

se por los más poderosos esfuerzos de imaginación, señalar sus pequeños defectos para, después de conocidos, arbitrar los medios con que corregirlos.

(Continuará).

DOCUMENTOS

El Mineral del Teniente y el río Cachapoal

Santiago, 5 de Octubre de 1916.

Señor Ventura Blanco Viel, Presidente de la Comisión de Canalistas del río Cachapoal.

Presente.

Señor Presidente:

Tengo el honor de evacuar el informe que se me ha solicitado con fecha 20 de Julio pasado, acerca de si son suficientes los trabajos que la Compañía del Teniente está ejecutando, para evitar los daños que puedan causar en los habitantes en las tierras, los residuos y relaves resultantes de la elaboración de los minerales, al vaciarse en las aguas del río Cachapoal, y en el caso que creyere que no son apropiados para el objeto indicado, decir las medidas que serían conducentes evitar la repetición de los males que se deploran.

Es la primera vez que se presenta esta cuestión en nuestro país y, como merece el honor de hacerlo presente a Ud., he desconfiado de mi competencia para elucidar con acierto este problema.

Se basa este informe en todos los antecedentes que he podido reunir para el estudio y esclarecimiento de la cuestión, y en los datos tomados durante una visita a la región y al mineral, acompañando al miembro de la Comisión, señor Diego Vial Guzmán, en el mes de Agosto último.

SUMARIO.—La Braden Copper Company.—Topografía de la región.—Los perjuicios.—Importancia del problema.—Los relaves.—Las represas.—El elemento líquido.—La materia en suspensión.—Crítica de las obras.—Legislación.—Conclusión.

LA BRADEN COPPER COMPANY

La Compañía de este nombre, formada en los Estados Unidos de América,

explota y beneficia los minerales de las antiguas y conocidas minas del Teniente, situadas en el cajón del mismo nombre, en los orígenes del río Coya, tributario del Cachapoal.

Los minerales son, en el 70%, chalcopirita, es decir, sulfuro de cobre y hierro, con ley variable de 2 a 3% de cobre, encontrándose también bornita, calcosita, sulfuros negros, carbonatos, silicatos, sulfatos, óxido de cobre y cobre nativo.

La existencia reconocida y calculada de minerales supera a 110 millones de toneladas, de las que se extraen diariamente 4 500, con intenciones de elevar esta cantidad a 10 000 toneladas, lo que representaría un beneficio para más de 30 años.

Los minerales extraídos de las minas, son enviados al Establecimiento de molienda, concentración y fundición, donde hay agrupados más de 3 500 habitantes, con el nombre de población Sewell.

Después de molerlos suficientemente, se le agregan 4,5 toneladas de agua por cada tonelada de mineral seco, y se concentran, una parte en mesas Whilfley y otra parte por el sistema de Flotación o Espumación, agregándole de 2 a 2,5 libras de aceite de alquitrán de pino, de 0,2 a 0,3 libras de aceite crudo de petróleo, y ácido sulfúrico, de 58 a 60%, tal como viene de la fábrica que ahí existe, y a razón de 8 libras de 92%, todo por cada tonelada de mineral seco.

Del 30 al 40% de los concentrados Whilfley va a la fábrica de ácido sulfúrico, a fin de producir la cantidad necesaria para el procedimiento de la Flotación, y el resto, así como el producto de la calcinación de la fábrica, va a la fundición.

En la planta de Flotación, el mineral queda en la espuma, que se produce por medio del ácido sulfúrico y los aceites, con una ley de cobre de 20%, y la ganga estéril se escurre, por una canoa de madera de 1,5 kilómetros de largo, al lugar de su almacenamiento, ganga o relave que lleva, más o menos, la cuarta parte de la cantidad de cobre del mineral.

La espuma producida en la Flotación, pasa a la planta de prensas y filtros y después a la fundición, pasando antes por los tostadores, que queman, en parte, el azufre contenido en el mineral.

