..... | 4,51 | 29½ |
| Chintaguay..... | 48,11 | 30 a 32½ |
| Miranda..... | 2,57 | 32 |
| Agua Potable, El Valle..... | 1,50 | 31 |
| Las Ánimas..... | 12,85 | 31 |
| Resbaladero..... | 37,2 | 33 |
| Concova..... | 9,00 | 34½ |
| 8 vertientes..... | 118,98 lit. por segundo. | |

Del cuadro anterior se desprende la gran importancia de las vertientes con respecto a las galerías de agua. La producción de agua de las vertientes principales es tres veces mayor que la que corresponde a las quince galerías con una longitud total de 12.980 m.

C). LAS GALERÍAS DE PUQUIO NÚÑEZ

Las galerías de Puquio Núñez están situadas a 10 Km de distancia al sur del pueblo de Matilla. Durante mi visita, solamente una galería estaba produciendo agua, la de Puquio Núñez, mientras las demás eran inaccesibles en su mayor parte, porque sus bocas estaban obstruidas por la arena acumulada por el viento.

Sobre estas galerías existe en la Inspección de Hidráulica un informe hecho por el ingeniero señor *Mena* cuyas observaciones servirán para completar este informe.

Las capas cortadas en las galerías son las mismas arenas modernas que las de la rejión de Pica. Como allá, también en Puquio Núñez contienen capas de arcillas i zonas de rodados. Estas arenas forman una pequeña loma de dirección N.-S., i en ellas se han hecho las diferentes galerías.

1). La galería de Hidalgo

Es la galería más austral, pero está completamente enterrada por la arena acumulada por el viento. Solamente algunas cañas que salen de la boca, indican la presencia del agua.

2). *La galería Núñez (Puquio Núñez)*

Es la única galería actualmente en explotación. El agua es de filtración i proviene de arenas intercaladas en arena arcillosa. La temperatura del agua es de 26°C.

El señor Mena observó antes de limpiar el fondo de la galería, un gasto de $\frac{3}{4}$ litros por segundo, pero después aumentó el gasto a $1\frac{1}{2}$ litros. Durante nuestra visita, el señor Aguirre constató un gasto de 0,716 litros por segundo, es decir, la misma cantidad de agua que fué observada por el señor Mena antes de limpiar la galería.

3). *La galería de Barreda*

Está situada unos 900 m al N. O. de Puquio Núñez. No fué posible entrar en esta galería, ya que tanto las lumbreras como la boca estaban enterradas por la arena. En la boca, el agua está estancada por la arena acumulada por el viento, hasta una altura de más de 1 m.

El señor Mena escribe sobre esta galería: «... había sido desaguada íntegramente, quedando en el interior sólo pequeños pozos de 0,40 a 0,50 m; pero debido a la arena que obstruye continuamente el canal de salida, no había sido posible mantener un escurrimiento continuo que permitiese una medida del agua. Sin embargo, tuve ocasión de recorrerla en 300 m i en el interior pude constatar algunas corrientes de agua que me hacen tener pleno convencimiento que dará un gasto no menor a 2 litros».

4). *Galería San Lucas*

Esta galería, también obstruida por la arena, podía ser visitada por una de las lumbreras. Las condiciones geológicas son las mismas que las de Puquio Nuñez.

La temperatura del agua es de 25 $\frac{3}{4}$ °C. De la extensión de las chacras, antiguamente regadas por esta galería, i que miden $1\frac{1}{2}$ ha, deduce el señor Mena un gasto de la galería de $1\frac{1}{2}$ litro por segundo.

5). *Galería de Azorza*

Es la más alta i la más cercana a Matilla. Está enteramente aterrada con arena, de modo que tampoco el señor Mena la pudo limpiar i estudiar. De la extensión de las antiguas chacras calcula que habría producido alrededor de 2 litros de agua por segundo.

6). *Restos de galerías situadas al oeste del camino de Matilla a Puquio Núñez*

Estos restos se encuentran en la quebrada seca, en cuya parte superior se ha ejecutado el primer sondaje a mano. Se hallan en la falda llana de esta quebrada, al pié de una loma, en la cual el suelo está cubierto por numerosas piedras de liparita, lo que hace suponer la existencia de liparita a poca profundidad. Aunque hoy día no se vé nada mas que la existencia de antiguas galerías, esta observacion prueba que tambien en esta parte se halla agua subterránea.

D). LA GALERÍA DE LA CALERA

La pequeña chacra de La Calera está situada a unos 15 Km al norte de Matilla; se halla en la pendiente occidental de la gran formacion de piedmont que descende a la Pampa del Tamarugal. La pequeña galería está hecha en las areniscas que componen la formacion de piedmont. En las cercanías de la galería, estas areniscas se caracterizan por una estratificacion diagonal mui pronunciada. Ademas contienen capas irregulares formadas por precipitacion de SiO_2 .

El agua tiene una temperatura de 32°C i un gasto de 0,893 litros por segundo. Es bastante salobre. El cuidador contó que habia, fuera de una vertiente de agua caliente, otra de agua fria. Pero no me fué posible reconocer estas dos diferentes clases de agua.

Un poco abajo de la actual chacra, se notan restos de otras chacras regadas, lo que indica que ántes habia mas agua en esta rejion.

E). LOS TRES SONDAJES EJECUTADOS EN LA REJION DE PICA

1). *El sondaje a mano ejecutado al sur del Valle*

Este sondaje es el primero que se ha ejecutado; se halla en la parte superior de la quebrada seca situada al sur del Valle de Chintaguay, i a 2,6 Km al S. E. de las vertientes principales de Chintaguay. El sondaje llegó a una profundidad total de 54,23 m. Las capas perforadas consistian en arenas oscuras, a veces un poco cimentadas. En una profundidad de 51 m se encontró una corriente de agua termal de 30° . A 54 m se llegó a una capa de rodados liparíticos i debajo de éstos a la liparita misma, la cual no pudo ser perforada con la máquina de mano.

La importancia del sondaje consiste en comprobar la gran estension que tiene la corriente de agua termal en las afueras de Pica.

2). *El sondaje a mano ejecutado en Puquio Núñez*

El punto de sondaje está situado a 550 m de distancia al norte de la boca del socavon Núñez; se halla al pié oriental de la pequeña loma en la cual están hechas las galerías de esa rejion. Con un avance diario de 2,50 m, el sondaje alcanzó una profundidad de 52,20 m. Las capas perforadas consistian en arenas blandas, a veces un poco cimentadas. Poco ántes de llegar a la liparita, se perforó una capa de arcilla roja. A 51 m de profundidad se alcanzó la liparita.

El sondaje encontró dos capas distintas con agua. La capa superior se hallaba a 11,60 m de profundidad con una temperatura de 24°C. Corresponderá a las capas de agua encontradas en las galerías de esa rejion. La segunda capa tenia mayor cantidad de agua, la que subió hasta una distancia de 11,30 m, desde la superficie; tenia una temperatura de 29°. Esta última capa de agua se encontraba directamente encima de la liparita

3). *El sondaje grande al pié del Salto de Chintaguay*

Los dos sondajes a mano que han comprobado la gran estension que tiene el agua subterránea en el subsuelo de Pica, fueron ejecutados con el propósito de conocer la profundidad que tiene la liparita en los dos puntos que podian ser considerados como apropiados para hacer en ellos el gran sondaje con motor a vapor. Pero como en los dos puntos la liparita se hallaba a gran hondura i como el poder de la máquina grande no era considerable, se eligió para el sondaje a gran profundidad un punto en la profunda quebrada situada valle abajo del Salto de Chintaguay. La gran ventaja de este punto consistia, en que se ahorraba así la perforacion de 50 m de capas modernas superpuestas a la liparita i se evitaba ademas la perforacion de 15 m formados por esta capa mui dura i de otros 50 m de capas inferiores a la liparita; en total se ahorraba la perforacion de unos 115 m, los que hubieran debido ser perforados en los otros dos puntos, ántes de llegar a la misma capa que, en el punto elegido, aflora en el fondo del valle.

LAS CAPAS DE AGUA SUBTERRÁNEA ENCONTRADAS EN EL SONDAJE GRANDE

Son cuatro las diferentes corrientes de agua subterránea encontradas en el sondaje grande, pero la mayor parte de estas corrientes de agua deben ser consideradas como secundarias, formadas por filtraciones que provienen de la corriente principal, que no ha sido alcanzada por el sondaje.

Debe ser considerada como secundaria la primera capa, que contenia mui poca agua i que se encontró a 43 m de profundidad. La temperatura

del agua era mui baja, sólo de 19º, de modo que debe ser considerada como agua fria. El oríjen de esta agua debe buscarse en pequeñas vertientes que han subido de mayor profundidad, pero que a causa de su escasa presión i de su pequeña cantidad no llegaron a la superficie, sino que siguieron a una capa permeable.

El segundo horizonte de agua se encontró a 64 m de profundidad, pero aquí se trataba de agua termal de 30 a 34º. La cantidad del agua era mucho mayor que la anterior i su nivel se hallaba siempre alrededor de los 40 m.

El tercer horizonte de agua fue encontrado a 160 m con una temperatura de 37º. El agua era salada con 3,2289 g de sales por litro i, de consiguiente, inservible como agua potable. Según el señor Dr. Felsch (1) se podia observar un olor a hidrójeno sulfurado. La cantidad de agua fué determinada en presencia del caballero mencionado sacando lo mas rápidamente posible el agua por medio de la cuchara. No era posible bajar el nivel a mas de 66 m de profundidad. El acceso de agua a esta profundidad fué determinado por el señor Felsch como correspondiente a 1,07 litros por segundo.

Entre 172 i 183 m de profundidad se encontró la cuarta capa de agua subterránea.

Cuando el sondaje habia llegado a una profundidad de 160 m, se colocaron los tubos hasta el pié del pozo i despues se siguió el sondaje hasta 172 m. A causa de los derrumbes que se producian a esta profundidad, los tubos fueron bajados hasta 169,50 m. Despues del entubamiento el nivel del agua caia paulatinamente de 40 a 53 m. Pero desde este momento el agua empezó a subir lentamente, como se ve en la lista siguiente:

| | |
|-----------------------------------|---------|
| Nivel del agua el 6 de Julio..... | 57,00 m |
| » » » 7 » | 49,00 » |
| » » » 8 » 10h A. M..... | 33,50 » |
| » » » 8 » 3h P. M..... | 26,59 » |
| » » » 9 » 8h A. M..... | 12,00 » |

Despues de haber avanzado con el sondaje hasta una profundidad de 183 m, el agua rebalsó del pozo con un gasto de 4 litros por minuto.

La temperatura elevada de 38 a 40½º, indica, lo mismo que la mayor presión, que el sondaje encontró una cuarta corriente de agua subterránea. Esta corriente consiste en *agua dulce*, i por esto tambien se distingue de las capas superiores. En el informe presentado por el señor Felsch no se menciona esta corriente, porque fué encontrada despues de su visita. Tam-

(1) J. Felsch.—Informe sobre el reconocimiento jeológico de los indicios de petróleo en la provincia de Tarapacá.—*Boletín Sociedad Nacional de Minería*, 1917.

poco supo que se tratara de agua dulce i no de salada. Esto se averiguó mucho mas tarde, porque el agua salada contenida en el pozo demoró mucho tiempo en ser sustituida por el agua dulce.

A los 265 m de profundidad el sondaje tuvo que paralizarse a causa del mal estado de la máquina, motivo por el cual tambien el avance de los trabajos de sondaje fué mui lento. Ademas la potencia de la máquina era sólo para 200 m de profundidad.

Los resultados del sondaje son mui satisfactorios, porque se encontró primero una corriente de agua dulce, i ademas esta corriente tiene presion suficiente para que rebalse el agua en la superficie. Es sensible que el trabajo tuviera que suspenderse al llegar a esta corriente, pues a mayor profundidad probablemente se hallarían otras corrientes subterráneas mas potentes.

B. LAS VERTIENTES DE LA CORDILLERA SITUADA AL ORIENTE DE PICA

(Plano N.º 1. Perfiles A-C)

1). *La vertiente de Sagasca*

Sagasca es un establecimiento de cobre situado en la quebrada del mismo nombre, la cual desemboca al norte de Pica en la gran quebrada de Tambillo. Al oriente de la faja de rocas porfíricas, la capa de liparita i los estratos de conglomerados que la acompañan, descienden en forma de flexura hácia el fondo de la quebrada para tomar luego mas hácia el oriente su manteo normal hácia el occidente. El agua subterránea que se halla en estas capas de conglomerados subyacentes a la liparita, se estanca delante del cordón de capas mesozóicas i se ve obligada a salir a la superficie en la vertiente de Sagasca. El agua sale de grietas que atraviesan la liparita en el punto donde esta capa se levanta del suelo el valle para subir despues en forma de flexura i apoyarse en las rocas fundamentales.

La temperatura del agua es de 23°C i el agua debe ser considerada como termal. El gasto de la vertiente lo estimé en unos 5 litros por segundo. Segun las condiciones jeológicas, la vertiente de Sagasca es idéntica a las de Pica.

2). *Las vertientes de la rejion de Mamiña*

Todas las vertientes de esta rejion se caracterizan por su contenido en hidrógeno sulfurado, el que se nota por su olor fuerte. En Mamiña nos encontramos en el límite oriental de las arenas i conglomerados de la formacion liparítica; estas capas se apoyan allí en los estratos de la formacion porfírica.

Las vertientes principales de Mamiña salen de grietas situadas en los conglomerados, pero la porfirita debe hallarse a poca profundidad, porque aparece en el fondo del valle. En esta última parte el agua termal brota parcialmente de las grietas que atraviesan la porfirita. La temperatura de las vertientes principales de Mamiña es de 52 a 53°C, mientras que en las vertientes pequeñas es mucho más baja, de 18 a 38°. Todas estas vertientes comprueban por su olor a H²S, que tienen el mismo origen; la diferencia de la temperatura se debe a que el agua de las pequeñas vertientes al ascender se ha enfriado mucho más que la de las vertientes grandes.

Más al sur se hallan las vertientes termales de Macaya que producen la misma clase de agua con hidrógeno sulfurado. El agua sale de grietas que atraviesan rocas dioríticas; tiene una temperatura de 36°C.

El origen de estas vertientes, que salen de las rocas porfíricas y aun de rocas dioríticas, como en Macaya, es enteramente distinto del de las vertientes de Pica y Sagasca, como lo comprueba también el contenido en hidrógeno sulfurado. Debemos considerar las termas de la región de Mamiña como aguas minerales que provienen de algún macizo de magna ígnea situado a gran profundidad. No pertenecen a una gran corriente de agua subterránea como las vertientes de la región de Pica.

3). *Las vertientes de la región del Salar del Huasco*

En la orilla occidental del Salar del Huasco brota una gran cantidad de vertientes que se caracterizan por contener agua dulce de temperatura elevada, en comparación con la temperatura media del año que reina en esas alturas de 3760 m. No estaremos muy equivocados si suponemos que a esta altura la temperatura media anual es de 10°C y por consiguiente, al tener el agua de las vertientes una temperatura más elevada, deberemos considerarla como agua termal.

En lo que se refiere a las condiciones geológicas del Salar del Huasco, repetimos que las capas de liparitas y de tobas liparíticas que forman los Altos de Pica, descienden con una flexura hacia el valle longitudinal en el cual se halla el salar; pero en la región situada al occidente del salar mismo, parece que la flexura se ha transformado en una falla.

A una altura de unos 3 a 8 m encima del nivel del salar brotan, de los escombros de falda que cubren las liparitas, las numerosas vertientes, de las cuales algunas pueden tener un gasto hasta de 20 litros por segundo. El agua subterránea parece haber encontrado su camino hacia la superficie en las grietas que acompañan la falla o en esta misma. La temperatura del agua de estas vertientes varía entre 10° para las más pequeñas, y de 15° para las grandes. El agua de las vertientes es enteramente dulce.

Se trata por consiguiente de agua termal, y las vertientes deben provenir

de cierta profundidad. Además, el nivel bastante alto indica que estas vertientes no pueden provenir de las pérdidas por filtración, que hacen desaparecer al estero Collacagua ántes de llegar al salar.

4). *Las vertientes de la rejion de Collacagua*

Las casas de Collacagua están situadas unos 25 Km valle arriba del Salar del Huasco, en la rejion donde el valle cambia su direcccion E.-O. a la direcccion N.-S. En esta rejion tenemos que distinguir entre la formacion liparítica mas antigua, que ha sufrido dislocaciones tectónicas, especialmente un plegamiento, i las modernas tobas blancas de liparita.

Frente al establecimiento medio destruido de Collacagua brota una pequeña vertiente cuya agua tiene una temperatura de 24°C; sale de una pequeña grieta que se halla en las modernas tobas de liparita.

Mucho mas importante es la vertiente de Batéa, situada al sur de Collacagua. El agua sale en el límite entre las tobas modernas de liparita i la roca volcánica que forma el pequeño cerro de Batéa. Calculé la cantidad de agua en unos 10 litros por segundo, la temperatura es de 19°C.

Como las traquitas que componen tanto el Cerro de Batéa como la serranía que termina en el norte con el Cerro de Piga, son mas modernas que la formacion liparítica, las primeras deben haber perforado a esta última formacion o bien se hallan en forma de corrientes de lava encima de las liparitas. De consiguiente, la liparita antigua bien puede hallarse en el subsuelo o por lo ménos no se halla a gran distancia.

Un poco valle abajo de Collacagua, desemboca en el estero del mismo nombre, el estero de Chaquina. En la parte inferior de este valle se halla una pequeña vertiente con una temperatura de 11½°; el agua sale mui cerca de la falda del valle constituida por la formacion liparítica. La temperatura bastante baja indica una fuerte mezcla con agua fria, pero probablemente debemos considerar una parte del agua como termal.

Varios kilómetros mas valle arriba, se hallan vertientes en la vega del Valle Chaquina con temperaturas de solamente 9 i 10°, que por su temperatura baja deben tener su oríjen en una corriente de agua subterránea mui superficial; pertenecen a una corriente que pasa por el suelo del valle formado por los rodados del estero.

Un poco mas valle arriba de Collacagua, el estero principal recibe desde el norte al Estero de Chislaca. En esa rejion nos hallamos ya en medio de la gran altiplanicie formada por las tobas modernas de liparita. El agua brota en medio de la vega pantanosa i tiene temperaturas de 14° i 15°; se trata pues de agua termal. Las faldas del valle, en ese punto, están formadas por las tobas modernas de liparita, pero un poco mas al norte sale, por debajo de estas capas, un anticlinal formado por la formacion liparítica.

Como las liparitas antiguas bajan con poca inclinacion hácia el sur, éstas deben hallarse a poca profundidad debajo de las tobas modernas, de las cuales sale el agua.

5). *Las vertientes de la rejion de Piga*

Están situadas al oriente de Collacagua i de ellas proviene el Estero de Piga, nombre que lleva la parte superior del Estero de Collacagua. Allí nos encontramos ya en la parte central de la altiplanicie de 4,300 m de altura, cuyo suelo está formado por las tobas modernas de liparita. La mayor parte de las grandes vertientes de Piga brota en la parte inferior de la falda del valle. Las vertientes tienen una temperatura de 22° i, durante mi visita la mayor parte provenia de pequeños túneles que el agua tibia habia formado en la capa de nieve que cubria la parte inferior de la falda.

Las numerosas vertientes se reúnen en el estero de Piga. Se han hecho varios aforos de este estero, pero con resultados bastante distintos. Así, en el archivo de la Inspeccion de Hidráulica encontré un informe del señor *Camilo Edwards* quien da para el primer aforo un gasto de 166 i para el segundo uno de 157 litros por segundo. A la amabilidad del señor *P. Engel*, jereñte de la Casa Mannesmann, debo el conocimiento del resultado de un estudio hecho por el ingeniero de esta casa. Observó en el mes de Agosto un gasto de 137 litros por segundo. Otro aforo que encontré en el archivo de la Inspeccion citada habia llegado a 150 litros por segundo. Los cuatro aforos anteriores han dado resultados parecidos; varían entre 137 i 166 litros i como término medio dan un gasto de 152 litros por segundo. Esto hace probable que la observacion hecha por el señor *B. Fuenzalida* en Abril de 1913 i que dió solamente 98 litros por segundo, no sea exacta.

Tratándose de vertientes de agua termal, que jeneralmente tienen un gasto mui uniforme, como por ejemplo las de la rejion de Pica, es probable que las diferencias que se notan en los diferentes aforos no se deban tanto a una variabilidad del caudal del estero, como a inexactitud de las diferentes observaciones.

Segun lo espuesto en el párrafo que trata de la jeolojía, debemos esperar que debajo de las tobas modernas de liparita de esa rejion, se halle la formacion liparítica, i en este caso tambien el agua de Piga tiene su orijen en esta formacion, o mejor dicho, en capas permeables situadas debajo de ella.

Segun comunicacion de mi guia, vertientes parecidas a las de Piga existen tambien al oriente, al pié de unas lomas llamadas «Tres Cerritos», pero a causa de las grandes acumulaciones de nieve no me fué posible llegar hasta allá.

En el camino que conduce de Piga a Collacagua, se observan varias

pequeñas vertientes, especialmente en la angostura situada un poco al occidente de Piga. La temperatura elevada del agua (15°C) indica que se trata de agua termal i no de agua proveniente del derretimiento de la nieve.

C. LA QUÍMICA DEL AGUA DE LAS VERTIENTES

Antes de poder discutir el orijen que puede tener el agua termal de las diferentes vertientes, debemos describir la composicion química de estas aguas. Todos los ensayos químicos han sido ejecutados en el *Instituto de Higiene de Santiago*. Las muestras de agua fueron sacadas por mí mismo de las siguientes vertientes: Loreto, cocha i vertiente; Concova; Galería del Agua Potable de Matilla; Mamiña. La muestra del agua del sondaje grande fué traída por el señor *Felsch*. Las demas muestras fueron sacadas por comisiones enviadas por la Inspeccion de Hidráulica i los resultados de los ensayos fueron copiados por mí del archivo de esta Inspeccion. El análisis del agua de Piga fué ejecutado en el año de 1905 en el Instituto de Higiene; la noticia de este ensaye la debo al señor *P. Engel*.