Los concentrados forman, en término medio, el 8,5% del mineral tratado, y los relaves, por consiguiente, el 91,5%.

La fundición produce ejes de 45% de cobre, más o menos, 30% de hierro y 25% de azufre, los que van a los convertidores, que por fin producen las barras para la exportación, con 99,5% de cobre y leyes sumamente reducidas de arsénico, antimonio, nickel, plata y oro.

Tratando 4 500 toneladas de minerales secos, se pueden obtener diariamente alrededor de 80 toneladas de cobre fino, en números redondos.

La fuerza necesaria para las diversas operaciones, es generada por aguas tomadas al Cachapoal, al oriente de su confluencia con el Coya, hasta poder alcanzar unos 15 000 caballos, como máximo, que es llevada, en forma de energía eléctrica, por corrientes de alto voltaje, a las Minas y al Establecimiento.

Un ferrocarril a vapor, de 762 milímetros de trocha, 72 kilómetros de largo

gradientes máximas de 4,5%, pone en comunicación el Establecimiento, que se encuentra a 2 114 metros de altitud, con la ciudad de Rancagua, a 500 metros de altura sobre el mar.

El capital de la Compañía es de 14 millones de dollars y se calcula que el costo de producción de una tonelada de cobre fino, puesta en New York, es inferior a 33 libras esterlinas.

TOPOGRAFÍA DE LA REGIÓN

Las minas del Teniente se encuentran en la falda oriental del cajón del mismo nombre, entre los 2 300 y 2 700 metros de altitud, y constituyen una población que se llama Pueblo Hundido, de más de 1 500 habitantes, sobre todo en el verano.

El arroyo, que se aprovecha en el beneficio de los minerales, lleva unos 210 litros de agua por segundo en el invierno y 920 litros en la época de los deshielos.

Frente al Establecimiento o Sewell, cae por el oriente el estero Cañón del Diablo, del que se toma también unos 40 litros, con el mismo objeto, y pasado Sewell, término del ferrocarril, se le junta por el norte el río Coya, con 230 y 1 370 litros en invierno y verano, respectivamente, cuyas aguas son empleadas en los usos domésticos de la población de Sewell.

Un kilómetro y medio más abajo se encuentran los lugares de ubicación de las represas de almacenamiento de los relaves.

Las aguas del Coya siguen hacia el suroeste, tomando diversos esteros, como el Barahona, Almendro, Alcaparrosa etc, y se juntan con el Cachapoal, aguas abajo de la estación de Fuerza, y en su curso hacia el poniente pasa al sur de la ciudad de Rancagua, más o menos a la altitud de 500 metros.

Después de un nuevo recorrido de más de 80 kilómetros, junta sus aguas con las del Tinguiririca, formando el río Rapel, el que las lleva al mar.

En la parte alta los terrenos son accidentados y quebrados, sin que falten canchales o mesetas, a ambos lados de las laderas del río Coya.

Las pendientes, que al principio superan a 6 y 8%, disminuyen considerablemente, a medida que las aguas se acercan al valle longitudinal y en seguida al mar.

LOS PERJUICIOS

Se producen diariamente residuos o relaves que alcanzan, en números redondos, a 4 000 toneladas de desmontes, mezcladas con más o menos 20 000 toneladas de agua.

Con el fin de evitar los daños de todo orden que acarrearía a la agricultura, arrojar a los ríos esta enorme cantidad de material estéril, la Compañía, desde tiempo atrás, empezó a construir con los mismos relaves, tranques de retención del material sólido, los cuales sucesivamente, en número de tres, han sido arras-

trados por las aguas, en Agosto de 1913 el primero, Noviembre de 1914 y Enero de 1915 el segundo, y el 15 de Junio del corriente año el tercero.

En esta última fecha, el agua, por diversas causas, rebalsó en una pequeña cantidad, la que comenzó a llevarse el material de que estaba construido el tranque, abriéndole una brecha y vaciando una cantidad de 160 000 toneladas, en 6 horas, de los desmontes y agua ahí acumulados, hasta alcanzar a 270 000, en dos semanas.