Para facilitar la comparacion de las diferentes aguas, vamos a arreglar los análisis en cuatro grupos uniendo las aguas de composicion química parecida. Los grupos serán:

- 1). Aguas con mui pequeña cantidad de sales
- 2). Aguas de las galerías con mayor cantidad de sales
- 3). Aguas saladas
- 4). Agua sulfurada de Mamiña.

1). Aguas con mui pequeña cantidad de sales

| | Chintaguay | Concova | Pica |
|--|------------|----------|--------------|
| Resíduo seco a 180° | 0,305 | 0,246 | 0,200 |
| Pérdida por calcinacion..... | 0,025 | 0,036 | 0,050 |
| Cloro..... | 0,0396 | 0,0319 | 0,0085 |
| Potasa (K_2O)..... | | | } 0,0355 (1) |
| Soda (Na_2O)..... | | | |
| Magnesia (MgO)..... | ... | 0,0018 | 0,0086 |
| Cal (CaO)..... | ... | 0,040 | 0,0173 |
| Acido silícico (SiO_2)..... | ... | 0,031 | 0,0695 |
| Alúmina (Al_2O_3)..... | ... | 0,002 | ... |
| Nitratos en NO_3 | 0,00052 | indicios | no hai |
| Sulfatos en SO_3 | 0,0466 | 0,0446 | 0,014 |

(1) Espesados en cloruros.

2). *Aguas de las galerías con mayor cantidad de sales*

| | Agua potable Matilla | Galerías de Puquio Nuñez | | |
|--|-------------------------|--------------------------|---------|-----------|
| | | Núñez | Barreda | San Lucas |
| Residuo seco a 180°..... | 0,894 | 0,300 | 0,430 | 0,550 |
| Pérdida por calcinacion..... | 0,086 | 0,030 | 0,070 | 0,115 |
| Cloro..... | 0,0923 | 0,039 | 0,0532 | 0,0603 |
| Potasa (K ₂ O)..... | ... | i n d i c i o s | | |
| Soda (Na ₂ O)..... | ... | 0,146 | 0,2048 | 0,2297 |
| Magnesia (MgO)..... | 0,0093 | 0,0014 | 0,0018 | 0,0025 |
| Cal (CaO)..... | 0,090 | 0,0112 | 0,0162 | 0,019 |
| Acido silícico (SiO ₂)..... | 0,080 | 0,048 | 0,061 | 0,064 |
| Oxido férrico Fe ₂ O ₃ i alúmi- na Al ₂ O ₃ | 0,004 | 0,003 | 0,004 | 0,0035 |
| Nitratos en NO ₃ | 0,00083 | 0,0011 | ... | 0,0011 |
| Sulfatos en SO ₃ | 0,2046 | 0,046 | 0,0844 | 0,070 |

3). *Aguas saladas*

| | Loreto | | Sondaje grande |
|--|----------|-----------|----------------|
| | Cocha | Vertiente | 154 m de prof. |
| Residuo seco a 180°..... | 1,6228 | 1,5704 | 2,9058 |
| Pérdida por calcinacion..... | 0,0486 | 0,046 | 0,0800 |
| Cloro..... | 0,2307 | 0,2272 | 0,8484 |
| Soda (Na ₂ O)..... | ... | ... | 0,7362 |
| Magnesia (MgO)..... | indicios | indicios | indicios |
| Cal (CaO)..... | 0,3039 | 0,2974 | 0,5060 |
| Acido silícico (SiO ₂)..... | 0,0345 | 0,0317 | 0,0144 |
| Oxido férrico (Fe ₂ O ₃)..... | } 0,0003 | 0,0005 | 0,0051 |
| Alúmina (Al ₂ O ₃)..... | | | 0,0011 |
| Nitratos en NO ₃ | | No hai | |
| Sulfatos en SO ₃ | 0,6638 | 0,646 | 0,7146 |

4). *Agua sulfurada de Mamiña (1)*

| | |
|------------------------------|----------|
| Residuo seco a 180°..... | 0,560 |
| Pérdida por calcinacion..... | 0,052 |
| Cloro..... | 0,0106 |
| Magnesia (MgO)..... | indicios |
| Cal (CaO)..... | 0,037 |

(1) El porcentaje en H²S libre no ha sido determinado.

| | |
|--|----------|
| Acido silícico (SiO_2)..... | 0,060 |
| Oxido férrico (Fe_2O_3) i alúmina (Al_2O_3)..... | 0,003 |
| Nitratos en NO_2 | indicios |
| Sulfatos en SO_2 | 0,1856 |

En todos estos análisis hemos suprimido las cifras correspondientes a las impurezas de origen orgánico para no complicar la comparación de los grupos. Esta supresión se puede hacer, porque las cifras suprimidas, con raras escepciones, no llegan a ser inadmisibles en agua potable i porque además se trata de impurezas de origen secundario. Ya que todos los análisis se hicieron con la intención de comprobar la potabilidad o no potabilidad de las aguas, naturalmente se ha atribuido ménos importancia a sales de carácter inofensivo, las que para la composición química i para los fines jeológicos habrían tenido mayor importancia. Además estas listas tienen el inconveniente de que el análisis del agua de Piga fué hecho en el año de 1905 i que por consiguiente el procedimiento del ensaye ha sido un poco diferente de los demás análisis.

Comparando los tres análisis de la primera lista, se ve a la primera vista una gran semejanza; son aguas con mui pequeña lei en sales disueltas; en las tres muestras de agua el anhídrido sulfúrico prevalece al cloro; en el agua de Piga hai menor cantidad de CaO que de Na_2O i K_2O juntos, mientras para el agua de las dos vertientes de Pica no se ha determinado la lei en soda i potasa. En un antiguo ensaye ejecutado por J. J. Wishart, en Lóndres, cuyo resultado fué publicado por el señor Billinghamst (1), en la vertiente del Resbaladero, situada cerca de la Concova, prevalece la cal a la soda; podemos suponer que la relación será igual en el agua de la Concova.

Los cuerpos hasta ahora mencionados se hallan en menor cantidad en el agua de Piga que en las aguas de la rejion de Pica, lo que se debe al menor porcentaje en sales disueltas en las vertientes de Piga. Llama la atención que esta misma agua tiene una lei mucho mas elevada en MgO i SiO_2 que las vertientes de Pica. Pero en vista de las pequeñas cantidades de que se trata, estas diferencias no pueden ser consideradas como mui importantes.

Las tres aguas pertenecen a vertientes grandes que provienen directamente de gran profundidad i podemos suponer que nos muestran la composición química casi exacta de la corriente subterránea que las alimenta. Como resultado mas importante, deducimos que el agua de las vertientes de Piga, situada a 80 Km de distancia de Pica i a mas de 4,000 m de altura, tiene una composición química mui parecida a la de las aguas que brotan en las vertientes de este último pueblo.

(1) G. Billinghamst.—El abastecimiento de Agua Potable del Puerto de Iquique. Iquique, 1887, p. 150.

La segunda lista contiene los resultados de los ensayos de aguas provenientes de varias galerías que están situadas en Pica i Puquio Núñez. También en esta lista prevalece el anhídrido sulfúrico sobre el cloro, pero la soda prevalece sobre la cal. Además todas estas aguas tienen un porcentaje más elevado de sales que las aguas de la primera lista. Estas diferencias no pueden sorprender, porque en estas galerías se han captado aguas termales que, después de haber subido de gran profundidad, se han visto obligadas a pasar por mayor o menor distancia como agua de filtración al través de las arenas superficiales cargadas de sustancias salinas.

La tercera lista contiene los análisis de dos aguas muy saladas. La primera columna se refiere a una muestra de agua sacada de la cocha del Loreto, en la cual se han reunido todas las aguas de la galería, mientras la segunda columna se refiere solamente a la vertiente principal de 35°C. En las aguas de esta lista no se puede tratar de sales disueltas secundariamente, ya que la vertiente encontrada dentro de la galería del Loreto proviene de una grieta en la cual el agua debe haber subido con bastante rapidez, ya que su temperatura elevada indica que no ha habido ningún enfriamiento fuerte en comparación con las grandes vertientes de Pica. Tampoco la corriente subterránea cortada a 160 m de profundidad por el sondaje en el Salto de Chintaguay, ha estado en contacto con capas superficiales ricas en sales.

En estas aguas es distinta la relación entre el cloro i el anhídrido sulfúrico, como también la relación entre la cal i la soda.

El agua del Loreto debe ser considerada como proveniente de una corriente subterránea de agua salada i esta misma o más probablemente otra corriente de agua salada ha sido encontrada por el sondaje grande.

En todas estas aguas llama la atención la poca importancia que la potasa tiene entre las sales. Esta ausencia es tanto más notable, cuanto que en la falda occidental de los Andes de Pica abundan las liparitas i tobas liparíticas, que en término medio contienen 5% de K_2O . Se explica este fenómeno de la ausencia de la potasa en las aguas subterráneas por la suposición de que las corrientes de agua subterránea se mueven especialmente en los rodados del valle terciario que pasaba por la región de los Altos de Pica. Estos rodados no contienen piedras de liparita porque se han depositado anteriormente a las erupciones liparíticas.

D. LAS CORRIENTES DE AGUA SUBTERRÁNEA EN LA REGIÓN DE PICA I EL ORIGEN DE LAS VERTIENTES DE ESA REGIÓN

1). *Agua juvenil i vadosa*

Con excepción de las vertientes azufradas de la región de Mamiña que tienen un origen especial, podemos distinguir dos grandes regiones en las cuales abundan vertientes de agua termal que son: la región andina, i el

pié de los Andes en la rejion de Pica. La estensa faldá de la Cordillera que descíende hácia la Pampa del Tamarugal, carece de vertientes termales.

Como caracteres comunes de todas estas vertientes diremos que las aguas atraviesan la formacion liparítica, tienen temperatura elevada i composicion química mui semejante.

La cuestion mas importante que hai que decidir es, si el agua de estas vertientes es de orijen volcánico o si proviene de una gran corriente subterránea. Siendo de orijen volcánico, el agua proviene de algun magma ígneo situado a gran profundidad i sube en grietas a la superficie. Se comprende que en tal caso, un sondaje debe dar con tal grieta para obtener el resultado deseado. En este caso seria mui difícil o imposible indicar el punto apropiado para el sondaje. Miéntas que, si las vertientes deben su orijen a una gran corriente de agua subterránea, el sondaje, para obtener una gran cantidad de agua, debe llegar solamente hasta la profundidad que tiene esta corriente. En este último caso, como se trataria de una corriente de gran estension horizontal, seria mucho mas fácil la tarea de indicar un punto adecuado para el sondaje.

Atendiendo a su procedencia, las dos clases de agua que acabamos de mencionar, se clasifican segun el gran sabio de Viena, *Eduardo Suess* en: *aguas juveniles*, si provienen del enfriamiento de un magma ígneo situado a gran profundidad i en el caso de que las aguas lleguen por primera vez a la superficie de la tierra. Miéntas que se llaman *vadosas* aquellas que se deben a infiltraciones del agua de las lluvias i que despues de un recorrido de mayor o menor estension como corrientes de agua subterránea, vuelven a la superficie en forma de vertientes.

No es fácil la distincion de las dos clases de aguas, especialmente debido a que la mayor parte de las aguas juveniles se mezclan con aguas vadosas ántes de llegar a la superficie de la tierra.

En jeneral las vertientes de agua juvenil son caracterizadas por su elevada temperatura; pero esta elevada temperatura no constituye de ningun modo un indicio infalible. Así las famosas vertientes de Marienbad en Bohemia o de Kreuznach en Alemania producen agua fria, i, sin embargo son de orijen juvenil (1). Por el otro lado las termas de Baden en Suiza con 48° son vadosas. Tambien en Estados Unidos (North Dakota) se conoce una estensa corriente de agua subterránea artesiana con temperaturas de 32°C. En esa rejion se han ejecutado innumerables sondajes que producen una enorme cantidad de agua que se aprovecha en la irrigacion de los campos. En las corrientes de agua subterránea la temperatura elevada se debe al aumento progresivo de la temperatura que se observa en mayores profundidades de la tierra.

(1) Delkeskamp.—Bedeutung der Geologie für die Balneologie. Zeitschr. f. prakt. Geologie. 1904, p. 202-09.

En un trabajo mas moderno, el mismo sabio *Delkeskamp* (1) indica como características de aguas juveniles la falta de cambios en la composición química del agua i un gasto constante de las vertientes en las que no influyen los períodos secos i lluviosos. En cuanto al primer punto nos faltan las observaciones exactas, ya que son necesarias largas series de observaciones químicas.

Las aguas termales de Pica parecen ser mui constantes en su producción. La estension de las chacras regadas parece no haber cambiado desde la época de los españoles, como me comunicó el cura señor *Friedrich* quien se fundó en el estudio de las antiguas crónicas.

Pero una corriente fuerte de agua artesiana, que proviene de una distancia mui grande no puede mostrar grandes cambios en la cantidad de agua, porque las diferencias desaparecen en el largo trayecto que recorre el agua con una mui escasa velocidad. Así, en las aguas vadosas de Baden en Suiza, los cambios de la cantidad de las lluvias se notan en las vertientes con un atraso de $1\frac{1}{2}$ a 2 años. Tanto tiempo necesita el agua para llegar desde la rejion de infiltración hasta la vertiente.

El señor *Keilhack* (2), en su obra fundamental sobre el agua subterránea escribe: «Con el mayor tiempo que necesita una gota de agua para llegar desde la rejion de infiltración hasta la vertiente, disminuye la variabilidad del gasto de esta vertiente». En Alemania, en una vertiente que proviene de una corriente de agua situada debajo de una capa de 200 m de estratos diluviales, se han observado solamente cambios en el gasto de 5 a 10%. En vista de esto se comprende que, a causa de la falta de medidas exactas i repetidas, hasta ahora no se conocen cambios en el gasto de las vertientes de Pica las que, segun veremos mas abajo, están en comunicacion con las vertientes de Piga, situadas a 80 Km de distancia. A lo ménos parece poco probable que variaciones del gasto de 5% se noten en el riego de las chacras.

Otra característica mui importante de muchas vertientes con agua juvenil, falta absolutamente en las vertientes tanto de la rejion de Pica como en las de la alta cordillera: son los gases como CO_2 o H_2S . Solamente las termas de Mamiña que provienen directamente de las capas mesozóicas i de dioritas, son caracterizadas por su fuerte olor a hidrógeno sulfurado. Pero estas termas no tienen ninguna relacion con las vertientes de Pica i Piga.

El H_2S , observado por el señor *Felsch* en el sondaje grande ejecutado al pié del Salto de Chintaguay, no necesita ser de oríjen juvenil, porque este gas, en pequeñas cantidades mezclado con el agua, jeneralmente es explicado por procesos de descomposición de restos orgánicos, que ejercen

(1) *Delkeskamp*.—Fortschritte auf dem Gebiete der Erforschung der Mineralquellen. ibidem. 1908, p. 437.

(2) *Keilhack*.—Grundwasser- und Quellenkunde. Berlin, 1912, p. 349.

una fuerza reductora en los sulfatos contenidos en el agua. Restos orgánicos, especialmente vegetales no son raros en las areniscas subyacentes a la capa de liparita.

Ademas deduce el señor *Felsch* el orijen juvenil del agua encontrada en el sondaje, de la fuerte lei en sales disueltas. Tal deduccion me parece equivocada, ya que se trata de sales que abundan en los suelos de esta rejion de desierto, i que junto con las infiltraciones de las lluvias que caen en mayor altura, pueden llegar a las corrientes de agua subterránea. Ademas, la corriente de agua dulce encontrada en mayor profundidad, indica que el sondaje descubrió varias corrientes de agua subterránea superpuestas una a la otra; por consiguiente, la existencia de agua juvenil en una de las superiores de estas corrientes parece poco probable.

2). *Segun las condiciones jeológicas, las vertientes de Pica provienen de una gran corriente de agua subterránea*

De la esposicion hecha en el capítulo anterior se deduce que ni la composicion química ni los caracteres físicos nos permiten decidir la cuestion de si se trata de agua juvenil o de agua vadosa en las vertientes de Pica. A un resultado mucho mejor conduce el estudio jeológico de la rejion de Pica.

Vertientes de agua juvenil se hallan con preferencia en rejiones volcánicas o en aquellas en las que una actividad volcánica ha existido en los últimos períodos jeológicos como por ejemplo el terciario o cuaternario. En Pica no faltan capas modernas de orijen volcánico, como las capas i tobas liparíticas. Pero en la primera parte de este informe hemos visto que estas corrientes de lava deben haber provenido de la rejion de la alta cordillera o aun de la frontera misma. Por consiguiente, no podemos considerar los alrededores de Pica como una rejion volcánica, rica en vertientes de agua juvenil.

Por otro lado todas las condiciones jeológicas son favorables para la existencia de una gran corriente de agua subterránea que desciende de los Altos de Pica i que probablemente desaparece al fin en las capas permeables que forman el subsuelo de la Pampa del Tamarugal.

Tanto al pié del Salto de Chintaguay, como en la Quebrada de Sagasca se observan gruesas capas de conglomerados intercalados a la formacion liparítica. El sondaje grande ha perforado varios centenares de metros de areniscas i conglomerados con intercalaciones de tobas i corrientes de liparita, i ha encontrado en estas capas permeables diferentes corrientes de agua subterránea. En el párrafo I. B. 2, hemos visto que anteriormente a las erupciones liparíticas existia un ancho valle que pasaba por la rejion de los Altos de Pica. En este valle, escavado por la fuerza erosiva de un gran

rio, el mismo rio debe haber depositado gruesas capas de rodados, que son muy apropiados para conducir el agua de una gran corriente subterránea. Hacia arriba esta capa de agua está cerrada por la formacion liparítica. En los conglomerados superiores encerrados en estas liparitas, se han formado corrientes secundarias de agua por filtraciones que se producen desde la corriente inferior principal. Estas corrientes secundarias fueron descubiertas por el sondaje grande. Como las capas de liparita alcanzan una altura de 4,000 m en los Altos de Pica, se puede explicar tambien la presion grande con que sale el agua en las vertientes de Pica situadas en alturas de solamente 1,300 a 1,400 m.

Con esta explicacion, las vertientes que se hallan al oeste del Salar del Huasco, tienen una gran importancia, porque debemos buscar su origen en la misma corriente de agua subterránea que mas al oeste alimenta las vertientes de Pica. Las vertientes del Salar del Huasco comprueban que ya en esta rejion existe cierta presion del agua subterránea i que el agua tiene temperatura elevada. Además, comprueban que no podemos buscar el origen del agua de las vertientes de Pica en filtraciones desde el fondo del Salar donde se podrian esperar capas con agua dulce proveniente de las filtraciones del Estero de Collacagua.

Pero si de este modo hemos podido seguir a la gran corriente de agua subterránea hasta la alta cordillera, allá perdimos enteramente las huellas del antiguo valle terciario a causa de las grandes acumulaciones de rocas volcánicas mas modernas. Solamente podemos seguir a las liparitas hasta las cercanías de las vertientes de Piga i vemos estas capas siempre acompañadas de vertientes de agua termal.

Se ha visto tambien que la composicion química del agua de Piga es muy parecida a la del agua de Pica, indicio que habla en favor de una relacion íntima entre las dos vertientes. En Piga, donde nos encontramos en medio de una rejion de volcanismo activísimo, hoi estinguido, vuelve a surgir la cuestion de si estas vertientes son de origen volcánico o si se deben a una gran corriente de agua artesiana, proveniente de filtraciones de aguas de lluvias. En el caso de que las vertientes de Piga fueran de origen vadoso, por la gran altura de la rejion de Piga, aproximadamente de 4,200 m, seria difícil explicar la existencia de una presion suficiente para hacer subir el agua hasta la superficie. En vista de los escasos conocimientos sobre la composicion jeológica de las sierras mas orientales, donde podrian producirse las filtraciones en alturas mayores a 4,200 m, seria mas propio suponer por el momento un origen volcánico del agua de Piga, aunque tengo la idea de que se trata tambien en Piga de agua vadosa. Aceptando un origen volcánico, es evidente que fuera del agua que sale a la superficie por las vertientes de esta rejion, debe infiltrarse una gran parte de ella en las capas permeables subyacentes a la formacion liparítica. Allá debe mezclarse con otras aguas

vadosas provenientes de filtraciones de agua de lluvias i seguir como corriente subterránea hácia el oeste.

En la rejion del Salar del Huasco cuya altura es de 3,760 m, la presion hidráulica es suficiente para hacer subir el agua en forma de vertientes. La existencia de estas vertientes es fácil de explicar, ya que la corriente de agua subterránea tiene que subir hácia el occidente, a causa de la flexura con que la liparita se levanta desde el valle del salar para formar los Altos de Pica. Así se produce una especie de estancamiento del agua que a causa de la fuerte presion busca una salida hácia la superficie. Es interesante observar que las vertientes se hallan solamente en la orilla del salar, donde la flexura se ha trasformado en una falla; mas al norte donde la flexura no ha sido rota, no existen vertientes.

Como deducciones de este párrafo tenemos: 1). Las vertientes de Pica deben su existencia a una estensa corriente de agua subterránea que pasa por los rodados de un gran valle terciario; 2). Están en íntima relacion con las vertientes de la alta cordillera, especialmente con las de Piga.