Todo este material corrió por el cauce del río Coya, se unió a las aguas del río Cachapoal, y se introdujo a los canales de regadío, uno de los cuales surtía de agua potable a la ciudad de Rancagua.

Los pobladores rurales encontraban estas aguas con olor a alquitrán y parafina, los animales se resistían a beberlas, hubo una gran mortandad de peces en el río y los campos donde el agua alcanzó a ser desparramada, quedaron con una pequeña capa de sedimento fino.

Una muestra de estas aguas, tomada en un canal cerca de Requínoa, dió 260 gramos de materia sólida por litro, según informe del Laboratorio de Química de la Universidad Católica.

La Compañía se vió obligada a suspender sus operaciones hasta el 8 de Julio, fecha en que comenzó nuevamente a sujetarse los relaves, con un nuevo tranque, construido con los mismos materiales, pero con nuevas disposiciones, que alejan un tanto el peligro de ser nuevamente arrastrado.

Pero desde el mismo día en que se reanudaron los trabajos, se enturbiaron nuevamente las aguas de los ríos Coya y Cachapoal y, por consiguiente, la de los canales de regadío, lo que vendría a revelar la presencia de un mal, que aparecía con cierta permanencia.

IMPORTANCIA DEL PROBLEMA

Las aguas del Cachapoal son tomadas, casi completamente, para la vida de las poblaciones diseminadas en los departamentos de Rancagua y Caupolicán y para el riego de esos campos.

En el censo levantado en 1907, aparece el departamento de Rancagua con cerca de 41 000 habitantes y el de Caupolicán con más de 75 100.

Estos departamentos son de población esencialmente rural, como que el 75% de los pobladores del de Rancagua vive fuera de la ciudad de este nombre, la única que tiene un servicio de agua potable, ahora en vías de arreglo y mejoramiento; en el departamento de Caupolicán, más del 90% de los habitantes vive fuera de las poblaciones de Rengo y Requínoa, únicas dotadas de igual servicio.

Según los datos proporcionados por el ingeniero don Valeriano Guzmán, los canales derivados del Cachapoal serían:

Ribera norte:	Ribera sur:
Trebal	Rulo y Mal Paso
San Joaquín	Olivar
Nuevo	Gultro
Lucano	Isla
Compañía y Rafaelino	Cerro
Rancagua y Población	Crianza
Calvino	Común
Petersen	Perales
Punta de Cortez e Hijuelas y otros más pequeños	Jordán y Valdés
	Hornillas
	Alamos
	Manzanos
	Rincón
	Chequén
	y otros más pequeños

A juzgar por las informaciones de la Oficina de Estadística, el valor de las propiedades rurales de más de 2 000 pesos, supera a 41 millones de pesos en el departamento de Rancagua y asciende a cerca de 59 millones en el departamento de Caupolicán, aún excluyendo la comuna de Huique, que se riega principalmente con las aguas del río Tinguiririca.

Representa, pues, el problema por este lado, sin contar las maquinarias, el ganado etc, un capital superior a 100 millones de pesos.

Con excepción de la comuna de Huique, la situación de los terrenos de siembra, en los departamentos de Rancagua y Caupolicán, era el siguiente, en el período agrícola de 1914—1915:

Departamento	De riego Hectáreas	Susceptibles de riego Hectáreas	De rulo Hectáreas
Rancagua.....	64 010	5 139	86 098
Caupolicán, menos Huique.	57 939	8 498	118 188

La producción agrícola en el mismo período sería en toneladas métricas:

	Trigo t.	Cebada t.	Maíz t.	Papas t.	Pasto t.	Paja t.	Caldos de una t.
Rancagua...	6 737	5 311	4 343	10 097	8 132	1 213	4 057
Caupolicán, menos Hui- que.....	11 918	6 769	5 066	16 005	8 697	1 691	5 529
Totales.....	18 655	12 080	9 410	26 102	16 829	2 904	9 586
	\$	\$	\$	\$	\$	\$	\$
Precios co- rrientes...	240	180	140	50	50	50	200
Valores.....	4 477 200	1 174 400	1 317 300	1 305 100	841 450	58 080	1 917 160

Valor total: más de 12 millones de pesos, sin contar los productos de la lechería, frutas etc, y los pastos verdes necesarios para la crianza y engorda de ganados, que en el mismo período acusaba la existencia siguiente:

	Caballares	Vacunos
Rancagua.....	7 056	37 362
Caupolicán, menos Huique.....	14 874	60 944

A pesar de que la zona afectada por este problema alcanza también, en parte, al departamento de Cachapoal, no lo hemos querido tomar en cuenta al presentar estos datos, a fin de establecer una compensación entre estas deficiencias y la superficie de los terrenos regados y la producción obtenida, con las aguas de los diversos esteros Peuco, Codegua, Claro etc, no afectados con los relaves del Mineral del Teniente.

De acuerdo con los términos de la Comisión que he recibido, debo estudiar estos relaves, tomando en cuenta sus condiciones para la bebida del hombre y de los animales y para el riego, estableciendo desde luego que el agua apta para los primeros usos es igualmente apta para los segundos.

LOS RELAVES

Ya hemos dicho que más del 90% del material extraído de las minas, es llevado por gravitación, en una canoa o canal de madera, de 1,5 kilómetros de largo, fuera del Establecimiento, para ser retenido en represas construidas especialmente con este objeto.

Mezclando, como se me ha dicho, una tonelada de mineral seco, con 4,5 toneladas de agua, explotándose 4 500 toneladas de minerales secos en 24 horas y excluyendo los concentrados y las diversas pérdidas de agua, llegaríamos a establecer para los relaves, en números redondos, un gasto por segundo de más de 200 litros, pero llegan solamente a la represa 170 litros por segundo, perdiéndose el resto en filtraciones y otras causas.

Según el informe del Químico de la Dirección de Obras Públicas, señor Jorge Westman, de 14 de Junio de 1914, cuando los relaves eran echados directamente al río Coya, las aguas de este río, en La Junta, arrastraban 16,8 gramos de materia sólida por litro de agua.

LAS REPRESAS

En la construcción de las represas se aprovechan los mismos relaves; se comienza por construir encima del acueducto que va por el fondo de la quebrada, un pequeño dique, del material de las laderas de los cerros, y sobre este dique se echa el material grueso de los relaves, mediante un dispositivo del fondo de la

canoa, que aquí corre transversalmente al valle, en el emplazamiento del futuro tranque.

El material fino de los relaves se vierte aguas arriba del dique, formando la poza, a medida que lo permite el material grueso, que se va amontonando de abajo hacia arriba, en el sentido de la pendiente del valle.

Las obras en ejecución durante nuestra visita al Establecimiento, eran dos, en cuanto se referían a la retención de los relaves: el tranque provisional, de 200 000 metros cúbicos de capacidad, más o menos, y el acueducto para el segundo tranque, de capacidad de 2 millones de yardas cúbicas de relaves.

El tranque provisional, cuya ejecución comenzó el 8 de Julio último, fecha en que se comenzó de nuevo el beneficio de minerales, después del derrumbe del tranque anterior, se construía por el procedimiento que hemos indicado.

Un acueducto de hormigón va por el fondo de la quebrada, atravesando longitudinalmente el embalse, siguiendo la inclinación del valle, con orificios de 0,60 m en cuadro, en la parte superior del acueducto, con una diferencia de nivel entre las caras superiores de ellos, más o menos 20 centímetros; cada vez que el agua alcanzaba esta altura, sobre los bordes de un orificio, se tapaba éste y el escurrimiento empezaba a efectuarse por el que seguía inmediatamente hacia arriba.

El agua aparecía decantada y clara en una capa de 2 a 3 centímetros y en el resto se veía el limo o polvo fino, que se precipitaba por los orificios, con las aguas, al acueducto.