3). *Motivos por los cuales las vertientes están limitadas a la rejion de Pica*

(Plano N.º 2, perfiles D-F)

Con la esplicacion dada en el párrafo anterior, podemos comprender ahora por qué las vertientes están limitadas a la rejion de Pica, basándonos para ello en el Plano N.º II, que contiene tres perfiles lonjitudinales trazados por los Altos de Pica i por su falda occidental. En los perfiles *D* i *E* vemos que hai una pequeña inclinacion de la formacion liparítica i de los conglomerados subyacentes hácia la parte central del perfil. Naturalmente la corriente subterránea va a buscar el nivel mas bajo i seguirá por la parte central.

Al pié de la falda, donde el agua artesiana desaparece debajo de las arenas modernas de la Pampa de Tamarugal, hai ciertos disturbios tectónicos, como flexuras, que han dado origen a grietas por las cuales esta agua sube a la superficie. Pero el hecho de que sólo encontremos vertientes en la rejion de Pica, se debe a dos factores: En primer lugar, la parte mas baja (compárese el perfil *F*) de la formacion liparítica pasa por la rejion de Pica. Mas importante es el hecho de que solamente en esta rejion, entre el Cerro Longacho i Puquio Núñez, la erosion ha llegado a tal profundidad que la liparita sale a la superficie.

Mas al norte, desde el Cerro Longacho hasta la Quebrada de Tambillo, la liparita está cubierta por gruesas capas de la formacion de piedmont, que a causa de su permeabilidad no dejan subir el agua hasta la superficie, porque el agua se infiltra en estas areniscas i conglomerados i sigue en ellos

hacia abajo, hacia el poniente. El agua termal de La Calera comprueba que tambien en esa rejion existe agua artesiana en gran profundidad.

La ausencia de vertientes en la Quebrada de Tambillo se explica por el cordon de rocas fundamentales del Cerro Juan de Morales, la prolongacion del cual pasa por la rejion del Establecimiento de Sagasca i subterráneamente se estenderá aún mas hacia el sur. Por esto la corriente de agua subterránea, a la cual pertenece la vertiente de Sagasca i que desciende desde el oriente, se desvia tambien hacia el sur.

Mas al sur, el Cerro Longacho ejerce una influencia parecida a la del cordon de Juan de Morales; la parte de la corriente de agua subterránea que está situada al Este del Cerro Longacho, se desvia tambien hacia el sur, es decir a la rejion de Pica i Puquio Núñez.

No sabemos si en realidad el cordon del Cerro Longacho desaparece en la rejion del Valle de Chintaguay, como está dibujado en el perfil *F*, i si allí la corriente subterránea tiene salida libre hacia la Pampa del Tamarugal. Seria posible que este cordon formado por rocas fundamentales siga subterráneamente hasta la Loma de Puquio Núñez i obligue de este modo a la corriente subterránea a seguir por su falda oriental hasta mas allá de esta loma. En este último caso la mayor cantidad del agua tomara este camino i desembocaria en la rejion de la Quebrada de Chacarilla, mientras el resto descenderia entre el Cerro Longacho i la Quebrada de Tambillo hacia la Pampa del Tamarugal.

E. TRABAJOS PARA CAPTAR I APROVECHAR EL AGUA SUBTERRANEA

Para captar el agua subterránea que segun hemos visto, ocupa una gran estension del subsuelo de la rejion de Pica, podemos valernos de dos procedimientos: de sondajes o de galerías subterráneas.

1). *Captacion por medio de sondajes a gran profundidad*

Los dos sondajes de 50 m de profundidad, ejecutados a mano como trabajos de exploracion, alcanzaron hasta la liparita i encontraron agua encima de esta capa. Estas aguas pertenecen a pequeñas corrientes secundarias que se han formado por filtraciones producidas desde la corriente mas profunda. Los dos sondajes a mano han comprobado la imposibilidad de captar agua surjente en pequeña hondura, lo que podia presumirse de antemano por la falta de presion suficiente de estas corrientes superficiales.

De consiguiente quedaba solamente un sondaje a gran profundidad, que debia llegar hasta la corriente principal. El punto de sondaje debia ser elegido de tal modo que no habia que temer perjuicios a las vertientes natu-

rales ni a las galerías de agua ya explotadas. Por esta razón, no se podía tomar ningún punto cercano a las vertientes de Pica, si tal punto al mismo tiempo estaba situado a un nivel mucho más bajo.

Dos puntos en los que no había que temer influencia perjudicial a las vertientes de agua eran: el que corresponde al primer sondaje a mano, situado al sur del valle de Chintaguay i un punto situado en la profunda quebrada que se halla valle abajo del Salto de Chintaguay. El primer punto se halla a 51 m encima de las vertientes principales de Chintaguay i a 65 m debajo de la vertiente más alta de Pica (Concova). Dada la distancia de este punto de 6,5 Km de la Concova, i su nivel un poco más bajo, no existe gran peligro para la vertiente; pero este punto tiene el inconveniente de que la capa de liparita se encuentra allí a 54 m debajo de la superficie, de modo que debían perforarse estos 54 m, i además otros 60 m que comprenden la liparita i las capas subyacentes que se hallan encima del fondo de la quebrada al pié del Salto. En vista del escaso poder de la máquina de perforación de que se disponía, se eliminó este punto i se propuso el sondaje en el otro punto situado al pié del Salto.

Las ventajas de este punto son las siguientes: se halla a una altura mayor en 10 m que la que corresponde a la vertiente de Concova, de modo que no se perjudica a esta vertiente, o si se notare una pequeña disminución del gasto, puede ser fácilmente subsanada por una cañería tendida hacia las chacras regadas por la Concova. Pero como la mayor altura no es excesiva se puede esperar que el agua artesiana rebalsará del sondaje. Como ventaja más grande hai que considerar el ahorro de perforar 110 m en comparación con un sondaje hecho en la región del primer sondaje a mano.

Nada se podía saber de antemano sobre la profundidad en que se halla la gran corriente de agua subterránea; pero la circunstancia de que el sondaje grande ha encontrado agua dulce i surjente a la superficie en una profundidad de 180 a 265 m, comprueba que la capa principal de agua no puede estar muy distante del término del sondaje, i que un sondaje de 500 m será suficiente para dar con el agua.

Según me comunicó el maestro de sondajes, señor *Niemann*, la presión de la corriente más profunda que se encontró, era muy grande; pues él había colocado encima de la boca del pozo entubado más de 10 m de tubos i el agua rebalsaba por ellos sin que se notara disminución alguna del gasto.

EL PUNTO DE SONDAJE PARA LA NUEVA MÁQUINA

Cuando se decidió la ejecución de un sondaje a gran profundidad, tuve que indicar el punto cuando ya me encontraba en Santiago. Según me comunicó el señor *Felsch*, el punto donde se trabajó con la máquina *Keystone*, no corresponde exactamente al punto elegido por mí. Según el señor *Felsch*

el sondaje se halla dentro de las capas inclinadas hácia el oeste, miéntras sería preferible hacerlo dentro de las capas horizontales, porque en tal caso la perforacion perpendicular a la estratificacion tendria que atravesar un menor espesor, ya que las capas inclinadas son cortadas oblicuamente. Por esto sería preferible colocar la nueva máquina mas hácia valle arriba. El mejor punto estaria situado directamente al pié del Salto, porque allá las capas suben un poco hácia el occidente en el ala oriental del anticlinal. Pero si por lo accidentado del terreno no fuera posible llevar la máquina hasta allá, siempre convendria llevarla unos cien metros mas valle arriba, donde el sondaje se encontraria dentro de capas horizontales.

2). *Captacion por medio de galerías subterráneas*

La captacion del agua por medio de sondajes a gran profundidad, debe ser considerada como la clase mas apropiada de trabajo, porque se sacaria el agua directamente de la corriente situada en gran hondura. Los análisis (cp. párrafo II, C) muestran que el agua que, en las vertientes grandes, proviene directamente de gran profundidad, es agua de mui buena calidad, miéntras que las aguas de las galerías están cargadas con cierta cantidad de sales. Aunque esta cantidad en la mayor parte de las galerías no es tan grande, que pueda impedir su uso como agua potable (cp. el apéndice del informe), naturalmente siempre es preferible el agua de mejor calidad. La calidad inferior del agua de las galerías se esplica, porque ha pasado por menor o mayor distancia por las arenas modernas i en ellas se ha cargado de sales.

La mayor parte de las galerías existentes han encontrado agua solamente cerca de su término i la temperatura elevada indica que este término no se halla a gran distancia de una grieta en que el agua ha subido de grandes profundidades. En este sentido es mui ilustrativo el caso de la galería de Miraflores. Al principio la galería producía solamente 0,8 litros por segundo; mas tarde una prolongacion de la galería en sólo 20 m hizo subir el gasto a 9 litros por segundo. Miéntras ántes se habia aprovechado solamente agua de filtracion, la prolongacion de la galería dió con la vertiente misma, cuya existencia no se manifestaba en la superficie. Condiciones parecidas pueden esperarse en las demas galerías, cuyas aguas en realidad no provienen de una corriente formal de agua subterránea, sino de filtraciones provenientes de vertientes cercanas. La gran dificultad de indicar el trazado de una nueva galería o de un sistema de galerías se debe a que no se sabe de antemano, donde brotan tales vertientes.

A causa de no existir una corriente de agua a poca profundidad, no se puede hacer un cálculo sobre el largo necesario que debe tener una galería para que produzca un determinado gasto. Sin embargo, conviene hacer un

cálculo tal, para dar una idea de la longitud aproximada que debe tener una galería con la cual se quieren captar 50 litros por segundo para el agua potable de Iquique.

En las galerías actuales, el largo necesario que deben tener para que produzcan un gasto de 1 litro por segundo, se puede determinar por la fórmula:

$$\frac{\text{longitud de la galería}}{\text{gasto}} = \text{longitud para producir 1 litro por segundo.}$$

Este cálculo, aplicado a las diferentes galerías da 24 m para Miraflores, i 2,695 m para Santa Elena, que son los casos extremos. Tomando todas las 15 galerías de la rejion de Pica, tendremos una longitud total de 12,980 m i un gasto de 36,37 litros por segundo. Como término medio de todas estas galerías, se necesitan 357 m para producir un gasto de 1 litro por segundo.

Seria ésta una cifra que puede indicar aproximadamente el rendimiento que se podría esperar con la construcción de una nueva galería. Por consiguiente se necesitarían unos 18 Km de galerías para captar 50 litros por segundo, cantidad necesaria para el agua potable de Iquique. Mediante trabajos preliminares de sondajes a mano etc., probablemente se podría hacer disminuir considerablemente esta longitud.

Antes de empezar con la construcción de las galerías seria necesario el levantamiento de un plano exacto con curvas de nivel de la rejion donde se proyecta la construcción de las galerías. Despues se deberian ejecutar a lo ménos seis sondajes a mano o con la pequeña máquina Sullivan provista de motor de parafina, para obtener datos sobre la repartición del agua subterránea a poca profundidad; i al fin se podría emprender la construcción de un sistema de galerías subterráneas, que consistiria en una galería principal, de la cual saldrían numerosas galerías laterales.

Segun los datos proporcionados por los dos sondajes a mano, la zona mas importante de agua subterránea parece hallarse directamente encima de la liparita. Esto hace necesaria una situación mui profunda del fin de la galería i la construcción de numerosos piques de ventilación hasta de 50 m de profundidad. Favorable para la ejecución de tal clase de trabajo es la poca dureza de las arenas modernas.

La quebrada seca situada al sur del Valle de Chintaguay, es una rejion favorable que se presta para la construcción de un sistema de galerías; en esta quebrada, el primer sondaje a mano ya ha comprobado la existencia de agua termal. Otra rejion que tambien seria de importancia para la construcción de galerías, es la planicie situada entre las vertientes de Chintaguay i el pueblo de Pica.

La planicie situada al norte de Pica, en la cual se hallan las galerías

de Loreto i San Bartolo, tiene un declive demasiado pequeño para poder alcanzar suficiente profundidad con las galerías.

En las dos primeras rejiones, la galería podría construirse desde el fondo del Valle de Chintaguay, para evitar así un largo excesivo de la galería, necesario para alcanzar la liparita situada en unos 50 m de profundidad.

A la construccion de una galería que saliera de la falda inferior del Valle de Chintaguay se podría objetar que la ausencia de filtraciones de agua en esta falda indica que no existe agua subterránea en la vecindad del valle. Pero, como hemos visto mas arriba, el valle está cortado en medio de un gran cono de rodados i arenas acumulado en época pasada por la Quebrada de Quisma. La figura siguiente nos muestra un perfil trazado por este cono.

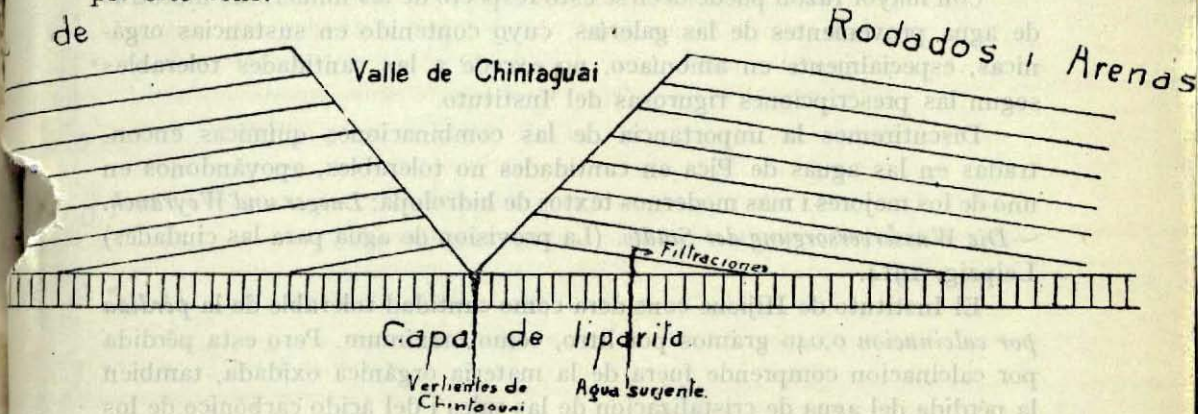


Fig. 13—Perfil por el Valle de Chintaguay

La figura anterior muestra como en el cono las capas tienen declive hácia afuera, paralelo a la superficie; en el cono de Quisma, los estratos buzan hácia el N. i N. O. al norte del valle i hácia el S. i S. O. al sur del valle. El agua termal que en la vecindad del Valle de Chintaguay sube en grietas que atraviesan la liparita, se infiltra en las capas permeables del cono i tiene que seguir al manto de los estratos; por consiguiente se aleja del valle, en vez de aparecer en su falda inferior.

Por esto, una galería que saliera de la rejion de las vertientes de Chintaguay, podría dar a poca distancia del valle con agua subterránea.

APÉNDICE

LA CALIDAD DE LAS AGUAS DE LA REJION DE PICA I SU POTABILIDAD

Los numerosos análisis de aguas de la rejion de Pica han sido ejecutados por el *Instituto de Higiene en Santiago*. En los certificados de análisis, la mayor parte de las aguas provenientes de las galerías de agua han sido

calificadas como no potables a causa de un exceso en sales. Parece que el Instituto de Higiene ha tomado como norma las leyes establecidas en Europa, en un clima mucho mas húmedo que el de los desiertos del norte de nuestro país.

Mas adelante, al tratar de las diferentes sales, demostraremos que una misma cantidad de sustancia química en las aguas de un clima húmedo, las puede hacer intolerables como agua potable, mientras que en un desierto, donde la abundancia de tales combinaciones químicas en el suelo indica el origen inorgánico de ellas, tal cantidad no impediría que las aguas fuesen potables. De consiguiente estas proporciones de sales pueden ser toleradas, siempre que no influyan en el gusto del agua.

Con mayor razon puede decirse esto respecto de las numerosas muestras de agua provenientes de las galerías, cuyo contenido en sustancias orgánicas, especialmente en amoníaco, no excede a las cantidades tolerables segun las prescripciones rigurosas del Instituto.

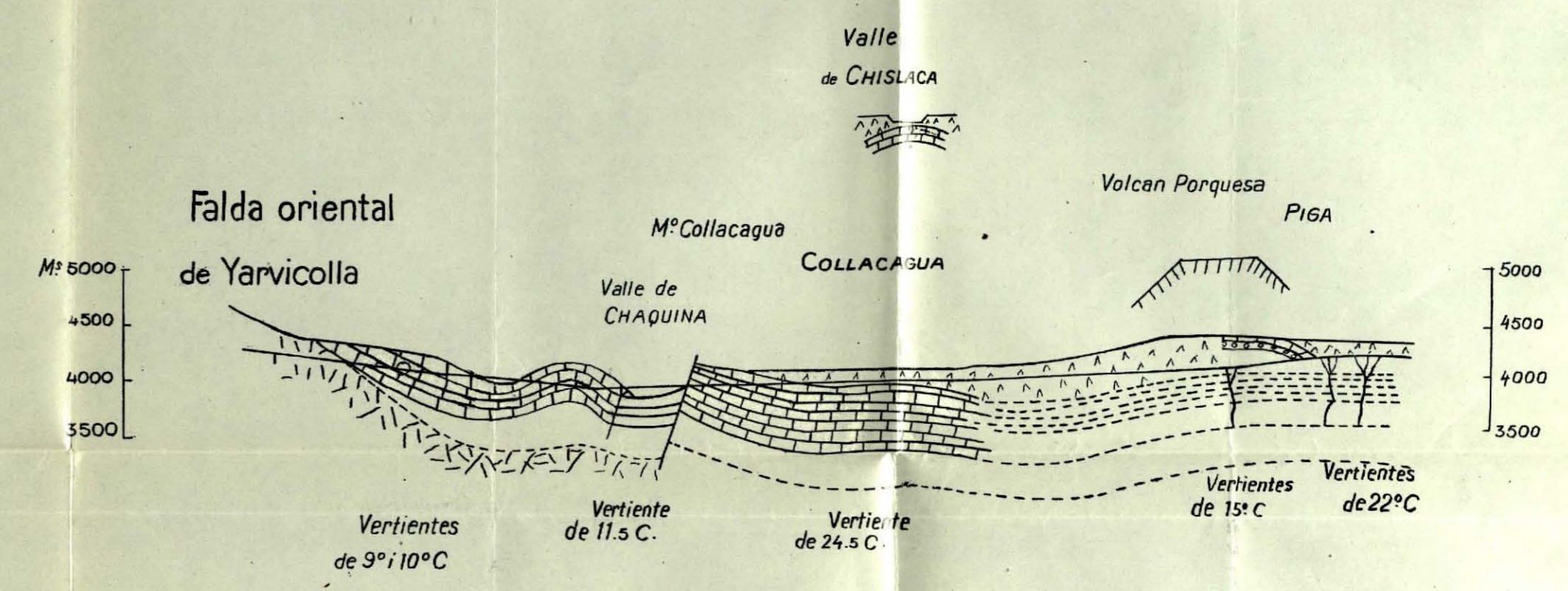
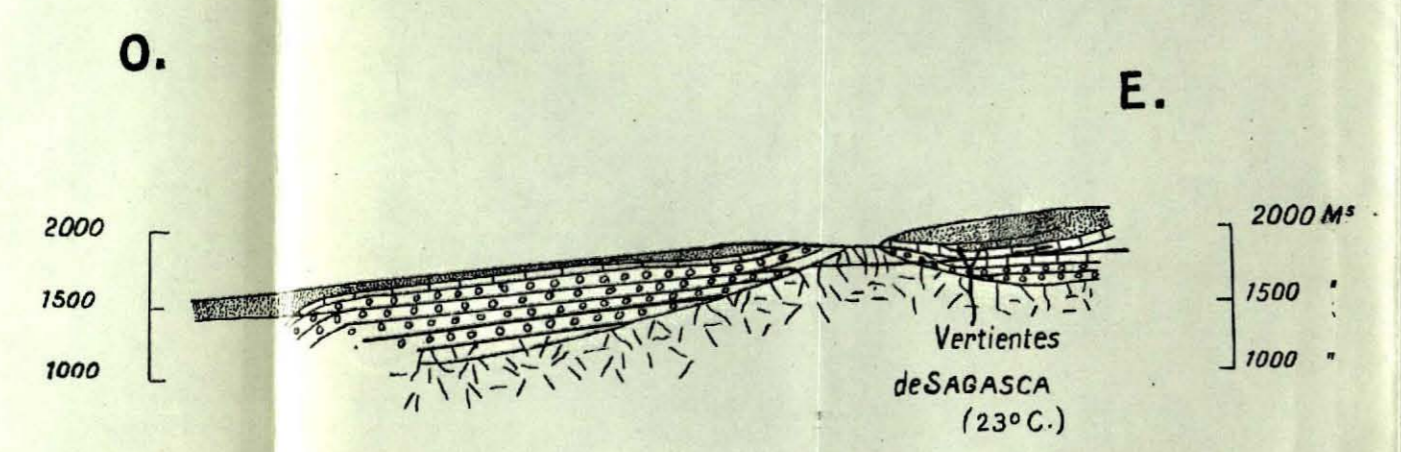
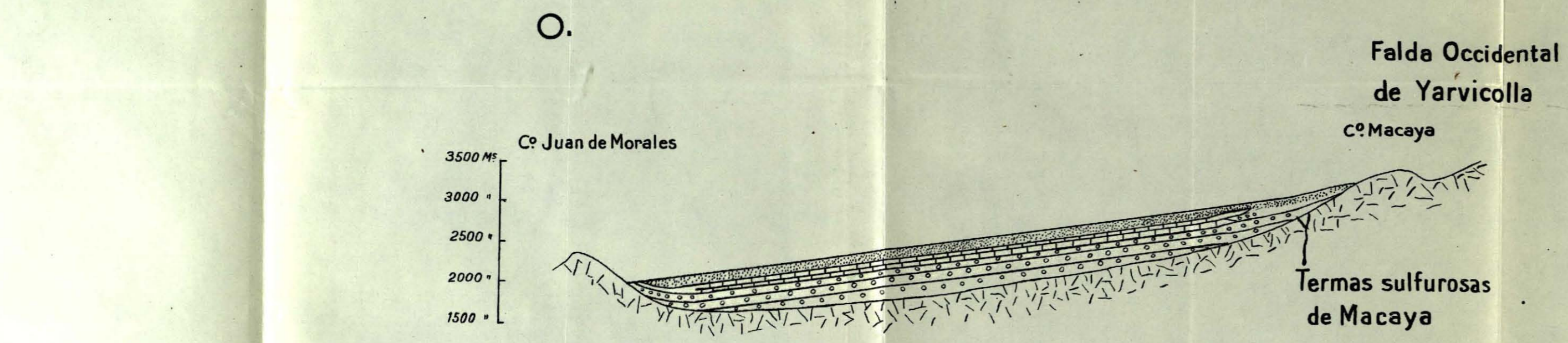
Discutiremos la importancia de las combinaciones químicas encontradas en las aguas de Pica en cantidades no tolerables, apoyándonos en uno de los mejores i mas modernos textos de hidrología: *Lueger und Weyrauch. — Die Wasserversorgung der Städte.* (La provision de agua para las ciudades) Leipzig, 1914.