La decantación era, pues, imperfecta, lo que demostraba que el tiempo transcurrido entre la caída de los relaves en la represa y la salida del agua por los orificios, no era suficientemente largo.

Se construía otro dique más pequeño, aguas arriba del primero, destinado a impedir que el agua pasase más allá de la boca superior del acueducto, y por fin, una torre de rebalse de 80 centímetros de diámetro, construida por anillos de 20 centímetros de altura, sobre la parte superior del acueducto, dejaría al final, una revancha o altura de la coronación de los tranques sobre la superficie del agua, de 1,82 m.

El ancho de la coronación de los tranques variaba de 7,62 m a 7,91 m y sus taludes tenían la inclinación de 3 de base por 1 de altura, a lo más.

Una pestaña de concreto de 90 centímetros de saliente, por 45 centímetros de ancho, construida transversalmente alrededor del acueducto, evitaría las filtraciones y el deslizamiento del relleno del tranque superior, en las capas que miran hacia aguas abajo.

En la boca superior del acueducto hay parrillas de rieles, que evitan la entrada de los materiales que pudieran obstruirlo y afectar su construcción.

El acueducto para la represa de 2 millones de yardas cúbicas de relaves, se construía de cemento armado, suficientemente reforzado, el que llevaría los orificios de escurrimiento en su parte superior, como en el tranque provisional, y

una mampara o muro longitudinal que lo divide en dos partes, cada una de las cuales puede llevar las aguas decantadas de los embalses y los sobrantes del río Coya, dejando la otra parte en seco, para poder visitarlo y reparar; toda la sección es capaz de permitir el paso de más de 90 metros cúbicos de agua por segundo y, por consiguiente, es más que suficiente para contener las crecidas del río Coya, en días de lluvia, las que no alcanzarán a la tercera parte de esa cifra. Sin embargo, el escurrimiento se verificaría a gran velocidad: 15 metros por segundo, con 1,5 m de altura de agua.

Según los planos que me proporcionó la Compañía, y el acta de 30 de Junio pasado, suscrita por sus ingenieros, sus consultores y un representante de la Dirección de Obras Públicas, para ser sometidos después a la consideración de esta Oficina, la represa de 2 millones de yardas cúbicas de capacidad, se construiría mediante el mismo sistema, de relleno hidráulico, tomando en su construcción las precauciones indicadas para la ejecución del tranque anterior, y además, con canales laterales para recibir el agua de las laderas, si se juzgase necesario, y rebalsadores suficientes para evacuar el agua de una lluvia inusitada, sin disminuir la revancha a menos de 1 metro.

Esta represa debería funcionar alternativamente con otra de capacidad de 6 millones, durante períodos de tiempo fijados por la experiencia, a fin de conseguir una decantación más perfecta de los relaves; se insinuaba la conveniencia de desaguar el agua decantada por encima de anillos colocados en torno de los orificios de entrada al acueducto y el reemplazo de éste por un túnel.

EL ELEMENTO LÍQUIDO

Para el estudio de esta faz del problema, recurriremos a los análisis químicos, los que, a pesar de su importancia, no dan completa luz sobre la cuestión.

No hay nada tan difícil como establecer, en absoluto, las condiciones químicas de una agua potable, pues aguas que no se aceptarían en ciertas regiones, satisfarían en otras; varían según los usos, las costumbres, las necesidades y los recursos de agua de cada comarca.

Nunca ha sido posible llegar a estipular, sin discusión, los valores máximos admisibles para cada uno de sus componentes; sin embargo, como necesitamos en nuestro caso referirnos a cierta pauta, hemos consultado lo determinado por diversas autoridades sanitarias, especialmente por el Comité Consultivo de Higiene de Francia y a esto nos atendremos principalmente.