El Instituto de Higiene considera como cantidad tolerable de la *pérdida por calcinacion* 0,040 gramos por litro, como máximo. Pero esta pérdida por calcinacion comprende fuera de la materia orgánica oxidada, tambien la pérdida del agua de cristalización de las sales i del ácido carbónico de los carbonatos. Por estas razones, dicen Lueger i Weyrauch (p. 27), no debe atribuirse demasiada importancia a este procedimiento. Ademas indica la misma lista de los análisis que el oxígeno consumido por la materia orgánica no es excesivo.

El *cloro*, segun el Instituto de Higiene, no debe sobrepasar 0,040 gramos por litro. Esta cantidad es justificada en un clima húmedo, donde el cloro puede provenir de los excrementos animales, especialmente de la orina.

Aún en un clima mas húmedo, cuando el origen inorgánico de los cloruros está comprobado, se admiten cantidades mucho mas grandes de cloro, como lo prueba el agua potable de Magdeburgo que segun Lueger i Weyrauch (p. 19) contiene 0,135 gramos por litro; o como en Malmö en Suecia con 0,150 gramos de cloro por litro. En Magdeburgo, el origen del cloro debe ser buscado en los grandes yacimientos de sal jema que existen en el subsuelo. Naturalmente, en una rejion de desierto como lo es el norte del país, donde abundan las sustancias salinas tanto en la superficie como en las rocas mismas, se pueden admitir a lo ménos contenidos en cloro parecidos a los de Magdeburgo i Malmö.

En cuanto al *ácido sulfúrico*, el Instituto de Higiene considera 0,030 gramos por litro como máximo tolerable; pero la ciudad de Halle, situada

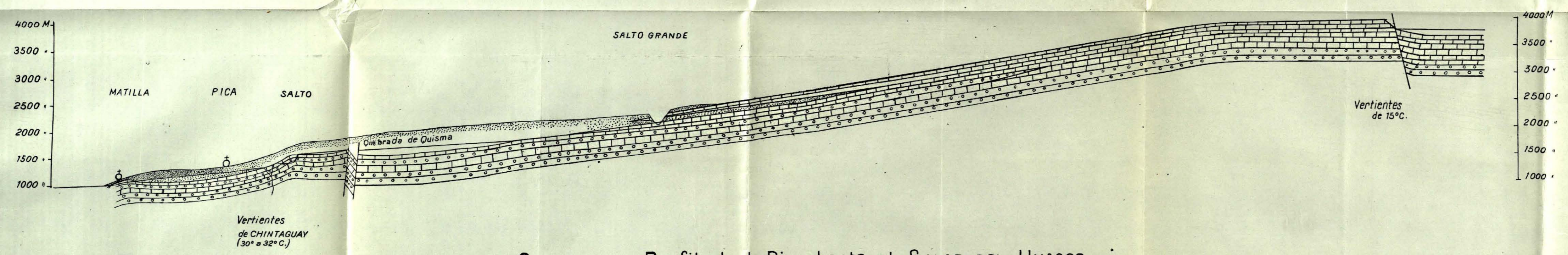


A. Perfiles de las Quebradas de SAGASCA i JUAN de MORALES

B. Perfil de la Region de PIGA



- Tobas modernas liparíticas
- Lava i conglomerados volcánicos de la Porquesa
- Rocas fundamentales



C. Perfil desde PICA hasta el SALAR DEL HUASCO

Dr. T. Wünnen
DIRECTOR DEL SERVICIO JEOLÓGICO

tambien en una rejion de grandes yacimientos de sal, tiene 0,580 gramos de esta sustancia en el litro de su agua potable, sin considerarla por esta causa como sospechosa. El ácido sulfúrico del agua de Pica proviene en parte del sulfato de calcio—sustancia inofensiva—i en parte del sulfato de sodio; ámbas son sales de oríjen inorgánico que abundan junto con los cloruros en los suelos i rocas de Pica.

Al SiO_2 , Lueger i Weyrauch no le atribuyen importancia; citan como ejemplo la ciudad de Craz que tiene 0,031 gramos por litro en su agua potable.

Tambien al *fierro* lo consideran como inofensivo para la salud. Pero en mayores cantidades, el fierro tiene algunos inconvenientes, porque da mal gusto al agua i la hace inservible para ciertas industrias. En cuanto al gusto no he notado nada del contenido en fierro, que segun el Instituto de Hijiene, se halla en cantidades excesivas en la actual agua potable de Iquique. Ademas no es difícil librar el agua de esta sustancia.

De la esposicion anterior se desprende que el agua de las galerías, aunque inferior en su calidad, comparada con el agua de las vertientes, siempre puede ser considerada como agua potable.

Santiago, 27 de Agosto de 1918.

DR. J. BRUGGEN.
Director del Servicio Jeolójico.

El Cobre en el Comercio

La última publicacion del *Bureau of Standards* de Wáshington, tan concienzuda i escelente como todas las que da a la estampa, lleva el núm. 73 i tiene el título *Copper*. Se esponen en ella las propiedades físicas del cobre puro i de las distintas clases comerciales de dicho metal. Los mejores i mas depurados datos i cifras acerca de sus características i constantes i de su bibliografía aparecen en el libro. Tambien contiene un análisis de los efectos que producen las impurezas en las propiedades del cobre, así como la influencia de varios factores en la elaboracion de artículos de dicho metal.

Aquellos a quienes interese esta obra no tienen mas que dirigirse al *Bureau of Standards, Department of Commerce, Wáshington*.

Una de las cosas que hemos encontrado en la publicacion de que se trata, es la esplicacion de las denominaciones que todo el mundo emplea

en el comercio del cobre, que numerosos periódicos consignan en sus reseñas de los mercados de metales comunes, i que, sin embargo, no todos saben de un modo preciso lo que significan.

Vamos a tomar de esa explicacion lo que nos parece mas útil, precedido de algunas noticias sobre menas, metalurgia i afino del cobre, que conviene precisar para el objeto, aunque sean conocidas.

LAS MENAS I SU BENEFICIO

Las menas principales de que se saca el cobre metálico son las siguientes:

1. Minerales sulfurados, tales como *calcopirita* ($Cu FeS^2$), *calcosina* (Cu^2S), *bornita* (Cu^3FeS^3), *tetrahedrita* i *cobres grises* (de composicion muy compleja i variable, pues ademas del cobre i del azufre suele contener *As*, *Sb*, *Fe*, *Zn*, *Ag*, *Hg*, etc.)

Muchos de los principales criaderos son de este tipo i se presentan en Chile, Australia, Montana, Utah, Nevada, California, Hungría i Rusia.

2. Cobre nativo, que, en grandes criaderos, sólo se presenta en el distrito del Lago Superior, Estado de Michigan.

3. Minerales oxidados: *cuprita* (Cu^2O), *malaquita* ($CuCO^3$) i $Cu(OH)^2$. Existen criaderos en Chile, Australia, Ural i algunos distritos de los Estados Unidos.

4. Los minerales pobres en cobre que forman los estensos yacimientos de la provincia de Huelva i de la parte contigua de Sevilla i Portugal, que son piritas de hierro con una cierta proporcion de mineral sulfurado de cobre, no los menciona el libro del *Bureau of Standards*, sin duda, por no ser minerales de cobre propiamente dichos.

De todas estas menas se estrae el metal por procedimientos piro, hidro o electrometalúrgicos, o por combinaciones de éstos.

Los minerales de baja lei, por lo comun, son primeramente tratados por via húmeda; los de lei media i alta son fundidos desde luego; los procedimientos electrolíticos se usan únicamente para afinar el metal crudo, pues aplicados a los minerales, hasta ahora han fracasado industrialmente. Segun el tipo de la mena, así el tratamiento de fusion i afino, como es natural.

El beneficio por fusion o via seca consiste en dos operaciones esenciales:

1. Produccion de *mata*, conteniendo cobre, hierro i azufre en las proporciones de 20 a 80 por 100 *Cu*, 10 a 40 por 100 *Fe*, i 18 a 24 por 100 *S*. Esta *mata* se produce por la calcinacion del mineral en montones, hornos de cuba, de reverbero o automáticos de hogares múltiples, seguida de fusion reductora en hornos altos o de reverbero.

2. Conversion de la *mata* en cobre bruto, en convertidores jeneralmente, i tambien en hornos altos i en hornos de reverbero, cuando son

matas de 70 a 80 por 100 *Cu*. El producto obtenido es cobre de convertidor o *blister* (esponjoso), que contienen de 98 a 99,4 por 100 *Cu*, i como impurezas pequeñas proporciones de hierro, níquel, plomo, antimonio, arsénico, selenio, telurio, azufre, plata, oro i a veces bismuto, zinc, platino i paladio. Recibe el nombre de cobre *blister* por las ampollas i escrescencias que ofrece en la superficie producidas por el desprendimiento de gases, principalmente anhídrido sulfuroso, en el período de la solidificación.

Los minerales oxidados eran ántes reducidos en hornos de cuba a *cobre negro* (de 95 a 98 por 100 *Cu*), pero ahora se mezclan con jéneros sulfurados i se funden por mata, que pasa despues al convertidor.

El cobre nativo se somete a una fusion oxidante en hornos de reverbero, a reduccion i escorificación, ya en el mismo horno, ya en otro. El producto es ya cobre refinado que se moldea en ánodos o en otras formas comerciales.

El procedimiento por via húmeda consiste en dos operaciones: 1. Se pone en forma soluble el cobre del mineral. Para ello, los óxidos se disuelven directamente en ácido sulfúrico; los sulfuros son transformados en sulfatos por calcinacion oxidante o por oxidacion natural, o bien son transformados en cloruros por calcinacion clorurante con adición de sal comun. 2. Se precipita entónces el cobre por medio del hierro o de otra manera, i se tiene el cobre de cementacion (en Huelva, *cáscara*) que suele contener de 70 a 95 por 100 *Cu* (a veces mas pobre, *papuchas*, etc.), i está impurificado por plomo, plata, bismuto, arsénico, antimonio, óxido de hierro, agua acidulada, sulfato sódico, cloruro sódico i otras sustancias. Este producto, segun su calidad, puede ser fundido por cobre *blister*, o agregado a matas para ulterior tratamiento.

Los resultados de todas las operaciones mencionadas, hidrometalúrgicas i pirometalúrgicas, o sea el *cobre blister*, el *cobre negro* i el *cobre fino*; pueden ser afinados por via ígnea, o afinados electrolíticamente i fundidos de nuevo.

El afino por via seca consiste en una fusion oxidante en horno de reverbero, por medio de la cual se volatilizan algunas impurezas (azufre, zinc, plomo, arsénico, antimonio) i se escorifican otras (manganeso, hierro, plomo, níquel, cobalto, bismuto, arsénico, antimonio). Se van retirando las escorias que sobrenadan en el baño i se continúa la purificación hasta que hai, próximamente, 6 por 100 de óxido cuproso en disolucion. El óxido es reducido casi enteramente ajitando el metal fundido en ramas de leña verde. Se deja ordinariamente en el cobre de 0,04 a 0,05 por 100 de oxígeno (0,45 a 0,56 por 100 Cu^2O) para evitar la reduccion al estado metálico de los óxidos de arsénico, antimonio, etc.

En el afino electrolítico, el cobre bruto se moldea en ánodos que tienen aproximadamente 36×36 pulgadas inglesas de superficie por una pulgada de grueso. Este cobre se disuelve bajo la accion de la corriente eléctrica,

en un electrolito constituido por la disolucion de ácido sulfúrico i sulfato de cobre, i se deposita en cátodos de láminas del mismo metal.

Las impurezas se distribuyen segun su respectivo modo de ser electroquímico con relacion al cobre:

1. Níquel, cobalto, hierro, manganeso, zinc, plomo i estaño son electropositivos respecto al cobre. Así, se disuelven con el ánodo, pero no se depositan en el cátodo, sino que se concentran en el baño.

2. Oro, plata, platino, selenio, selenio i telurio son electronegativos con respecto al cobre. No se disuelven con el ánodo, mas se separan mecánicamente formando parte de los lodos resultantes.

3. Los compuestos Cu^2O , Cu^2Se , Cu^2Te i Cu^2S , que tampoco se disuelven en el ánodo, van a parar asimismo a los lodos.

4. Arsénico, antimonio i bismuto son en parte disueltos i en parte depositados en el cátodo. Este depósito es de naturaleza mecánica principalmente; así es que dichas materias son arrastradas al eliminar los lodos del ánodo.

Los cátodos así producidos, si bien son mui puros, carecen de condiciones mecánicas para los usos comerciales, por lo cual son fundidos en hornos de reverbero i colados en torales, barras para hacer alambre, etc.

COBRES DEL COMERCIO

Los grandes centros comerciales del cobre son, como es sabido, Lóndres i Nueva York. Londres, porque su Bolsa de Metales es el mercado tradicional lo mismo para el metal rojo que para otros metales comunes i para la plata. Nueva York, porque los Estados Unidos son hoi el principal país productor de cobre. Como que la produccion mundial no está ya mui léjos de millon i medio de toneladas al año, i a ella contribuye la república norteamericana con mas de 900,000 toneladas. Así es que las marcas i clases se nombran en idioma ingles principalmente.

El cobre *best selected* o *B. S.* del mercado ingles se obtiene por el antiguo i mejor sistema de afino del País de Gales, i era, ántes de usarse el método eléctrico i de ponerse en explotacion los cobres nativos del Lago, la clase mas pura que se conocia.

En el *London Metal Exchange* o Bolsa de Metales de Lóndres, se regulaban las ventas de cobre hasta hace algunos años, segun ciertos *patrones* establecidos, i de ahí viene el término cobre *standard*, que sustituyó a la denominacion anterior *G. M. B.* o *good merchantable brand*. El cobre *standard* no es, pues, una marca especial, ni una procedencia, como es, por ejemplo, el cobre de Lago, o el de Mansfeld, o el *spanish lead*; ni es el pro-

ducto de un método determinado de fabricación, como el *best selected* o el electrolítico. Comprendía ciertas composiciones, tipos que servían de base para las escalas de precios, según estas cuatro clases:

1. El cobre afinado que no tiene menos de 99 por 100 *Cu* ni pasa de 99,30, i es al que se refiere la cotización, es el de base.
2. El cobre afinado, entre 99,30 i 99,80 por 100 *Cu*, cuyo precio de venta está bonificado con 10 chelines por tonelada.
3. El cobre afinado que no tiene menos de 99,80 por 100, i cuya bonificación asciende a una libra esterlina.
4. Cobre sin afinar, que no llega a 99 por 100, i sufre un descuento de una libra esterlina.

De modo que el *standard* propiamente dicho, hoy subsistente en el mercado inglés, es el que está contenido en los límites de 99 i 99,3 por 100 *Cu*.

En los Estados Unidos hai tres clases de cobre bien definidas: *Lake copper* o cobre del Lago, cobre electrolítico, i *casting copper* o cobre de molde. El primero, como su nombre lo indica, procede de las menas de cobre nativo del Lago Superior; es cobre afinado, ya por vía ígnea, ya electrolíticamente, i abarca dos calidades, que son el de *high conductivity* (conductibilidad superior) i el *arsenical*. El *electrolytic copper* es el cobre bruto de convertidor, el cobre negro, el blister o el del Lago que han sido afinados electrolíticamente. El *casting*, que es la clase inferior, consiste en: 1, cobre de convertidores o cobre negro afinados en hornos i procedentes de menas que no tienen bastante oro i plata para costear el afino electrolítico; 2, cobre de residuos i subproductos metalúrgicos; 3, cobre producido por fusión de metal viejo, retales, etc.

En resumen, se pueden reconocer i se cotizan en los mercados las siguientes clases o calidades inglesas i americanas:

INGLESAS:

| | |
|-------------------------|----------------------------|
| — <i>Standard</i> | 99,0 a 99,3 por 100 cobre. |
| — <i>B. S.</i> | 99,75 por 100 i mas. |
| — <i>Tough</i> | 99,25 — — |

AMERICANAS:

| | |
|--|----------------------|
| —Electrolítico..... | 99,90 por 100 i mas. |
| — <i>Lake, high conductivity</i> | 99,90 — — |
| — <i>Lake, arsenical</i> | 99,40 — — |
| — <i>Casting</i> | 98,5 a 99,8 por 100. |

Mas del 50 por 100 del cobre producido en el mundo se consume en época normal para aplicaciones de la electricidad. Mas de la mitad del resto para latones. Lo demas para otras aleaciones, chapa, piezas moldeadas, etc.



La industria del plomo i sus recientes progresos (1)

(Continuacion)

III.—NUEVOS PROCEDIMIENTOS EN LA METALURJIA DEL PLOMO

A. *Tratamiento directo de las galenas*.—Una concepcion nueva de la metalurgia del plomo, para las galenas ricas (mas de 70 por 100 de *Pb*) ha aparecido recientemente en los Estados Unidos. Se ha llamado la atencion acerca de lo ilójico de tratar del mismo modo los minerales ricos en plomo (70 a 80 por 100) i pobres en ganga i los minerales mas impuros. La metalurgia antigua hacia la distincion tratando por calcinacion i *reaccion* los minerales de lei elevada; la tuesta con *reducion* era reservada a los minerales ménos puros. Los nuevos procedimientos, económicos i de gran rendimiento, de tuesta *soplada*, a la cal, habian hecho ver el tratamiento de la totalidad de los minerales como mas práctico i mas salubre.

El empleo de un tipo de horno derivado de la antigua forja escocesa, el *horno mecánico Newman*, se ha estendido rápidamente estos últimos años. Este horno, construido segun el principio de la forja escocesa, permite, (segun su autor) un abaratamiento considerable del coste, en buenas condiciones de salubridad. Su superioridad sobre la forja resalta del cuadro siguiente, que resume una marcha continua de cuatro semanas i da los resultados medios del trabajo de una jornada de ocho horas, siendo la mano de obra la misma en los dos casos.

Mineral cargado—Galena lavada, a 72,5 por 100 de *Pb*, i 15,1 por 100 de *S*.

(1) Véase Boletín N.º 236.

| | Horno Newman | Horno a mano |
|--------------------------------------|-----------------|-----------------|
| Mineral seco cargado, en libras..... | 13.179 | 5.091 |
| Plomo contenido..... | 9.544 | 3.691 |
| Plomo en galápagos obtenido..... | 6.443 | 2.030 |
| Escoria gris obtenida..... | 3.418 | 1.329 |
| menudo de cok consumido por 100..... | 3,6 | 8,8 |

Tanto por ciento de Pb en los productos, en centésimas:

| | | |
|---------------------|-------|-------|
| Galápagos..... | 67,44 | 55,00 |
| Escoria gris..... | 15,18 | 16,20 |
| Polvos i humos..... | 17,38 | 28,80 |

La eliminacion del azufre es satisfactoria: es de 87,9 por 100 en el horno Newman contra 80,6 por 100 solamente en el otro.

Otro ejemplo de marcha del horno Newman tenemos con una galena de 82 por 100 de Pb i 11,2 por 100 de S; el rendimiento en galápagos de plomo es entónces de 91,15 por 100 del plomo contenido i se elimina el 94,7 por 100 de azufre.

El horno Newman consiste esencialmente en una solera por encima de la cual se desplaza, sobre unas vias, una vagoneta que conduce la sustancia a remover, i en donde las herramientas mecánicas reproducen, aunque con mas potencia, el removido manual. La máquina avanza de un extremo al otro de la solera, sufriendo un removido cada 10 centímetros, se para automáticamente i despues retrocede para un nuevo recorrido. Los obreros cargan el mineral i el cok menudo.

Este procedimiento ha encontrado, en Missouri, una gran aceptacion; la fábrica de la *Saint Joseph Lead Co.*, de Herculaneum, por ejemplo, le ha adoptado. Se le encuentra las ventajas siguientes:

- 1.^a Trata todas las menas concentradas, sin dilucion, por un flujo;
- 2.^a Desulfura mui bien, separando hasta el 95 por 100 de azufre;
- 3.^a Permite inmediatamente el tratamiento de nuevo de los polvos i humos, dando como único producto a refundir en el horno de cuba las *escorias grises*, de donde proviene la disminucion de la mata i de las escorias;
- 4.^a Realiza la extraccion de 82 a 84 por 100 del plomo de un jénero concentrado a 70 por 100; con los concentrados de mas de 75 por 100 se puede extraer hasta el 90 i 95 por 100 del plomo contenido.

El empleo de la máquina de removido está limitado hácia un 68 por 100 de Pb. En Collivisville se utiliza, por este motivo, el procedimiento *Dwight-Lloyd* como ausiliar.

En 1916 se ha instalado en cuatro meses, en Galetta (Ontario), una fábrica para utilizar este procedimiento; esto da una idea de la sencillez de su instalación.

En Europa, en donde los minerales son cada día más pobres en plomo, el porvenir del procedimiento Newman es incierto; por bajo de 70 por 100 deja de hacer competencia a la calcinación soplada.

B. *Doble calcinación*.—El empleo del procedimiento *Dwight-Lloyd* lleva consigo, generalmente, una tuesta previa en el horno, que elimina una parte del azufre i da al producto el estado físico favorable a la aplicación de la tuesta por aspiración. Se ha tratado de aplicar el procedimiento a los minerales crudos; una proporción demasiado grande de azufre no lo permite. Entonces se ha intentado en América utilizar el mismo aparato *Dwight-Lloyd* para la tuesta previa sirviendo de combustible todo el azufre del mineral.

El mineral pasa entonces por dos aparatos *Dwight-Lloyd* consecutivos de los que el primero elimina la mitad del azufre, aglomerando muy poco; el segundo aglomera el producto i separa el resto del azufre.

En Troole (Utah) se llega, forzando el aparato *D.-L.*, a producir 250 toneladas por veinticuatro horas; 200 toneladas de aglomerados para el horno de cuba i 50 de polvos. El producto cae sobre una criba que separa el polvo, que vuelve a un nuevo aparato *D.-L.*

En East Helena (Montana), después de una aglomeración grosera, todo el producto que sale del primer aparato es molido a 12,5 milímetros; se agrega 16 por 100 de caliza i se termina la calcinación en convertidores del tipo *H. H.* Otras fábricas han seguido este camino: *Saint Joseph Lead Co.*, de Herculaneum, i *Federal Plant* (Illinois). Se diluía antes el mineral hasta una ley de 40 a 46 por 100 en *Pb* para hacer el trabajo del horno *D.-L.* eficaz en una sola tuesta. Se le tuesta ahora en una primera máquina *D.-L.* El producto final no encierra sino un 2 a 2,5 por 100 de *S* por 50 a 55 por 100 de *Pb*. Existe un campo interesante de utilización del *S* como combustible.

IV.—UN DESIDERATUM DE LA METALURJIA DEL PLOMO

Recuperación del zinc de las escorias del horno de cuba.—La proporción en zinc del mineral tiende a ser cada vez mayor a causa del agotamiento de los minerales puros i del perfeccionamiento de los procedimientos de preparación mecánica. Estos procedimientos dan ahora jéneros concentrados de 55 por 100 de *Pb* i 12 por 100 de *Zn*.

El tratamiento actual de los minerales de zinc es ilójico: 1.º Existe despilfarro de zinc, arrojado a las escombreras en las escorias por docenas de miles de toneladas cada año.

2.º El zinc juega en la metalurjia del plomo un papel nocivo. Por cima de una cierta proporcion en zinc la marcha del horno es defectuosa; es necesario, por consiguiente, *diluir* el zinc a costa de gran gasto de fundentes para escorificarle.

El ideal seria el *deszincaje* del mineral ántes de tratar éste para obtener el plomo. Numerosas tentativas hechas durante estos veinte últ mos años, no parecen haber tenido éxito prácticamente. En consecuencia se ha vuelto al tratamiento de las escorias finales i se ha entrevisto la solucion del problema, aunque *la cuestion no parece resuelta industrialmente*. Dos procedimientos sobre todo, parecen los mas perfeccionados.

F. C. W. Timm trata la escoria *sólida* en un aparato análogo a un horno de cuba, en donde el aire necesario para la combustion es inyectado por arriba. La escoria se carga mezclada al combustible i a la cal. El zinc es reducido, volatilizado i finalmente recojido en estado de óxido.

Schmidt i Desgraz emplean como reductor una materia rica en carbon introducida directamente en la escoria líquida, colocada en la plaza cóncava de un horno de reverbero. A esta accion reductora se agrega una accion de sustitucion por medio de la cal que reemplaza al zinc de la escoria. Se obtiene así el zinc en el estado de óxido.

La recuperacion del zinc de las escorias de los hornos de plomo habia sido emprendida en Alemania ántes de la guerra. Es probable que se haya estendido teniendo en cuenta que ahora el precio de obtencion es secundario. Esta recuperacion exige, en efecto, siempre una aportacion de calor considerable.

V.—SITUACION DE LA METALURJIA DEL PLOMO EN FRANCIA.

CONCLUSIONES.

Fábricas de Couëron (Loira inferior).—Tratan los minerales de plomo arjentífero i efectúan la desplatacion del plomo de obra. Producen plomo dulce del comercio en galápagos, plomo antimonial, plata fina i matas cobrizas; suministran tambien diversos plomos obrados.

Se encuentra en ella: un taller de molido, un taller de calcinacion aglomerante (marchando con los tres procedimientos ántes citados), un horno americano de *water-jacket* i hornos redondos. La desplatacion se efectúa por zincaje; dos hornos de reduccion de reverbero con plaza enfriados por corriente de aire, permiten tratar los subproductos.

Fábrica de Noyelle-Godault (Paso de Calais).—No existe desde 1914. Trataba los minerales de Cerdeña, los carbonatos i los residuos plomizos de las fábricas de zinc. La aglomeracion se hacia por el procedimiento Savelsberg en convertidores, la fusion en hornos redondos *water-jacket*. Habia un taller de desplatacion i filtros de amianto para los humos.

Fábrica de Peyrebrune (Tarn).—En explotación ántes i durante la guerra.

Fábrica de Laugeac (Alto-Loira).—Fabrica desde la guerra, plomos antimoniosos i antimonio.

Fábrica de Ceilhes (Hérault).—Creada ántes de la guerra para el tratamiento del mineral de Orb, posee una instalacion de tuesta aglomerante (convertidores) i un *water-jacket* de plomo. Trata tambien productos cupríferos por cobre negro Su producto actual es plomo antimonial.

Fábrica de la Escalette (Marsella).—Esta fábrica marcha mas o ménos regularmente, desplatando minerales de España i de Grecia. Está en período de trasformacion.

Fábricas de la «Sociedad Minera i Metalúrgica de Peñarroya», en Mégrine (Túnez) i en L'Estaque (Marsella).—En Mégrine la calcinacion se efectúa en convertidores, sistema Savelsberg; la fusion del aglomerado tiene lugar en un horno rectangular americano. Hai un taller de desplatacion.

En L'Estaque, la fábrica, en construccion, está en ladera con disposicion escalonada; convertidores alimentados por hornos de plaza rotativa para la tuesta; la fusion se hará en hornos cuadrados.

Conclusiones: M. Paraf deduce de su esposicion, tan bien documentada, que la industria francesa del plomo se desarrolla como debe i que la inferioridad de la produccion francesa de minerales será compensada por la situacion marítima de las fábricas que permite los aprovisionamientos fáciles. Puede considerarse mui próximo el momento en que las fábricas francesas basten al consumo nacional.

VI.—SITUACION ECONÓMICA DE LA METALURJIA DEL PLOMO

M. L. Guillet antepone la metalurjia del plomo a la de los demas metales; el siguiente cuadro, referente a 1913, es desde este punto de vista decisivo:

| | Produccion en millares de toneladas | Precio medio de la tonelada en francos | Valor en millares de francos |
|--------------------|---|--|------------------------------------|
| Hierro colado..... | 80.170 | 75 | 6.052.900 |
| Cobre..... | 1.106 | 1.720 | 1.730.148 |
| Plomo..... | 1.187 | 461 | 547.169 |
| Zinc..... | 998 | 572 | 570.798 |
| Oro (1912)..... | 0,708 | 3.444,44 el Kg. | 2.427.565 |
| Plata (1912)..... | 74.745 | 103 el Kg. | 797.735 |
| Estaño..... | 131 | 5.082 | 665.335 |
| Antimonio..... | 16,5 | 882 | 14.548 |

| | | | | |
|---------------------|-------|-------|-------|---------|
| Níquel..... | 28,5 | 4.050 | | 115.425 |
| Mercurio..... | 4,2 | 5.800 | | 24.360 |
| Aluminio..... | 78,7 | 2.100 | | 165.270 |
| Platino (1914)..... | 0,007 | 7.500 | el Kg | 52.500 |

DIFERENTES PAISES PRODUCTORES

Estados Unidos.—La producción, las importaciones i esportaciones se resumen en el cuadro siguiente:

PRODUCCION EN TONELADAS

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Minerales indíjenas..... | 274.100 | 368.100 | 395.800 |
| Minerales importados..... | 23.000 | 9.800 | 12.000 |
| Plomo de obra importado..... | 50.300 | 76.400 | 33.800 |
| Importaciones..... | 4.700 | 2.400 | 50 |
| Esportaciones..... | 54.000 | 92.300 | 40.400 |
| Consumo..... | 298.100 | 364.400 | 401.300 |

El distrito mas importante es el de Missouri que produce 40 por 100 de la totalidad del plomo (Bonne-Terre, Flat-River); Idaho da 26 por 100 (Coeur d'Alene); Utah, 15 por 100 (Bingham, Tinctic), i el Colorado (Lead ville), 9 por 100 de la producción.

Otros países de América.—En 1913, el Canadá ha producido 17.100 toneladas de plomo bruto (Colombia británica); ha importado 13.700 toneladas.

Méjico ha producido 120.000 toneladas de las que una gran parte han sido esportadas para la desplatacion a los Estados Unidos; el resto ha sido tratado en la fábrica de Hoboken, cerca de Amberes, para la *Metallgesellschaft*.

España.—Es el gran productor europeo. En ella se encuentran cuatro grandes fábricas: Sociedad Minera i Metalúrgica de Peñarroya, Compañía La Cruz, Establecimientos Sopwith, fábrica de Enthoven.

No existe estadística oficial española (1); las de la *Metallgesellschaft* dan las esportaciones en plomo bruto i en productos elaborados. El consumo varia de 10.000 a 12.000 toneladas.

(1) Es sabido que esto es una inexactitud. Hai estadísticas i bien conocidas de todo el mundo.

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|--|---------|---------|---------|
| Esportaciones de plomo bruto en toneladas..... | 179.321 | 174.530 | 202.584 |
| Esportaciones de productos elaborados... | 1.365 | 523 | 390 |

Los grandes centros productores son: el grupo de Peñarroya: Ciudad Real, Córdoba, Badajoz; Murcia: Cartagena, Mazarron; el distrito de Jaén: Linares, La Carolina. A consecuencia de un derecho de salida de 10 francos por tonelada de mineral, éstos son tratados en el sitio de su producción.

Alemania.—La producción de mineral ha llegado a 142,839 toneladas en 1912; las importaciones, con 122,500 toneladas, son casi iguales.

Los centros importantes son: Silesia, con Breslau i Oppeln; el Harz, con Clausthal, dando 60,000 toneladas; la región del Rhin dando 30,000 toneladas i, en fin, Nassau i Arnberg (Westfalia) dando 20,000 toneladas de minerales *preparados* para la fábrica. Las importaciones de minerales provenían de Australia i de Túnez.

Respecto del metal, se tiene las siguientes cifras:

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Producción en toneladas..... | 152,590 | 161,287 | 181,100 |
| Importación..... | 78,528 | 100,540 | 83,781 |
| Esportación..... | 32,515 | 32,064 | 41,369 |
| Consumo..... | 198,600 | 229,800 | 223,500 |

Así, la producción se efectúa con un 40 por 100 de mineral extranjero i el consumo rebasa la producción en 50,000 toneladas.

El centro de la región del Rhin (fábricas de Stollberg) es el más moderno i el mejor montado.

Bélgica.—La producción i las necesidades se han acrecentado rápidamente:

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|------------------------------|--------|--------|--------|
| Producción en toneladas..... | 22,900 | 44,300 | 50,800 |
| Importación..... | 58,547 | 86,453 | 72,192 |
| Esportación..... | 53,378 | 74,136 | 80,073 |
| Consumo..... | 28,100 | 53,600 | 42,900 |

La producción de mineral es casi nula, pero los residuos de las fábricas de zinc son una fuente de plomo importante.

Centros principales: Hoboken (Metallgesellschaft), Overpelt, Bucken (Vieille-Montagne).

Gran Bretaña.—La producción de mineral que era de 104,000 toneladas en 1856, ha descendido regularmente; es de unas 30,000 toneladas. En ciertos yacimientos la explotación depende de su contenido de espatofluor, que es un subproducto interesante.

La producción de metal es, por consiguiente, muy inferior al consumo:

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|------------------------------|---------|---------|---------|
| Producción en toneladas..... | 23,300 | 26,000 | 30,500 |
| Importación..... | 233,217 | 217,126 | 207,402 |
| Exportación..... | 43,031 | 44,862 | 46,507 |
| Consumo..... | 213,500 | 198,300 | 191,400 |

Francia.—La venta del plomo en Francia estaba intervenida por la *Metallgesellschaft* que poseía la fábrica de Mégrine (Túnez).

La producción de plomos franceses que alcanzaba a 41,000 toneladas en 1860 ha descendido rápidamente después y se sostiene en unas 30,000 toneladas.

Desde el punto de vista del *mineral* en 1912 las minas en explotación eran:

Chaliac (Ardèche), 2,578 toneladas de galena; Maline (Gard), 2,560 toneladas de galena mas 17,800 toneladas de minerales de zinc plomizo; Pierrefitte (Pirineos), 2,500 toneladas de galena; Bleimar (Lozère) i Les Bormettes (Var). A ésta se agrega una producción importante de Arjel a, 19,500 toneladas, i de Túnez, 51,300 toneladas de galena.

En 1913 se importaron 48,825 toneladas de mineral, de ellas 17,830 toneladas de Arjel, 13,950 de Italia i el resto de Túnez i España; se exportaron 15,286 toneladas, de ellas 13,866 a Bélgica i 1,166 a la Gran Bretaña.

Desde el punto de vista *metal* la situación se resume en el cuadro siguiente:

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|------------------------------|--------|--------|---------|
| Producción en toneladas..... | 18,800 | 23,600 | 28,000 |
| Importación..... | 71,597 | 80,758 | 85,163 |
| Exportación..... | 8,152 | 5,710 | 5,615 |
| Consumo..... | 82,200 | 99,600 | 107,600 |

La producción no alcanza, por consiguiente, sino a 26 por 100 del consumo.

El detalle de las importaciones i esportaciones en 1913, es el siguiente:

| Importaciones en toneladas | PROCEDENCIA | Esportaciones en toneladas | Destino |
|----------------------------------|-----------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|
| | <i>Plomo arjentífero</i> | | |
| 6,053 | España..... 4,145 | Ninguna. | |
| 653 | Grecia..... 1,908 | | |
| | <i>Plomo no arjentífero</i> | | |
| 70,588 | Bélgica..... 47,675 | 639 | Arjelia..... 294 Colonias..... 72 |
| | Gran Bretaña..... 7,107 | | |
| | Alemania..... 3,669 | | |
| | España..... 5,975 | | |
| | Méjico..... 4,248 | | |
| | Australia..... 1,914 | | |
| | <i>Plomo antimonia!</i> | | |
| 70 | Alemania..... 20 | 71 | Italia..... 41 |
| | <i>Plomo laminado</i> | | |
| 25 | Alemania..... 20 | 286 | Colonias..... 222 |

Otros países europeos.—*Austria Hungría* es un productor importante cuyo desarrollo es continuo.

Los centros de producción son Bohemia (Przibram, Mies), 51 por 100, i Carintia, 36 por 100 de la producción.

Las cifras de 1913 son: producción 25,100 toneladas; importación, 12,456 toneladas; esportación, toneladas 1,060; consumo, 35,500 toneladas;

Italia tiene una producción variable. El mineral proviene del Sur de Cerdeña. Se tiene en 1912: producción, 20,500 toneladas; importación, 15,627 toneladas; esportación, 4,122 toneladas; con umo, 32,000 toneladas.

Turquía produce unas 14,000 toneladas de plomo.

Grecia esporta casi toda su producción dada por Laurium: 18,400 toneladas en 1913, cuya progresión es rápida.

Suecia, Noruega i Rusia producen cantidades muy pequeñas; el consumo de Rusia ha llegado a toneladas 58,800 en 1913.

Suiza i Holanda han consumido, respectivamente, 5,800 toneladas i 9,500 toneladas sin producir, en 1913.

Australia.—Ocupa un lugar importante en la metalurgia del plomo:

| | 1905 | 1911 | 1913 |
|-------------------------------------|---------|--------|---------|
| Produccion en toneladas..... | 107,000 | 99,600 | 116,000 |
| Esportacion a Europa i América..... | 80,800 | 62,200 | 80,700 |
| Esportacion al Asia Oriental..... | 12,300 | 28,500 | 25,100 |
| Consumo..... | 6,000 | 9,100 | 9,600 |

Los minerales concentrados eran en parte tratados en el sitio de produccion por la *Broken Hill Proprietary and Co.* A instancias del Gobierno australiano en 1913, las principales minas han comprado a esta Sociedad su fundicion de Port Paie para explotarla.

La cooperativa formada vende el metal en la Bolsa de Melbourne; la produccion que se calcula es de toneladas 150,000 de plomo i 240 toneladas de plata, de las cuales las minas suministrarán las primeras materias durante cincuenta años.

Esto no es sino una parte de la produccion: 102,000 toneladas de mineral fueron en 1912 a Alemania.

Japon.—Es un pequeño productor: 3,600 toneladas en 1913, i un gran consumidor: 18,500 toneladas.

PORVENIR DE LA METALURJIA DEL PLOMO EN FRANCIA

M. Leon Guillet piensa que agregando a las 28,000 toneladas de produccion en plomo lo que pudiera derivarse de la introduccion de los minerales de Africa, Arjelia, Túnez, Marruecos, podria ser suficiente para el consumo en plomo.

Hai, por consiguiente, gran interes en desarrollar las fundiciones de plomo, pero para esto es preciso que estas fundiciones estén seguras de tener minerales.

Es preciso tambien una modificacion de la tarifa de aduanas que actualmente es:

| | Tarifa jeneral | Tarifa mínima | |
|-----------------------|---------------------------|---------------|--------------------------|
| minerales matas i es- | 30 por 100 de metal o mé- | Exentos. | |
| corias de todas cla- | | | nos |
| ses..... | | | Mas de 30% de metal..... |
| | 15 frs. T. | 12,50 frs. T. | |

| | | | | |
|---|---|---|------------|------------|
| Masas brutas, galápagos, barras o planchas..... | Arjentífera, 25 gramos o mas de plata por 100 kg. | 30 frs. T. | 25 frs. T. | |
| | | No arjentífera o ménos de 15 gramos de plata por 100 kilos..... | 40 frs. T. | 35 frs. T. |
| | | | | |

Esta lejislacion ha sido atenuada, para el mineral i el plomo tunecinos; los minerales i matas de toda clase pagan 1.30 francos la tonelada i el plomo en masas, galápagos, etc., hasta la concurrencia de un cierto contingente, 3,80 francos la tonelada. Este contingente ha sido fijado en principio en 8,000 toneladas.

Seria necesario estender estas medidas i admitir en franquicia plomo extranjero, de preferencia arjentífero, para alimentar las fábricas de transformacion.

En fin, parece indispensable que los productores franceses constituyan una fuerte entidad, en relacion con las entidades análogas de los paises aliados, para poder combatir la influencia de la *Metallgesellschaft*.

Votos, de acuerdo con estas conclusiones, han sido emitidos por la Seccion IV del Congreso:

- a) Que se efectúen todos los esfuerzos posibles para favorecer el desarrollo de las minas i de la metalurjia del plomo en Francia.
- b) Que a este efecto se cree un derecho de salida para los minerales indíjenas, así como para los de las colonias paises de protectorado que no se dirijan a la Metrópoli.
- c) Que los derechos de aduanas sobre el mineral i el metal sean íntegramente sostenidos.



Estadística minera de España.—Año 1917

El Consejo de Minería acaba de publicar la Estadística minerometalúrgica de España correspondiente al año 1917 en un tomo de 519 páginas. Encabeza el libro un prólogo interesante, suscrito por el inspector jeneral don Rafael Souviron, i que dice así:

«Habiendo logrado normalizar la aparicion de la presente Estadística dentro del plazo posible de oportunidad, a pesar de que persisten las dificultades ya señaladas en anteriores volúmenes para la reunion i compro-

bacion de los datos fundamentales, se tiende ahora a completarlos, consignando poco a poco todas las que se relacionan con la industria minera metalúrgica, muchas de las cuales no se han tomado en cuenta anteriormente. En este sentido, se ha formado el cuadro de explosivos, que ya corresponde algo a la realidad, siquiera no se puedan todavía tomar sus cifras sino como aproximaciones suficientes para formar juicio de su importancia.

Ningun hecho de capital interes hai que registrar en el presente año en la industria a que nos referimos; bien es verdad que los descubrimientos de algun valor no se suceden con frecuencia.

Las investigaciones para el reconocimiento de los criaderos de sales potásicas de Cataluña, de bauxita en la misma localidad i de platino, níquel, cromo i otros minerales en la provincia de Málaga, avanzan con la natural lentitud en tales estudios, dificultados actualmente por la falta de elementos de trabajo que causa la guerra.

La crisis carbonífera ha producido una fiebre de investigaciones, i los descubrimientos se suceden a las prolongaciones mas o ménos explotables, en circunstancias ordinarias, de los yacimientos de hulla conocidos; las cuencas lignitíferas cuya estension se ha comprobado en puntos en que no se sospechaban, como en las provincias de Murcia, Coruña i otras, i hasta los depósitos de turba, son objeto de preferente atencion i se arranca el combustible con ansia, aprovechando las circunstancias del mercado nacional.