Según análisis de la Dirección de Obras Públicas y del Instituto de Higiene, el agua del río Coya, antes de llegar al Establecimiento, está comunmente desprovista de materias en suspensión, ligeramente recargada de óxido férrico y alúmina, así como de anhídrido sulfúrico y ofrece una pérdida por calcinación un tanto elevada; se emplea en las necesidades domésticas de la población de Sewell y se devuelve al cauce del río, antes de su junta con el río Teniente.

Las aguas de este último río son normalmente claras, de reacción ácida, ofreciendo a veces una fuerte pérdida por calcinación; una dosis alta de residuo seco, de cal y de sílice y siempre una gran dureza, un alto porcentaje de óxido férrico y alúmina, de anhídrido sulfúrico y de cobre. Estas aguas son laxantes y no se usan en la bebida, sino que se toman para las operaciones de molienda y concentración, con un gasto de 200 litros por segundo, más o menos, conjuntamente con una pequeña cantidad de agua (40 litros por segundo) del estero Cañón del Diablo.

En La Junta, cuando los relaves se llevaban a una represa de almacenamiento, las aguas no ofrecían para la bebida, según análisis de la Dirección de Obras Públicas, sino los inconvenientes de una dosificación ligeramente alta en cuanto al anhídrido sulfúrico.

Según los análisis del Instituto de Higiene, el agua de las represas donde se depositan los relaves, tendría la composición siguiente:

	Abril de 1916	Octubre de 1916
	ácida	ácida
Reacción	—	—
Dureza total.....	114°,08	92°,82
Dureza permanente.....	110°,40	92°,82
	Gramos por litros	
Materias en suspensión..	.....	0,737
Residuo seco a 180 grados.....	3,370	1,921
Pérdida por calcinación.....	0,670	0,345
Materia orgánica expresada } ácido.....	.....	0,0307
en 0 consumido en medio } alcalino.....	.....	0,0288
Cloro	0,0532	indicios
Amoniaco salino.....	.....	0,0004
Amoniaco albuminoide .....	.....	0,00021
Potasio en K ² O.....	.....	0,033
Soda en Na ² O.....	.....	0,0367
Magnesia en Mg O.....	0,0266	0,042
Cal en Ca O.....	0,356	0,2226
Sílice en Si O ²	0,088	0,0838
Fierro en Fe ² O ³ }	0,182	0,2636
Aluminio en Al ² O ³ }		
Anhídrido nítrico.....	.....	0,0021
Sulfatos en S O ³	1,108	.....
Acidez expresada en ácido sulfúrico.....	0,5684	.....
Anhídrido sulfúrico.....	.....	0,936
Acido sulfúrico libre.....	.....	no hay
Cobre expresado en Cu O.....	0,1236	0,1084
Arsénico.....	.....	no hay

Lo que acusaría una agua absolutamente impropia para la bebida y para el uso.

Según el mismo Instituto, la composición del agua después de pasado el tranque, es decir, en el cauce del río Coya, después de recibir las aguas servidas por los pobladores de las minas y del Establecimiento y las que se precipitan por los orificios del acueducto, sería la siguiente:

Reacción	Enero de 1916	Octubre de 1916
	ácida	ácida
Dureza total.....	19º,36	62º,70
Dureza permanente	15º,84	62º,70
	Gramos por litros	
Materias en suspensión.....	.....	13,878
Residuo seco a 180 grados.....	0,250	1,052
Pérdida por calcinación.....	0,040	0,138
Materia orgánica expresada { ácido.....	0,00568	0,0135
en O consumido en medio { alcalino.. ..	0,00464	0,0112
Cloro.....	0,0071	indicios
Amoniaco salino.....	0,00005	0,00032
Amoniaco albuminoide.....	0,00008	0,00016
Potasio en K ² O.....	indicios	0,0094
Soda en Na ² O.....	0,0309	0,0519
Magnesia en Mg O.....	0,0086	0,032
Cal en Ca O.....	0,0459	0,927
Silice en Si O ²	0,012	0,048
Fierro en Fe ² O ³	0,005	0,088
Aluminio en Al ² O ³		
Anhidrido nítrico N O ³	no hay	0,0916
Sulfatos en S O ³	0,1033	.....
Anhidrido sulfúrico.....	.....	0,4906
Acido sulfúrico libre.....	.....	no hay
Cobre expresado en Cu O.....	.....	0,0403
Arsénico.....	.....	no hay

Ofreciéndonos, así mismo, una agua inadecuada para la bebida y para el riego.