Los trasportes marítimos i terrestres, si no respondiendo a la estraordinaria demanda, han mejorado algo i permitido un mas regular abastecimiento de las industrias i del consumo privado; pero el incremento de produccion, aun tomando en cuenta la multitud de pequeñas explotaciones, no ha sido de gran importancia, pues si bien los datos conocidos i en relacion con los principales centros productores acusan un avance de 416,142 toneladas, en gran parte es debido a la calidad de los productos, pues se han lanzado al mercado cuantos restos i detritus existian en las escombreras hasta el punto de que habiéndose creído en el caso de intervenir el Gobierno, se ha podido comprobar oficialmente que la cantidad de cenizas ha rebasado en ocasiones el 30 i el 35 por 100. En cuanto a los precios, no se pueden tomar los que se consignan sino como aparentes, pues ni se ha logrado hacer efectivas las tasas impuestas ni el consumidor discute condiciones, aceptando cuantas al productor le place imponer.

Lo propio ocurre con toda clase de productos del hierro i otros materiales de construccion, repercutiendo tal estado en la moral del obrero, que, unas veces obligado por el encarecimiento de la vida, i otras por los comentarios sobre el ajio que producen las circunstancias indicadas, aumenta sus exigencias, pretende una mayor participacion en los no intervenidos beneficios de los patronos, i entre todos se va estableciendo una situacion

anómala i propensa a graves perturbaciones, cuando haya de restablecerse la normalidad, sea cual sea.

Entretanto, i como es natural, el valor creado se mantiene en límites elevados i la industria minerometalúrgica ha contribuido a la riqueza jeneral con un incremento de 401.073,579 pesetas, siendo de desear que ello contribuya a consolidarla i a crear nuevos centros de obtencion de productos elaborados que la emancipen en lo posible de la necesidad de acudir en la gran proporcion que lo venia haciendo a los mercados extranjeros.

Aunque en las actuales circunstancias todas las estadísticas sufren alteraciones desusadas i sólo servirán para patentizarlas i dejarlas consignadas como resultado de la perturbacion mundial que existe, seria conveniente este período para organizar metódicamente este servicio i ponerlo en condiciones de que si llegan a promulgarse leyes mineras mas racionales que las vijentes i para cuando se desarrolle esta industria en ambiente mas normal i pacífico, sea posible formar una estadística que, respondiendo a su objeto, pueda proporcionar bases para fundamentar sobre ellas juicios mas concretos i exactos que los que actualmente pueden deducirse.

Como de costumbre, i aparte de los cuadros i estados en que sólo aparecen cifras, los jefes de los distritos mineros han condensado en las correspondientes Memorias los hechos mas salientes i las observaciones necesarias para hacerse cargo del estado corriente de la industria, i en ellas debe buscarse los datos locales mas interesantes de cada rejion».

He aquí los datos estadísticos de conjunto i los dos estados-resúmenes de la industria minera i de la industria metalúrgica en 1917, que se consignan en esta publicacion:

VALOR DE LA PRODUCCION DEL RAMO DE LABOREO, A BOCA-MINA

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Año 1917..... | 488.464,290 ptas. |
| » 1916 | 382.855,785 » |
| | <hr/> |
| Diferencia a favor de 1917..... | 105.608,505 ptas. |

VALOR DE LA PRODUCCION DEL RAMO DE BENEFICIO, A PIÉ DE FÁBRICA

| | |
|---------------------------------|-------------------|
| Año 1917..... | 874.778,668 ptas. |
| » 1916..... | 579.213,594 » |
| | <hr/> |
| Diferencia a favor de 1917..... | 295.565,070 ptas. |

RAMO DE

| SUSTANCIAS | Concesiones productivas | Número de | HIDR |
|-------------------------------------|----------------------------|--------------|------|
| | Minas | obreros | Núm. |
| Aguas subterráneas..... | 11 | 66 | .. |
| Ambligonita..... | 1 | 46 | .. |
| Amianto..... | 1 | 32 | .. |
| Antimonio..... | 5 | 231 | .. |
| Antracita..... | 23 | 2,217 | .. |
| Arcilla..... | 4 | 43 | .. |
| Asfalto..... | 2 | 13 | .. |
| Azogue..... | 24 | 1,304 | .. |
| Azufre..... | 14 | 1,602 | .. |
| Barita (sulfato de)..... | 5 | 52 | .. |
| Bismuto..... | 1 | 24 | .. |
| Caolin..... | 1 | 43 | .. |
| Zinc (mineral de)..... | 72 | 4,608 | 3 |
| Cobre (mineral de)..... | 25 | 1,535 | .. |
| Cobre (pirita ferro-cobrizada)..... | 53 | 10,820 | .. |
| Estaño (mineral de)..... | 1 | 11 | .. |
| Esteatita..... | 3 | 56 | 1 |
| Espato fluor..... | .. | .. | .. |
| Fosforita..... | 3 | 782 | .. |
| Grafito..... | 4 | 11 | .. |
| Granate..... | 2 | 163 | .. |
| Hierro (mineral de)..... | 324 | 22,903 | 4 |
| Hierro (pirita de)..... | 25 | 49 | .. |
| Hierro manganesífero..... | 1 | 9 | .. |
| Hulla..... | 1,496 | 46,254 | 1 |
| Lignito..... | 98 | 5,197 | .. |
| Magnesia (carbonato de)..... | 2 | 35 | .. |
| Manganeso (mineral de)..... | 23 | 824 | .. |
| Ocre..... | 1 | 33 | .. |
| Oro (cuarzo aurífero)..... | 1 | .. | .. |
| Plata (mineral de)..... | 1 | 93 | .. |
| Plomo (mineral de)..... | 407 | 21,316 | .. |
| Plomo arjentífero..... | 22 | 453 | .. |
| Sal comun..... | 33 | 295 | .. |
| Sosa (sulfato de)..... | 6 | 47 | .. |
| Tierras aluminosas..... | 8 | 68 | .. |
| Wolframio..... | 19 | 821 | 4 |
| TOTALES..... | 2,722 | 122,215 | 13 |

LABOREO

| MAQUINAS | | | | | PRODUCCION | |
|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|-------------|--------------|
| ÁULICAS | DE VAPOR | | ELÉCTRICAS | | Toneladas | Valor |
| | Número | Fuerza en caballos | Número | Fuerza en caballos | | a boca-mina |
| Fuerza en caballos | | | | | | — Pesetas |
| .. | 3 | 620 | .. | .. | 29,267,850 | 1,745,357 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 10 | 1,000 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 110 | 11,000 |
| .. | 1 | 30 | .. | .. | 502 | 620,400 |
| .. | 20 | 673 | 15 | 1,074 | 324,756 | 1,366,866 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 4,245 | 60,295 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 1 | 21,370 |
| .. | 9 | 293 | .. | .. | 18,705,589 | 3,505,322 |
| .. | 4 | 43 | 7 | 282 | 84,979 | 7,901,605 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 00,147 | 268,362 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 13,900 | 7,456 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 1,220 | 34,760 |
| 80 | 26 | 578 | 89 | 3,008 | 123,485,629 | 9,151,38 |
| .. | 36 | 3,002 | 16 | 257 | 83,501,540 | 13,907,663 |
| .. | 167 | 07,055 | 58 | 1,938 | 1,817,839 | 47,511,900 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 77,300 | 105,800 |
| 100 | .. | .. | .. | .. | 3,450 | 33,350 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 250 | 7,000 |
| .. | 2 | 43 | .. | .. | 28,148 | 685,097 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 1,980 | 5,100 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 2,667 | 93,345 |
| 280 | 228 | 9,156 | 239 | 9,337 | 5,551,071 | 39,625,578 |
| .. | 31 | 1,654 | 29 | 3,061 | 376,918 | 19,491,604 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 50 | 400 |
| 20 | 335 | 17,037 | 204 | 11,500 | 5,042,213 | 240,486,675 |
| .. | 38 | 841 | 8 | 422 | 637,841 | 23,450,120 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 800 | 32,000 |
| .. | 4 | 45 | .. | .. | 57,474 | 2,090,121 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 780 | 19,500 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 50 | 650 |
| .. | 5 | 200 | 5 | 240 | 96,155 | 78,270 |
| .. | 202 | 9,440 | 296 | 12,185 | 240,368,389 | 61,528,330 |
| .. | 6 | 75 | 2 | 55 | 13,218,089 | 32,962 |
| .. | 8 | 77 | 4 | 226 | 309,413 | 1,840,862 |
| .. | 2 | 46 | .. | .. | 875 | 498 |
| .. | .. | .. | .. | .. | 470 | 16,450 |
| 165 | 3 | 65 | 2 | 97 | 546,119 | 1,644,284 |
| 845 | 11140 | 60,973 | 984 | 43,682 | | 488,464,290 |

RAMO DE

| SUSTANCIAS | Fábricas en actividad | MAQUINAS EN ACTIVIDAD | | | | | |
|----------------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|----------|--------------------|------------|--------------------|
| | | HIDRÁULICAS | | DE VAPOR | | ELÉCTRICAS | |
| | | N.º | Fuerza en caballos | N.º | Fuerza en caballos | N.º | Fuerza en caballos |
| Acido clorhidrico..... | 1 | .. | .. | .. | .. | 1 | 20 |
| Idem nítrico..... | 1 | .. | .. | .. | .. | 1 | 15 |
| Idem sulfúrico..... | 5 | .. | .. | .. | .. | 22 | 252 |
| Aglomerados de carbon..... | 16 | .. | .. | 13 | 1,096 | 22 | 945 |
| Idem de hierro..... | 1 | .. | .. | 1 | 750 | 25 | 1,424 |
| Albayaide..... | 2 | .. | .. | 2 | 190 | 19 | 261 |
| Alumbre..... | 3 | .. | .. | 1 | ? | .. | .. |
| Asfalto..... | 2 | 1 | 20 | .. | .. | 1 | 75 |
| Azogue..... | 6 | .. | .. | 8 | 238 | 10 | 320 |
| Azufre..... | 7 | .. | .. | 4 | 25 | 6 | 21 |
| Carburo de calcio..... | 13 | 22 | 7,765 | .. | .. | 45 | 13,831 |
| Cemento natural..... | 56 | 22 | 990 | 16 | 658 | 19 | 1,135 |
| Idem portland..... | 10 | 13 | 3,200 | 6 | 3,570 | 63 | 6,009 |
| Zinc..... | 2 | .. | .. | 13 | 286 | 13 | 302 |
| Cobre..... | 27 | .. | .. | 8 | 4,841 | 33 | 1,379 |
| Hierros i aceros..... | 18 | 33 | 2,234 | 273 | 77,092 | 470 | 23,418 |
| Hulla (hornos de cok)..... | 17 | .. | .. | 25 | 1,176 | 21 | 292 |
| Minio de hierro..... | 4 | .. | .. | 2 | 190 | 3 | 85 |
| Idem de plomo..... | .. | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Plata..... | 1 | .. | .. | .. | .. | .. | .. |
| Plomo..... | 15 | .. | .. | 21 | 1,171 | 125 | 1,921 |
| Sal comun..... | 171 | .. | .. | 10 | 416 | .. | .. |
| Sulfato de cobre..... | 4 | .. | .. | 1 | 30 | 1 | 3 |
| Idem de sosa..... | 5 | .. | .. | 2 | 46 | .. | .. |
| Superfosfatos..... | 22 | 4 | 262 | 9 | 626 | 130 | 2,788 |
| TOTALES..... | 409 | 95 | 14,471 | 415 | 92,401 | 1,030 | 54,500 |

BENEFICIO

| Número de obreros | CLASE DEL PRODUCTO | PRODUCCION | |
|-------------------|---------------------------------|-------------|------------------------------|
| | | PESO | Valor total a pié de fábrica |
| | | Kilógramos | Pesetas |
| 6 | Acido nítrico..... | 180,000 | 37,440 |
| 20 | Idem nítrico..... | 270,000 | 445,500 |
| 394 | Idem sulfúrico..... | 167,814,500 | 21,719,966 |
| 753 | Aglomerados de carbon..... | 499,446,600 | 27,753,902 |
| 640 | Idem de mineral de hierro..... | 219,757,000 | 3,750,898 |
| 112 | Albayaide..... | 2,691,000 | 2,691,000 |
| 76 | Alumbre..... | 730,000 | 392,820 |
| 24 | Asfalto..... | 1,950,000 | 123,900 |
| 472 | Acido arsenioso..... | 60,503 | 100,858 |
| | Azogue..... | 827,143,716 | 9,618,968 |
| 281 | Azufre..... | 12,885,000 | 4,790,860 |
| 619 | Carburo de calcio..... | 17,428,000 | 11,418,910 |
| 1,007 | Cemento natural..... | 235,420,000 | 3,730,013 |
| 1,662 | Idem Portland..... | 226,937,000 | 25,777,986 |
| 879 | Zinc laminado..... | 3,895,000 | 4,514,261 |
| | Idem refinado..... | 6,260,000 | 8,138,000 |
| 4,347 | Lingote..... | 1,554,000 | 2,331,000 |
| | Cobre cementado..... | 12,969,442 | 24,676,540 |
| | Idem blister..... | 22,493,000 | 54,819,217 |
| | Alambre..... | 1,510,000 | 4,892,000 |
| 11,958 | Lingote de hierro obtenido..... | 357,699,000 | .. |
| | Idem vendido..... | 104,261,000 | 58,844,303 |
| | Hierros i aceros..... | 470,241,644 | 281,501,503 |
| | Cok..... | 542,767,000 | 147,530, 25 |
| | Aceites pesados..... | 1,339,000 | 120,510 |
| | Alquitran..... | 18,920,000 | 1,159,181 |
| 432 | Amoniaco..... | 289,000 | 395,000 |
| | Benzol..... | 2,024,755 | 973,042 |
| | Brea..... | 5,344,000 | 481,276 |
| | Creosota..... | 1,800,000 | 1,069,500 |
| | Naftalina..... | 226,000 | 45,878 |
| | Sulfato amónico..... | 5,904,000 | 3,486,070 |
| 17 | Minio de hierro..... | 4,856,000 | 697,425 |
| .. | Idem de plomo..... | 1,387,000 | 1,531,320 |
| 12 | Plata fina..... | 114,342 | 13,163,666 |
| 3,798 | Plomo..... | 172,909,000 | 89,551,200 |
| 444 | Sal comun..... | 471,693,375 | 5,246,684 |
| 31 | Sulfato de cobre..... | 10,414,000 | 13,980,400 |
| 39 | Idem de sosa..... | 5,330,000 | 319,200 |
| 1,448 | Superfosfatos..... | 358,812,000 | 52,658,146 |
| 29,531 | | .. | 874,778,668 |

La enerjia hidroeléctrica en España

PLANES DE APROVECHAMIENTO JENERAL I DE REFORMA LEJISLATIVA
ESPUESTOS POR D. JUAN URRUTIA

El notable folleto sobre *La enerjia eléctrica en España i sus aplicaciones*, publicado el año anterior por don Juan Urrutia, dió lugar a que el Ministro de Fomento de aquel entónces encargara a tan competente especialista el estudio de las ideas jenerales que debieran tenerse en cuenta para la redaccion de un proyecto de nueva lei de Aguas, en la parte correspondiente a la utilizacion de la enerjia que es posible recojer en nuestros rios.

De ello ha nacido un segundo e importante folleto del señor Urrutia, trabajo que ha llamado la atencion de ingenieros i economistas por lo vasto de la concepcion i por la valentia de las soluciones propuestas, i que ha sido ya motivo de alguna impugnacion, como era de esperar tratándose de proyectos de interes jeneral que habrian de prevalecer a espensas de intereses particulares.

Sin embargo, es de tal trascendencia para la economia de la nacion el problema del pronto i total aprovechamiento de las fuerzas hidráulicas, que cuanto se haga para volver sobre él i remover el asunto es oportuno siempre, i mas en este momento en que se anuncia la presentacion de un proyecto de lei del señor Cambó, adoptando quizá alguna de las direcciones indicadas en el folleto. Queremos, pues, contribuir a la divulgacion de este trabajo, i ya que su estension nos impide reproducirlo íntegramente, vamos a insertar los capítulos donde se esponen los términos en que el problema se plantea a juicio del autor i las conclusiones a que lójicamente le conduce su sólida i competentísima argumentacion.

SITUACION LEGAL DE LA RIQUEZA HIDROELÉCTRICA

Hasta el presente, no obstante los conceptos jenerales que preceden, el Estado español, en materia que tanto debiera importar, se ha limitado a interpretar malamente una lei de fecha remota, redactada sin el menor atisbo de la trascendencia que en la actualidad ha llegado a adquirir el agua que se precipita por nuestros rios como productora de enerjia; i si bien en aquélla se establece el principio de que son propiedad del Estado todos los cursos de agua, en cuanto ésta sale del predio particular donde quizás nacjera, de hecho renuncia a su concepto de propietario, al establecer la concesion a perpetuidad, sin restriccion alguna, con lo cual, aquel de-

recho mas bien es hipotético que real, ya que si no es por oposicion de tercero, ninguna concesion se niega por el Estado.

Por otra parte, se debe consignar que la actual lei de Aguas, sólo parcialmente i de un modo secundario se ocupa del uso que del líquido elemento puede hacerse como manantial de enerjía. El legislador, en armonía con el estado de la industria de aquella época, concedió escasísima importancia a la parte de la lei con ella relacionada; fijándose especialmente en otros usos del agua, como son los de abastecimiento de poblaciones i riegos, que por entónces se consideraban de mas trascendencia i ante los cuales los demas, aun los canales de navegacion, tenian un reducsísimo valor.

Al presente, la riqueza hidroeléctrica, llamémosla así, por ser indispensable en términos jenerales el intermedio de la corriente eléctrica para poder utilizar los innumerables e importantes saltos de nuestra nacion, tiene una importancia decisiva en la industria actual i la tendrá mucho mayor en la futura, de la cual, aquélla sólo representa una mínima parte de ésta, que, si cupiera cifrarla, pudiera asegurarse que la relacion de una a otra no será mayor de 1/10.

Si España quiere alcanzar el rango industrial que le corresponde en el concierto de los pueblos civilizados, le es necesario realizar el plan de que se trata en este folleto, so pena de dar una nota discordante, que, a mas de ser la manifestacion de su ruina, dejaria mal parado nuestro prestigio nacional; i por la íntima relacion que con dicho plan tiene, vamos a comentar someramente la lei de Aguas i la intervencion que por ésta ejerce el Estado.

Guiado el legislador por el espíritu liberal de la época, no obstante conceptuar al Estado propietario único de la riqueza hidráulica, dejó a merced de las iniciativas particulares la suerte del desarrollo de una riqueza cuya importancia estaba mui léjos de vislumbrar; dando lugar con ello a que cayera una de las mejores partes del patrimonio natural de la nacion en manos de especuladores, cuya condicion nunca fué discutida por la Administracion, que vino a convertirse inconscientemente en amparadora de los detentadores de una riqueza que nunca debió concedérseles sin la garantía mas absoluta de que seria puesta inmediatamente en actividad.

Ciertamente que una parte, aunque mínima, de las concesiones, fué otorgada a industriales de buena fe, que han creado industrias importantes; pero las mas de las concesiones puestas en actividad hubieron de comprarse a especuladores, i en manos de éstos se encuentra quizás mas del 80 por 100 de los saltos aún posibles en España, constituyendo estos negociantes el mayor obstáculo para la construccion de aquéllos; obstáculo que sólo puede salvarse, pagando las grandes cantidades que la codicia de dichos especuladores exige por no *estorbar*. Esta es la única justificacion de sus pretensiones, que se asienta en lo que legalmente les concedió el Estado, i que nada les costó i nada piensan gastar, aunque otra cosa ofrecieran en

escritos rimbombantes, llenos de halagüeñas promesas, en los proyectos que motivaron el otorgamiento de sus concesiones.

Hora es ya, aunque no sea mas que por razones de decoro i patriotismo, de que desaparezca la ficcion legal que permite tan lamentable estado de cosas; pues con ello quedarán a disposicion de los industriales de buena fe, cerca del 90 por 100 de la total riqueza hidroeléctrica que puede crearse, en tanto que, actualmente, será mui difícil encontrar, en lo mas recóndito de nuestros rios i arroyos, un salto de agua que valga la pena de tomarse en consideracion i que no esté solicitado o concedido, lo que en definitiva quiere decir, acaparado.

Como muestra puede citarse alguna concesion otorgada el año 83 del siglo pasado, que hoy se halla en manos de personas que nada hicieron nunca ni piensan hacer, en espera del industrial que les pague una prima. Otro hecho tan significativó como incalificable es el de que a una sola persona, que ni siquiera fué español, se le concedieran hasta 34 aprovechamientos de otros tantos saltos, cuya construccion exijiria mas de un centenar de millones, sin que el Estado tomase la mas elemental medida para asegurar la construccion de uno solo. Escusado es decir que, aunque van trascurridos algunos lustros, las concesiones no pasaron de tal condicion, sin que a los poseedores actuales se les pueda reprochar nada, porque siempre cumplieron con los requisitos de la lei, tal como la Administracion la interpreta: siendo éste un caso de los mil que podriamos citar. Que esto es escandaloso, nadie puede negarlo, así como que no es posible continúe por mas tiempo una situacion legal que permite tales cosas.

Jamas debió el Estado enajenar la propiedad de una riqueza pública, natural i perpetua, que, por otra parte, no ha sido preciso descubrir, pues se halla en la superficie, a la vista de quien con criterio industrial ha podido ir apreciando su adaptacion a las necesidades de la industria a medida que ésta ha ido progresando.

Esta riqueza, que con carácter comun la heredamos de nuestros mayores, sólo por ignorancia del lejislador ha podido ser sustraída al comun usufructo de las jeneraciones actuales i venideras.

No cabe, por otro lado, compararla con la riqueza minera, que es limitada i que una vez descubierta, sólo puede ser utilizada por las jeneraciones cuyas necesidades determinen su agotamiento; pues, las mas de las veces, esta riqueza es ignorada i jeneralmente se determina su existencia por el ingenio i sacrificios económicos de los particulares, i aun así, sólo se justifica esa dejacion del Estado por su mala condicion para industrial.

ACTUACION CONVENIENTE DEL ESTADO

La primera debe ser recuperar lo que por desidia e inadvertencia ha dejado perder, i, si bien es cierto que para ello bastaria el que la lei actual.

aunque rudimentaria, se aplicara en su espíritu, sin permitir mistificaciones que hacen una ficción de los preceptos mas esenciales, es ya tal la tolerancia consentida i la adulteracion de los principios que la inspiraron, que, por haber caido éstos en desuso, es imposible hacerlos resurgir, porque a ello se opondria todo el sistema de funcionarismo administrativo, que por *lei de la costumbre* ha convertido en esencia la forma de interpretar en favor esclusivo de intereses particulares, principios que debieron mantenerse intanjibles.

¿Por qué ha de entregar el Estado una riqueza tan importante a personas que no ofrecen una garantía seria de cumplir lo que prometen, i de los cuales no se sabe que dispongan de medios económicos para realizar lo que proyectan?

Para evitar esto i el grave inconveniente de los prejuicios, será mucho mejor dictar una lei nueva, precisa, que no dé lugar a que la Administracion pública, por incuria, deje perder algo que es necesario conservar i le permita recuperar una riqueza decisiva para el progreso nacional, hoi abandonada: todo puede hacerse sin perjuicio de respetar aquello que dentro de la mas estricta moral debe ser respetado.

Diversos criterios puede seguir el Estado para la administracion de su riqueza hidroeléctrica, para lo que le bastará seguir el ejemplo de otras naciones que se han preocupado, como el problema lo merece, de resolverlo en las condiciones mas ventajosas para la economia nacional; sin perjuicio de dejar un aliciente, *lejítimo* i *amblio*, al capital i de que la industria no sufra trabas ni inconvenientes que la perjudiquen en su desarrollo, ya que de éste depende fundamentalmente el de la riqueza nacional.

Algunos paises, como el Canadá, han hecho una estadística completa i bien estudiada de su riqueza hidroeléctrica, relacionando entre sí la importancia i posible actuacion de las principales rejiones de produccion hidroeléctrica, i, a su vez, con las condiciones industriales, i en jeneral, de consumo presente i futuro de todo el pais. Teniendo esto en cuenta, han establecido las bases jenerales para la realizacion de los aprovechamientos que deben construirse, de las líneas de transporte i redes de distribucion de enerjía de los principales centros o rejiones de aplicacion de la misma, condicionando igualmente el modo de su distiibucion, tanto por lo que se refiere a su aspecto técnico como al administrativo, i manteniendo como principio indiscutible la propiedad del Estado, que no enajena, i sólo concede su utilizacion en un plazo limitado, estableciendo ciertas reservas en cuanto al destino i precio de la enerjía, i principalmente para la que pueda utilizarse en servicios públicos.

Otros Estados, cuya lejislacion antigua concede estos aprovechamientos esclusivamente a los ribereños, han limitado el alcance de este derecho a los saltos de poca importancia, i partiendo asimismo del principio de la propiedad indiscutible de tal riqueza, en cuanto puede afectar a la jenera-

del país, si bien han dejado a los particulares el proponer los aprovechamientos, han establecido normas para su reversion, i condicionado su explotación, con la reserva de una parte de la energía, a precios determinados, para destinarla preferentemente a servicios públicos, nacionales o municipales; llegando algunos Estados, como Noruega, a reservarse el derecho de intervenir en la venta de la energía producida por particulares, en lo que se relaciona con su aplicación a determinadas industrias, con el precio de venta de la energía, con la importancia de los contratos cuando se trata de consumos superiores a 500 kilovatios, i, por último, con la actuación de los extranjeros; tendiendo a favorecer muy especialmente la mano de obra i capital nacionales.

En otros países, partiendo del mismo principio de propiedad del Estado, se anula el antiguo derecho de los ribereños, dejando, no obstante, a la iniciativa particular el solicitar los aprovechamientos; pero se admiten en controversia proyectos de mejora, bien sea por su importancia, por el concepto de utilidad, por precio de energía, etc., dando a la prioridad el derecho de tanteo, i, de no utilizarse éste, el de reintegro de los gastos que el primer solicitante hubiere tenido. También se imponen condiciones de reversion en plazos variables, según los casos, de treinta a setenta i cinco años, además de la preferencia en el usufructo ulterior de una parte de la energía para servicios públicos del Estado i de las comunidades, en condiciones de precio que en cada caso se determinan; aparte de otras condiciones de orden puramente fiscal.

En otros países, por fin (algun cantón suizo), manteniendo el antiguo derecho de los ribereños, lo convierten en obligación para la realización, en condiciones determinadas, de aquellos proyectos que el Estado estima de utilidad pública, viniendo con ello a establecer un nuevo derecho, derivado del que el Estado tiene de intervenir en todo lo que afecta a la utilidad pública.

En casi todos estos sistemas establece el Estado un impuesto especial por unidad de potencia utilizada, si bien para los aprovechamientos pequeños, por ejemplo, los menores de 15 Kw., se les exime de esta gabela.

En todos los sistemas bosquejados, mantiene el Estado el derecho de propiedad de los ríos, en cuanto su aprovechamiento puede afectar a la utilidad pública; especialmente en los grandes saltos, llegando en algunos países, como en Suiza i Suecia, a la explotación directa de los de extraordinaria importancia. Suecia explota tres saltos situados al Norte, que suponen una potencia de 150,000 Kw., i otros en las regiones del Sur, teniendo actualmente electrificado, con energía de aquéllos, el ferrocarril minero de Kiruna. Es esto más digno de llamar la atención, cuanto que el Estado sueco, respetando aun el derecho de los ribereños, se venía limitando a estimular a éstos para que, dentro de aquél, procuraran desarrollar la producción de energía hidroeléctrica.

Nuestra libérrima lei de Aguas, no obstante consignar como ninguna que es propiedad indiscutible del Estado todo aprovechamiento, sin tener en cuenta su importancia, es interpretada por la Administracion en forma que, de hecho, como en otro lugar se dice, no existe tal derecho de propiedad.

Dadas las corrientes actuales de sociología económica i los ejemplos citados, los gobernantes no deben mantener por mas tiempo tal estado de cosas, so pena de incurrir en responsabilidades que, por lo ménos, harán poco honor a su nombre i prevision en jeneraciones venideras. Por entenderlo así los demas pueblos civilizados, algunos de los cuales, hasta hace poco tiempo, habian dado escasísima importancia a este asunto, se vienen estos últimos años preocupando de él de una manera especial, por haber visto que la enerjía hidroeléctrica tiene un valor decisivo en el desenvolvimiento de la riqueza nacional.

Con lo espuesto queda demostrada la importancia de que el Estado conserve eficazmente su condicion de propietario i establezca reglas que permitan sacar el máximum de beneficios de la riqueza que ha de desarrollarse, sobre la natural que hoi posee; obteniendo de ella el mayor producto con el menor tiempo i gasto posibles, porque, en los demas aspectos del asunto, su mala administracion puede tener ulterior rectificacion; pero no así su mala i cara utilizacion, que, una vez realizada, no puede corregirse.

La riqueza nacional hidroeléctrica de utilizacion inmediata, estimada mui prudentemente en mas de dos millones de kilovatios, no puede alcanzar ni el 50 por 100 de esa cifra, si se desarrolla sobre la base de las concesiones actuales; i aun en el supuesto de que todas éstas fueran realizables, el coste unitario de la enerjía seria mas del doble del que fuera preciso con una utilizacion efectuada con amplio criterio técnico, sin el pié forzado de la situacion legal, que obliga a una actuacion divisionaria llevada al extremo.

Pocas consideraciones bastan para probar estas afirmaciones. La situacion de la mayor parte de los saltos concedidos i su relativa poca importancia, les hace inaplicables para transporte de enerjía a gran distancia; su utilizacion *in situ* o en una rejion próxima, es en muchos imposible i en otros improbable, con lo cual por ahora, i por el tiempo en que pueden hacerse apreciaciones, muchísimas de las concesiones actuales no pasarán a ser una realidad. Esto supone una gran pérdida de la enerjía hidroeléctrica nacional. De otro lado, el coste unitario jeneralmente disminuye considerablemente con la potencia del salto que se trata de crear, i los gastos de explotacion disminuyen aún en mayor proporcion.

Ejemplos de instalaciones actuales de nuestra nacion dan las cifras siguientes:

| | | | | | | |
|------------------------------|-------|-------|-------|-------|--------|--------|
| Capacidad de la instalacion. | Kw. | 500 | 2,500 | 6,000 | 12,000 | 20,000 |
| Coste por Kw. instalado.... | Ptas. | 2,100 | 1,750 | 1,330 | 407 | 345 |
| Gastos anuales por Kw. | » | 40 | 30 | 22 | 6 | 4,50 |

Ellas son la comprobacion de lo dicho, i ponen de manifiesto la consecuencia siguiente: La enerjía hidroeléctrica nacional debe utilizarse en sa tos lo mas grandes posible, para obtenerla al mínimum de coste i al mínimum de gastos de explotacion.

Cierto que esto no será seguramente en todos los casos lo que mas convenga a los industriales, que se ven precisados a estudiar el problema suyo particular, teniendo en cuenta las propias necesidades i el capital de que disponen; pero no lo es ménos que el Estado tiene necesidad de mirar el problema en su aspecto jeneral, i sólo debe consentir fraccionamientos cuando las condiciones naturales o industriales no permitan la utilizacion en grandes saltos, por suponer lo primero una pérdida irreparable en la economía nacional, que sólo como mal menor deba admitirse.

Para llevar a la práctica estas ideas se necesita: primero, tener conciencia cierta, o por lo ménos aproximada, de la situacion i valor de la enerjía hidroeléctrica; segundo, estudiar su mejor distribucion en relacion con la mayor utilizacion i mayor cooperacion al desarrollo industrial, que es el que en definitiva interesa al Estado, que con ello verá acrecentada su riqueza nacional; i tercero, conocer la necesidad o conveniencia i posibilidad económica, de convertir la enerjía potencial de los saltos en enerjía actual, utilizable en corriente eléctrica.

Para realizar lo primero, se necesita hacer un estudio completo de la estension i condiciones hidrográficas de las cuencas de los rios i aun arroyos de alguna importancia i gran pendiente, comprendiendo en él la orografía; el réjimen de lluvias; la mayor o menor permeabilidad del suelo i rapidez de precipitacion de las aguas; el réjimen del caudal de los rios; la posibilidad de correccion de sus irregularidades con embalses en la zona alta del curso de los mismos para mayor i mas regular produccion de enerjía i, en muchos casos, para crear aprovechamientos que sin dicha regulacion son industrialmente imposibles (utilizando al mismo tiempo esta regulacion para fines agrícolas en la zona baja de sus cuencas); la pendiente de su curso, señalando los puntos especiales en que por ser mas pronunciada son los mas indicados para el establecimiento de saltos, así como tambien la estension de los tramos de rio que deben corresponder a cada aprovechamiento (1).

(1) Téngase presente que en la llamada política hidráulica, mejor ideada que desarrollada, se ha omitido hasta ahora la importancia industrial del plan de regularización del caudal de nuestros rios, i, sin embargo, es tal su importancia, que por sí sola justifica el estudio de un plan jeneral de embalses, lo cual quiere decir que tenidas en cuenta las dos orientaciones industrial i agrícola, los beneficios que podrian obtenerse son incalculables, por lo que demorar su estudio combinado, constituirá un abandono lamentable.

Para lo segundo debe estudiarse con relacion a la importancia de cada salto: a) Su radio de accion, que, por hoi, para los grandes de 15,000 o mas Kw. el límite es de 400 Km. de longitud, que en nuestra Península no es preciso alcanzar, porque ántes de llegar a ese límite con relacion a un salto, se entra en el radio de accion de otro situado a mucha menor distancia. b) Posibilidad i conveniencia de relacion de saltos de distintas rejiones, para compensar entre sí defectos de caudal, cuando los mínimos respectivos no coinciden en tiempo. c) Necesidades industriales, actuales i futuras, que pueden preverse en la zona de accion de un salto o de un con junto de ellos, por el probable desarrollo de la industria, entre otras razones, por disponer de enerjía eléctrica barata.

I para conocer lo tercero, se necesita un estudio de la importancia económica del consumo inmediato, al suministrar enerjía eléctrica a las zonas industriales a que pueden alcanzar los trasportes eléctricos, i el costo de los saltos e instalaciones mecánicas i eléctricas necesarias para la produccion i distribucion de la corriente; deduciendo en su consecuencia, hasta qué punto es necesaria i conveniente la produccion de enerjía eléctrica en la zona de que se trata, con lo cual se determina hasta qué límite puede desarrollarse la industria hidroeléctrica, con las naturales ventajas económicas que deben siempre acompañar a todo negocio industrial.

Todos estos aspectos han de estudiarse por conceptos jenerales, que, aun espuestos a rectificaciones importantes, siempre darán lugar a ideas mas aproximadas a la realidad que una serie de estudios prolijos, que necesariamente habrian de fundarse en supuestos no siempre exactos i cuyas consecuencias, por acumulacion de errores, serian ménos precisas.

Formado juicio por parte del Estado de lo mas conveniente para obtener el mayor i mas rápido beneficio de la riqueza de que se trata, deberá tomar las medidas conducentes a su libre actuacion, i, entre ellas, la incautacion de todas las concesiones actuales que en esencia se hallan en caducidad por no efectuarse la construccion con la importancia i rapidez que la naturaleza de las obras proyectadas exige; no admitiéndose justificaciones documentales que, hasta el presente, tienen por único objeto, buscar medios legales de mantener el derecho a las concesiones, sin la obligacion de realizarlas; debiendo decretar caducadas cuantas no hayan cumplido real i efectivamente con las prescripciones que las regularon, cuantos hayan sido prorrogadas o modificadas o pedido la modificacion o prórroga, que no estén en período de construccion activa o no tuvieren ejecutadas todas las obras que apreciadas con criterio técnico debieron de realizarse en el espacio de tiempo que medió entre la primera concesion i la fecha de la modificacion o prórroga; lo cual no debe ser óbice para que el Estado, ateniéndose al principio de moral ántes indicado, respete los derechos de los concesionarios que cumplieron sin mistificaciones i de una manera efectiva, las condiciones

que regulan su concesion, i para que si fuera preciso o conveniente el rescate de dichas concesiones, se valoren por el costo de elaboracion del proyecto, el de las obras ejecutadas i la parte proporcional de afeccion que, relativamente, ha de ser cantidad reducida.

Toda concesion cuyas condiciones se cumplieron sin ninguno de los vicios señalados, debe dar derecho a su poseedor a aceptar el criterio de la nueva lei, i en su defecto, a las indemnizaciones ántes señaladas.

En capítulos sucesivos espone el autor las ideas esenciales, acerca de un plan jeneral de produccion de enerjía hidroeléctrica i de distribucion de ésta para todos los servicios nacionales en que pueda tener ventajosa aplicacion, i el anteproyecto de aprovechamiento del conjunto de los grandes saltos, llegando por último al siguiente:

PROYECTO DE LEI DE REGULACION DEL APROVECHAMIENTO
DE LOS RIOS PARA PRODUCCION DE ENERJÍA

Respetados por órden de prelación los aprovechamientos de las aguas públicas para el abastecimiento de poblaciones i ferrocarriles i para riegos, en cuanto a ellos pudiera oponerse (que será muy poco), tenidas en cuenta las prescripciones de higiene i salubridad, i habida cuenta de las ideas que preceden i, singularmente, de que el derecho de propiedad de los saltos de agua es inmanente del Estado i no lo enajena, podria redactarse el articulado de la Lei a que se refiere el epígrafe, en forma parecida a la siguiente:

ARTÍCULO TRANSITORIO.—Todas las concesiones actuales en las cuales haya pasado el plazo de comienzo de las obras o no se haya trabajado en ellas con la intensidad correspondiente a la que técnicamente debe desarrollarse de una manera regular en todo el tiempo de su duracion, se declararán caducadas, por incumplimiento real i efectivo de las condiciones de la concesion. No tendrán valor alguno las actas de comienzo de obra que se usan, para legalizar de una manera ficticia el proceder del concesionario.

Asimismo, se considerarán incursas en caducidad todas las concesiones sobre las cuales se hayan pedido modificaciones o prórrogas i no estén, al presentarse esta lei, en plena actividad de obras, si en el período en que debieron ejecutarlas no se realizaron las que se señalaban en la primera concesion en proporcion al tiempo trascurrido.

Las concesiones que se hallen en perfecto estado *legal i real en armonía con lo en ellas dispuesto*, deberán ser respetadas; sin embargo, tendrá el

Estado el derecho de rescate de las mismas para la realizacion de un proyecto de mas amplitud, previo pago de los gastos que el concesionario hubiere tenido por la elaboracion del proyecto, por las obras que hubiere ejecutado i por el valor de la afecion, que puede suponérsele relativamente reducido, frente a los primeros, a ménos que el concesionario acepte lo que se dispone en la presente lei.

Desde el dia de presentacion de esta lei a las Cortes, se suspenderá toda tramitacion de espedientes que afecten a los aprovechamientos de enerjía hidráulica.

ARTÍCULO 1.º Los aprovechamientos de agua para producir enerjía, podrán ser solicitados por Corporaciones para servicios públicos i por particulares o entidades jurídicas para su uso particular; siendo preferentes los servicios públicos, siempre que lo solicitado no perjudique ostensiblemente al mejor aprovechamiento de las aguas que se trata de utilizar i la enerjía no se dedique a servir a los particulares, cuando esta necesidad está cubierta por otra entidad o persona cualquiera que tenga aprobadas sus tarifas por la Administracion o por el Municipio a que sirve.

ART. 2.º Para los efectos de esta lei se establece una clasificacion de los aprovechamientos para producir enerjía, en tres categorías:

1.ª Comprende todos los que la potencia máxima solicitada no pase de 700 Kw.

2.ª Comprende los de 701 a 5,000 Kw.

3.ª Comprende los de 5,001 en adelante.

ART. 3.º Todos los aprovechamientos de aguas públicas para producir enerjía, por el hecho de ser concedidos, gozarán de los beneficios propios de la utilidad pública i tendrán, en consecuencia, todos los derechos de servidumbre i espropiacion forzosa que procedan para su utilizacion, desde el remanso al desagüe, pasando por el estribo de presa, acueducto, conduccion forzada i casa de máquinas, con la amplitud conveniente para el mejor aprovechamiento, mas las instalaciones eléctricas necesarias para su completa utilizacion i las obras e instalaciones auxiliares i temporales que fueran precisas.

ART. 4.º Los aprovechamientos de la primera categoría se concederán sin mas limitacion que el derecho de reversion gratuita a favor del Estado a los sesenta años de su concesion; comprendiéndose en aquélla, las obras hidráulicas de toda clase, el artefacto que utilice directamente el agua i el edificio en que aquél esté alojado, con exclusion de toda otra máquina, aparato o edificio. Ahora bien, si al hacerse cargo el Estado fuera preciso, para la ulterior utilizacion, ocupar terrenos o edificios anexos, tendrá aquél el derecho de espropiacion forzosa con arreglo a la lei que la regule.

ART. 5.º En las concesiones de segunda categoría se reserva el Estado para sí, con destino a servicios públicos o para cederle en favor de los Municipios con destino igualmente a servicios públicos, hasta el 30 por 100

de la energía que pueda producirse en la central, que será valorada al darse la concesion, teniendo en cuenta el interes comercial de la época, la amortizacion de la maquinaria i los gastos de explotacion en la proporcion utilizada con relacion al total aprovechamiento. La energía reservada para servicios públicos no podrá dedicarse al servicio particular, cuando esta necesidad pueda ser atendida con tarifas aprobadas por la Administracion, propuestas por el concesionario, a quien pueda afectar esta reserva o esté atendida por otro aprovechamiento anterior, cuyo concesionario tuviera aprobadas sus tarifas por la Administracion o por la Corporacion de la localidad en que se distribuya la energía.

El derecho de la reserva del 30 por 100 o ménos de la energía, ha de hacerse efectivo al comienzo de la explotacion; de lo contrario, dispondrá siempre el concesionario de un plazo de tres años despues de ser notificado por la Administracion de que el Estado quiere ejercer ese derecho. En tanto no exista dicha notificacion i en el plazo de los tres años despues de su fecha, el concesionario usará libremente de toda la energía del aprovechamiento que le fué concedido.

Por su parte, el Estado o la Corporacion cesionaria de su derecho, al comienzo de aquél o desde el dia que señalen para hacer la explotacion efectiva, vendrá obligado al pago del importe de la energía que se reserva, haga o no uso de ella.

ART. 6.º Constituirá derecho de preferencia la importancia del aprovechamiento, i en caso de ser iguales en potencia, la prelación de la solicitud en las de primera categoría, i si se destina a producir energía para la venta al público, las tarifas propuestas; en las de segunda, ademas, el menor precio de la energía que se reserva para los servicios públicos, i la mayor garantía de realizacion i del mejor empleo de la energía, en cuanto pueda afectar al desarrollo de otras industrias o atender a necesidades públicas.

Estos saltos no podrán ser concedidos a extranjeros, mas que por el Consejo de Ministros a propuesta del de Fomento, previo informe, a mas de los reglamentarios, de la Comision de Proteccion a la Industria Nacional o entidad que haga sus veces.

ART. 7.º De los aprovechamientos de segunda categoría, revertirán gratuitamente al Estado en un plazo de sesenta años, las obras i artefactos hidráulicos, i, previa indemnizacion de su importe, la maquinaria e instalaciones mecánicas i eléctricas i edificios propios de ellas, valuados teniendo en cuenta el demérito que el uso i el tiempo hayan podido producir.