Según un análisis practicado en la Dirección de Obras Públicas, tomando las aguas más abajo del tranque destruido, al que lavaba, estando paralizadas las faenas de molienda y concentración, el agua tendría siempre un exceso de óxido de fierro y alúmina (0,007) y una fuerte proporción de anhidrido sulfúrico (0,263). El químico señor Westmann califica estas aguas como aptas para el regadío, abstracción hecha de la materia sólida.

Se ha analizado una muestra de agua tomada en un canal, cerca de la estación de Requinoa, al día siguiente de la ruptura del último dique, la que ha sido calificada como muy mala, en cuanto a su potabilidad, por el Laboratorio de Química de la Universidad Católica, por la cantidad de extracto (0,916) y por la proporción de sustancias minerales y orgánicas que mantiene en disolución.

Antes de tomarse estas aguas para la bebida y para el riego, corren por el cauce del río Coya, recibiendo varios afluentes de aguas claras, como el de Barahona y Almendro, por el poniente, y el de Alcaparrosa, por el oriente.

Dos muestras tomadas frente a la estación de Coya, de las aguas del río de este nombre, un poco arriba de su confluencia con el Cachapoal, una sin que se almacenaran los relaves y la otra cuando funcionaban las represas, han manifestado, según la Dirección de Obras Públicas, haber perdido sus malas condiciones para la bebida, en cuanto a la cantidad de óxido férrico y alúmina, pero conservaban un porcentaje ligeramente alto en cuanto a la pérdida por calcinación (hasta 0,068), y fuerte en cuanto al anhídrido sulfúrico (hasta 0,265).

Estas aguas, que alcanzan más o menos a medio metro cúbico por segundo, se unen poco más abajo, con 20 a 30 metros cúbicos de agua del río Cachapoal, sólo reparables, si nos atenemos a las prescripciones del Comité Consultivo de Higiene de Francia, en cuanto a la pérdida por calcinación (0,056), a la cantidad de anhídrido sulfúrico (0,086), a la de cloro (0,056) y a la de amoniaco albuminoide (0,00024).

Unidas estas aguas, empiezan inmediatamente a servir en todos los usos, en grande escala, y su composición frente a los baños de Cauquenes, según una muestra tomada en Mayo de 1914, cuando funcionaba la segunda represa, ha revelado, según la Dirección de Obras Públicas, una pérdida por calcinación ligeramente alta (0,054) y un descenso considerable en la cantidad de anhídrido sulfúrico (0,1052), comparada con las aguas del río Coya; sólo acusaba vestigios de cobre.

La aguas del río Cachapoal, en el puente del ferrocarril, según muestras tomadas en los días 16 y 17 de Junio último, cuando venían cargadas con los desmontes del tranque, analizadas por los agrónomos señores Carlos Manríquez y Julio Figueroa, presentan una proporción un poco superior a la exigida para las aguas potables, en cuanto al fierro y alúmina (0,005), a la potasa (0,049), al cloro (0,074) y a los sulfatos (0,174); no hay cobre ni ácido sulfúrico libre. Los señores nombrados creen que no es perjudicial para la bebida de los animales y para el riego.

Para juzgar en definitiva acerca del mérito de estas últimas aguas, con relación a la bebida de los pobladores, serían necesarios nuevos análisis, durante el funcionamiento de las futuras obras, pero en todo caso se puede adelantar, desde luego, que no está en este punto la parte grave del problema.