No podrá el concesionario comprometer el uso de la energía mas que hasta la fecha de su reversion.

Si hubiera líneas de transporte i centrales de trasformacion para la utilizacion de la energía, a demanda del concesionario, vendrá obligado el Estado a su adquisicion, valorada en la forma dicha.

ART. 8.º Los aprovechamientos de tercera categoría se considerarán

afectos al plan jeneral de distribucion de enerjía para los servicios públicos i de la industria en jeneral que se determinan en el proyecto que se acompaña a esta lei.

Se concederán a los particulares o entidades jurídicas con la condicion de cumplir las reglas técnicas que con carácter jeneral i para la mas fácil relacion técnico-industrial de los grandes aprovechamientos, se establecen en dicho proyecto.

ART. 9.º Será condicion precisa para la concesion de los aprovechamientos de tercera categoría, por lo que al capital, administracion, direccion i personal se refiere, que se cumpla lo dispuesto en la lei de Proteccion a la Industria Nacional, para recibir el favor de la misma, considerándose como tal la concesion.

ART. 10. Las concesiones de estos aprovechamientos se otorgarán mediante concurso, en el cual se establecerá el precio máximo de venta de la enerjía en relacion con los usos que de la misma se haga i el lugar o lugares de su utilizacion; siendo preferentes las proposiciones que ofrezcan un mayor aprovechamiento, precios mas reducidos de venta de enerjía i menor plazo de reversion, así como tambien mayor garantía de ejecucion i mayor actuacion de la enerjía en las atenciones o desarrollo de la industria.

ART. 11. Todos estos grandes aprovechamientos quedan afectos al suministro de enerjía para servicios públicos hasta el 50 por 100 de su potencia, entregada en la central productora en las condiciones de precio que serán formuladas en el concurso, con las mismas restricciones respecto al servicio a particulares que se establecen para los de segunda categoría.

ART. 12. El plazo de concesion de estos aprovechamientos, si el petionario no lo fija menor, será de sesenta años, al fin de los cuales pasarán gratuitamente a posesion del Estado todas las obras e instalaciones hidráulicas; con el derecho de incautacion, previo pago segun valoracion, de la maquinaria que no utilice directamente el agua, instalaciones de todas clases de la produccion, trasformacion, transporte i distribucion de la enerjía eléctrica que afecten al sistema jeneral ántes indicado.

En la valoracion se tendrán en cuenta las pérdidas por demérito producido por el uso o el tiempo.

ART. 13. Si no hubiera conformidad para la valoracion entre el representante del Estado i el concesionario, resolverá el Tribunal Supremo, asesorado de un técnico, que con carácter jeneral permanente tendrá esta mision.

ART. 14. Si caducada una concesion por haber terminado el plazo de su duracion, cumplidas todas las condiciones establecidas en aquélla, decidiese el Estado otorgar otra nueva concesion sobre el mismo aprovechamiento, tendrá el primitivo concesionario o sus causahabientes, el derecho de tanteo sobre la nueva concesion.

ART. 15. Los aprovechamientos en explotacion, en construccion o sola-

mente concedidos de primera categoría, quedan sujetos a la espropiacion forzosa, aun en favor de particulares o entidades jurídicas, cuando sea preciso para otro aprovechamiento de una potencia cinco veces mayor. Los de segunda categoría, cuando la potencia del nuevo aprovechamiento sea tres veces mayor, i los de tercera, cuando el nuevo aprovechamiento sea de doble potencia. Se reserva el Estado el derecho de espropiacion, sin limitacion, cuando sea precisa para un servicio público o afecte a un sistema jeneral de aprovechamientos.

ART. 16. Las aguas concedidas para un aprovechamiento no podrán utilizarse para otro uso, al cual no se adquirirá derecho ni por prescripcion.

ART. 17. La Administracion no contrae ninguna obligacion respecto del caudal concedido.

ART. 18. Cualquier Corporacion, entidad o particular, podrá solicitar de la Administracion autorizacion para transitar i ocupar terrenos públicos o de particulares para efectuar los estudios de aprovechamientos hidráulicos para producir energía, conforme a lo que dispone la lei de Obras Públicas.

ART. 19. Con escepcion de los aprovechamientos para abastecimiento de aguas a poblaciones o ferrocarriles i riegos, serán preferentes a todos los demas, los que son objeto de esta lei, i tendrán sobre ellos el derecho de espropiacion forzosa.

ART. 20. Cuando se trate de aprovechamientos de 2.^a i 3.^a categoría, podrá pedirse la concesion conjunta del aprovechamiento hidráulico, de central jeneradora, de estacion de trasformacion primaria i proteccion, líneas de transporte i centrales de trasformacion secundarias i redes de distribucion, para los efectos de la imposicion de servidumbre, de paso de líneas i de espropiacion forzosa para los edificios en que han de alojarse aquellas instalaciones.

Cuando las líneas de transporte funcionen a tensiones superiores a 50,000 voltios entre conductores, el concesionario tendrá derecho al trazado técnicamente mas perfecto, i no rejrán en consecuencia las limitaciones que respecto del paso sobre los inmuebles i predios cerrados, establece la lei de instalaciones de líneas eléctricas, ni se podrá imponer a las líneas las variaciones de trazado en los predios abiertos que a peticion del propietario impone dicha lei (1).

ART. 21. La tramitacion de estas concesiones, sea cualesquiera la situacion del curso de agua a que puedan afectar, corresponderá exclusivamente a la Seccion de Obras Públicas.

ART. 22. Rejrán para estos aprovechamientos todas las demas prescripciones de la lei de Aguas que tengan carácter jeneral i no se opongan a las especiales que quedan consignadas.

(1) Esta aclaracion seria mas propia de la lei de imposicion de servidumbre forzosa de paso de líneas eléctricas, cuya modificacion es asimismo urgente.

ART. 23. La energía generada en los aprovechamientos hidráulicos, no podrá ser objeto de concesiones para su transporte al extranjero, i solamente en caso de carencia absoluta de utilización en el territorio español, se podrá temporalmente, hasta un máximo de quince años, autorizar su transporte al extranjero por el Consejo de Ministros, previos los trámites reglamentarios para las concesiones de esta naturaleza i del informe favorable de la Comisión de Protección a la Industria Nacional.



La flotación de los minerales

ESTADO ACTUAL, SEGUN UN RESÚMEN PUBLICADO EN «LE GÉNIE CIVIL»

El procedimiento de preparación de los minerales por *flotación* ha adquirido durante estos últimos años una importancia considerable, pues ha permitido la explotación de criaderos relativamente pobres de minerales de zinc, de cobre, de plomo, etc. Gracias a este procedimiento, Australia, en particular, ha podido llegar a una producción de zinc igual a la quinta parte de la producción mundial.

Este procedimiento se basa, como es sabido, en la propiedad que poseen algunas especies minerales de incorporarse a la espuma formada en la superficie de una mezcla fuertemente agitada de agua, aire i aceite, mientras que otras, entre ellas la mayor parte de las gangas, no la poseen.

La atracción adherente de los aceites para ciertos minerales fué descubierta por Haynes, hacia 1860. En 1885, miss Everson, i mas tarde los hermanos Elmore, siguieron el estudio de este problema, i puede decirse que éstos fueron los que sentaron las bases de los métodos actuales.

El procedimiento Potter-Delprat, puesto en práctica en Australia desde 1902, no utilizaba el aceite, i la espuma era producida por la introducción de ácido en la pulpa formada por mineral triturado i agua. Poco después, en Australia también, Sulman, Picard i Ballot, establecieron el primer aparato de flotación verdaderamente satisfactorio.

El procedimiento pasó en seguida a América donde fué estudiado por varios técnicos, principalmente por Mac Quisten, Callow i Hyde. Desde hace algunos años se extiende cada vez mas, bien porque su empleo se introduce en nuevas regiones metalíferas, ya porque se aplica a la preparación mecánica de nuevas especies minerales.

Aunque los estudios realizados sobre la flotación han sido muy nume-

rosos, la teoría del procedimiento sigue siendo casi desconocida; sólo recientemente, en efecto, la Oficina de Minas de los Estados Unidos (*Bureau of Mines*), la *General Engineering Co.* i varios ingenieros, han tratado de escrutar la teoría de los fenómenos observados. Este estudio será mui útil pero será siempre tambien mui difícil, pues segun los resultados a menudo sorprendentes suministrados por la práctica, el número de factores que entran en juego debe ser mui elevado. M. Robert J. Anderson ha espuesto en un artículo publicado en *Transactions of the American Institute of Mining Engineers*, los primeros resultados de estos estudios teóricos. No es dado transcribirlos por su mucha estension; bastará que indiquemos que la tension superficial de las fases coexistentes en la mezcla jeneradora de la espuma parece desempeñar en los fenómenos un papel preponderante.

En resúmen, las condiciones principales necesarias para la flotacion son las siguientes:

- 1.^a Produccion por un medio cualquiera de una espuma persistente;
- 2.^a Adherencia de las burbujas de aire a los sulfuros u otros minerales sometidos a la flotacion;
- 3.^a Sostenimiento de una accion selectiva de las burbujas de la espuma para los sulfuros o los otros minerales tratados.

Los aparatos de flotacion presentan numerosas variedades i puede decirse que en cada instalacion nueva, el espíritu de invencion de los constructores se ejerce libremente dando lugar a modificaciones, muchas veces felices en los casos particulares estudiados, pero de las que es imposible apreciar el valor desde un punto de vista mas jeneral.

Se pueden, sin embargo, dividir en tres clases los aparatos modernos, segun los métodos que se empleen para la introduccion del aire: aparatos de agitacion mecánica por medio de paletas o cualquier otra disposicion; aparatos de chorros líquidos; id. de chorros neumáticos. Estos últimos son los mas estendidos; su tipo es el aparato Callow, cuya primera aplicacion industrial tuvo lugar en el mes de Agosto de 1914. Consiste en un recipiente de 3 metros de lonjitud por 0,60 metros de ancho; el fondo, inclinado bajo un ángulo de 25 a 33 por 100, forma tabique poroso i se compone ordinariamente de cuatro telas de mallas flojas, situadas sobre una placa de metal perforado. El aire soplado por un ventilador es obligado a atravesar la tela, dividiéndose en delgados filetes. El espacio situado por bajo de la pared porosa está dividido en varios compartimientos, cada uno de los cuales va provisto de un acceso de aire especial que permite una regulacion precisa en toda la lonjitud del recipiente. Se han previsto disposiciones especiales para hacer variar a voluntad la altura del agua en el aparato.

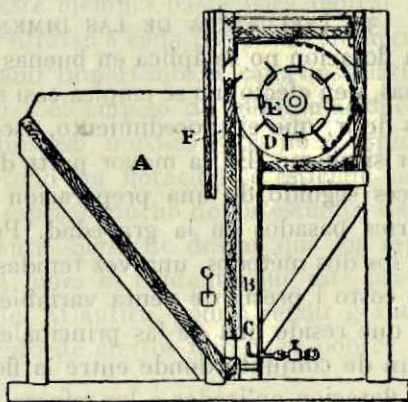
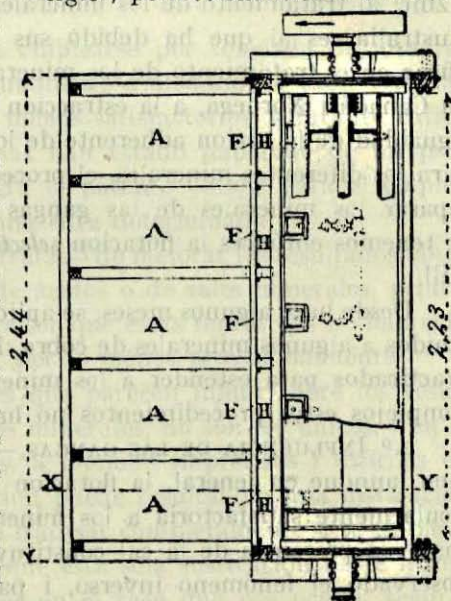
En ciertos casos, un solo aparato basta para la obtencion de un resultado satisfactorio; en otros, se emplea uno de desbaste i otro de concluido, i para el conjunto de una instalacion se pueden evidentemente imajinar todas las combinaciones posibles de aparatos en serie o en paralelo. Estos

son generalmente precedidos de mezcladores del tipo empleado en los talleres de cianuración.

Damos a continuación una descripción sucinta de un aparato de agitadores mecánicos; se trata del modelo Zeigler, perfeccionamiento del modelo Janney, bastante extendido en los Estados Unidos. El aparato (figs. 1.^a i 2.^a) está dividido en cinco células semejantes *A*, recorridas sucesivamente por la pulpa, o sea por la mezcla de mineral triturado, agua i aceite; la figura representa en corte una de las celdas. La pulpa entra en el aparato por una abertura situada en la base de la cámara *A* de la primera celda; una violenta corriente de aire suministrada por el conducto *C* la arrastra por el canal *B* a la cámara *D*, donde gira un agitador de paletas *E*, cuyo eje atraviesa el aparato de un extremo a otro. Una vez obtenida la mezcla con el aire, es enviada la pulpa por el movimiento del agitador al canal vertical *F*, de donde pasa a la cámara *A*. La espuma se reúne en la superficie donde se la recoge; el resto de la pulpa cae al fondo de la cámara *A*, i por la abertura *G* pasa a la célula siguiente, donde sufre un tratamiento semejante, i así sucesivamente. El exceso de aire escapa por las aberturas *H*. La presión del aire en los canales *C* es próximamente de 0,4 kilogramos por centímetro cuadrado, la velocidad de rotación de los agitadores es de 175 vueltas por minuto. La máquina pasa de 75 a 100 toneladas de pulpa por veinticuatro horas; consume una potencia de 6 a 7 caballos.

Limitamos a estos dos ejemplos las descripciones de aparatos actualmente en uso, recomendando para detalles más amplios, publicaciones especiales, principalmente el *Engineering and Mining Journal*, del que casi todos los números de estos últimos meses contienen estudios sobre las instalaciones recientes.

Nos queda por examinar rápidamente cuáles son las aplicaciones de



procedimiento de flotacion i cuáles son, por otra parte, los principales factores que parecen influir sobre los resultados prácticos de las operaciones.

1.º ESPECIES MINERALES TRATADAS POR FLOTACION.—El procedimiento se aplica particularmente bien a los sulfuros, principalmente a los de plomo i zinc: al tratamiento de los minerales de plomo i zinc de Broken Hill, en Australia, es al que ha debido sus primeros éxitos. Es particularmente eficaz en el tratamiento de los minerales de plata i se aplica actualmente, en Canadá i Noruega, a la extraccion de la molibdenita. A causa de la desigualdad de la accion adherente de los aceites o de las disoluciones salinas para los diferentes minerales, el procedimiento puede emplearse tanto para separar los minerales de las gangas como para separar minerales entre sí; tenemos entónces la flotacion *selection* empleada actualmente en Broken Hill.

Desde hace algunos meses, se aplica con éxito la flotacion en los Estados Unidos a algunos minerales de cobre. En cambio, los ensayos recientemente practicados para estender a los minerales oxidados i a algunos minerales complejos estos procedimientos no han sido concluyentes.

2.º INFLUENCIA DE LAS GANGAS.—Esta influencia no se conoce todavía bien, aunque en jeneral, la flotacion parece aplicarse de una manera particularmente satisfactoria a los minerales de ganga cuarzosa. En algunos casos, la presencia de la cal constituye un obstáculo serio; en otros se ha observado el fenómeno inverso, i parece que estas contradicciones aparentes son debidas al empleo de diferentes clases de aceites.

3.º INFLUENCIA DE LAS DIMENSIONES DE LAS MATERIAS TRATADAS.—La flotacion no se aplica en buenas condiciones mas que a las materias muy finas, i en efecto, no se emplea casi mas que para el tratamiento de los lodos. Es decir, que el procedimiento, excepto en casos escepcionales, no se basta por sí mismo. En la mayor parte de los casos debe ser precedido i algunas veces seguido de una preparacion mecánica por los procedimientos ordinarios basados en la gravedad. Precisamente en la combinacion juiciosa de los dos métodos, una vez tenidas en cuenta las consideraciones de precio de costo i precio de venta variables segun los lugares i los métodos, es en la que reside una de las principales dificultades del establecimiento de un plan de conjunto donde entre la flotacion. Por esto han fracasado ensayos de flotacion aplicados a los minerales de oro i plata en los Estados Unidos, donde se ha vuelto a dar la preferencia a la cianuracion.

4.º INFLUENCIA DE LOS AJENTES SELECTORES EMPLEADOS.—Como hemos visto, el empleo del aceite es en la actualidad casi universal en flotacion. Algunos aceites son particularmenté adecuados para la produccion de espuma, miéntras que otros se distinguen por sus propiedades selectivas: el aceite de pino i la creosota de madera forman parte de los primeros, los aceites de alquitran, de hulla, entran en los segundos. Se ve, por tanto, que en casi todos los casos debe emplearse una mezcla de estas diferentes

clases de aceites; la experiencia sólo puede determinar las preparaciones que conviene adoptar, i el número de combinaciones realizadas es prácticamente indefinido. Los aceites de engrase ordinarios tienen poca acción i en jeneral ejercen una influencia perniciosa. Su introducción en los aparatos debe ser evitada con cuidado.

La cantidad de aceite que debe emplearse por tonelada de mineral es igualmente variable. Se tiende actualmente a disminuirla cada vez mas sin que los resultados obtenidos sean ménos satisfactorios, i durante varios meses, las revistas técnicas americanas han estado hablando de un procedimiento sensacional cuyo objeto era la patente Callow para el empleo de cantidades de aceite inferiores a una cifra determinada.

Señalemos, por último, que se ha tratado de mejorar los resultados obtenidos en la flotación por la adición de ácidos o de sales minerales, principalmente de sulfatos metálicos. Parece ser que estas tentativas no han sido felices i que se ha renunciado a ellas, por lo ménos provisionalmente.

Tales son los factores principales que parecen influir sobre los resultados obtenidos por la flotación de los minerales; no son los únicos, i en la práctica se encuentran otros muchos, a menudo imprecisos i difíciles de determinar: así sucede que la operación puede resultar en una instalación compuesta de recipientes de madera, i fracasar completamente si se emplean recipientes de palastro. Cuesta creer que esta sola sustitución baste a modificar totalmente los resultados, pues en el caso que nos ocupa, seguramente existía alguna otra causa, pero este ejemplo basta para indicar las dificultades imprevistas que pueden encontrarse a cada paso. La conducción misma de los aparatos es igualmente muy importante, i cada instalación necesita un arreglo o ajuste minucioso i el empleo de manipulaciones i detalles particulares cuya utilidad, aunque real, muchas veces no se esplica.

De todos modos, el empleo del método por flotación se estiende cada vez mas en el Nuevo Mundo i debemos esperar mucho de los estudios sistemáticos que se llevan a cabo actualmente. Seria de desear que los especialistas europeos los siguiesen de cerca, pues es evidente que este procedimiento, casi desconocido a este lado del Atlántico, podría rendir grandes servicios, principalmente en el tratamiento de ciertos minerales pobres.



Situación de los Mercados de Minerales Metales i Combustibles

NOVIEMBRE 8 DE 1918

COBRE.—El día 12 de Octubre siguió cotizándose en el mercado de Londres: el *standard*, de £ 122 a £ 122.10.0; el *best selected*, de £ 131 a £ 135, i el electrolítico, de £ 133 a £ 137.

PLOMO.—El plomo español se cotizaba en Londres el día 12 de Octubre, de £ 29.10.0 a £ 28.10.0 neto, precios oficiales, los mismos de hace algunas semanas. Por consiguiente no hai nada nuevo que comentar, dicen aquellos periódicos.

ZINC.—De £ 54 a £ 50 en el mercado de Londres, como ántes. En América, se cotizan de 8.90 a 9.00 centavos, al contado.

El electrolítico australiano se vende a £ 62.0.0.

PLATA.—La plata *standard* se cotizaba en Londres a 49½ peniques por onza, el día 12 de Octubre, cotizacion oficial.

NÍQUEL, de 90 a 99 por 100, £ 195.

PLATINO.—400 s. el nuevo, i 360 s. el viejo, por onza.

PÁLADIO.—500 chelines por onza.

BISMUTO.—12 s. 6 d. por libra.

CADMIO.—8 s. 6 d. a 9 s. por libra.

CROMO.—7 s. 6 d. por libra.

COBALTO.—Precio sujeto a negociacion.

ANTIMONIO.—Régulo, ingles, £ 85 tonelada; crudo, £ 65 a £ 70; mineral, por unidad, 9 a 10 chelines unidad por 100 en tonelada.

SELENIO.—15 s. por libra.

TELURO.—84 a 90 chelines.

ÚLTIMOS PRECIOS DE LÓNDRES

Telegramas de la Casa *Bonifacio López, Bilbao:*

| | | |
|--|---|----------|
| <i>Cobre</i> .—Cobre standard, al contado..... | £ | 122. 0.0 |
| — Electrolítico..... | | 137. 0.0 |
| — Best selected..... | | 135. 0.0 |

| | |
|---|----------|
| <i>Estaño</i> .— <i>Straits</i> , lingotes, al contado..... | 335. 0.0 |
| — <i>Cordero Bandera Ingles</i> , lingotes..... | 375. 0.0 |
| — — — barritas..... | 376. 0.0 |
| <i>Plomo español</i> | 29. 0.0 |
| <i>Sulfato de cobre</i> | 60. 0.0 |
| <i>Régulo de antimonio</i> , en panes..... | 90. 0.0 |
| <i>Aluminio</i> en lingotillos dentados..... | 231. 0.0 |
| <i>Mercurio</i> (frasco de 75 libras)..... | 25. 0.0 |



| | |
|-------|----------|
| | 133. 0.0 |
| | 137. 0.0 |
| | 135. 0.0 |