LA MATERIA EN SUSPENSIÓN

La materia sólida apartada de los relaves contendría, según el señor Westmann, 0,814% de cobre, en estado de sulfuro y una ley total de azufre de 0,951%, según la muestra del informe del 30 de Abril de 1913, y sólo 0,092% según la muestra del informe del 12 de Julio de 1916. Estos sulfuros compuestos, de cobre

y fierro,—agrega,—expuestos al aire húmedo, darían origen a sulfato de fierro, que a la larga perjudicaría al suelo agrícola.

Según este químico, los relaves no abandonan a las aguas, sustancia soluble alguna.

La ley de cobre de la materia sólida, habría sido, según el ingeniero señor Campaña, de la Dirección de Obras Públicas, en el mes de Mayo último, de 0,454%, lo que significaría un gran mejoramiento en el beneficio del mineral.

Los agrónomos señores Manríquez y Figueroa llegan al siguiente análisis de los sedimentos del agua del Cachapoal, según muestras tomadas al día siguiente y subsiguiente del derrumbe del tranque, en el sitio del puente del ferrocarril:

Análisis químico:

Pérdida por calcinación.....	5,40 %
Sílice en Si O ²	55,40 »
Fierro en Fe ² O ³	9,00 »
Alúmina en Al ² O ³	21,00 »
Cal en Ca O.....	indicios
Anhidrido sulfúrico.....	indicios
Magnesia	5,40 %
Cobre.....	no hay

Análisis físico:

Arena gruesa.....	no hay
Arena fina.....	14,00 %
Arena sobrefina (limo).....	80,00 »
Humus	5,49 »
Dimensión de la arena fina.....	0,05 mm
Dimensión del limo.....	0,005 »

Se puede establecer que, en números redondos, llegan a la represa 40 kilogramos de materia sólida por segundo.

Según los agrónomos nombrados, correspondería en sus muestras una proporción de 156 kilogramos de materia sólida por metro cúbico de agua, siendo de 39 kilogramos por metro cúbico en el canal de Los Perales. Como se ha dicho, en un canal cerca de Requínoa, se encontró después del derrumbe de Junio último, 260 kilogramos de materia sólida por metro cúbico de agua.

Esta capa de limo,—dicen los señores Manríquez y Figueroa,—impide la permeabilidad, la penetración del riego a las capas profundas, en forma regular, y detiene el crecimiento de las plantas regadas, en forma bien apreciable. Es, por otra parte, un sedimento silicatado, sin ningún valor para la fertilidad del suelo y aunque no tiene sustancias nocivas, a la larga, además del efecto inmediato, tiene necesariamente que causar también el empobrecimiento del suelo, disminuir la permeabilidad y hacerlo más asfixiante para el cultivo.

La repartición de los sedimentos sobre el suelo regado no es uniforme, pues

se recarga en ciertas partes, donde la esterilidad se produce primero que en otras.

Si bien es cierto que el riego con estas aguas puede ser favorable en las zonas pedregosas, entre los brazos del río, sin embargo, como tratamos de los suelos de cultivo ya formados, concluiremos diciendo con los señores Manríquez y Figueroa, que este residuo no debe ir a las aguas de regadío, que su acción física es perjudicial a los cultivos y que a la larga tendría una influencia manifiestamente perjudicial a los suelos en que se deposite por los riegos.

CRÍTICA DE LAS OBRAS

Ya establecidos los hechos precedentes, sólo nos toca juzgar si las obras provisionales satisfacen la condición de impedir que la materia sólida de los relaves, vaya al curso del río Coya y al Cachapoal y si las demás obras proyectadas los garantizan, en el presente y en el futuro, que este hecho no se verificará.

Durante la visita de Agosto último, como lo hemos dicho, el agua de la represa salía por uno de los orificios de la parte superior del acueducto, con una altura de más o menos 15 centímetros, de la cual sólo la capa superior, en un espesor de 2 a 3 centímetros, resultaba clarificada, siendo turbia en el resto, la que entraba al acueducto, arrastrando todos los sedimentos depositados cerca de los bordes del orificio, enturbiando las aguas del Coya y, por consiguiente, las del Cachapoal.

Las faenas de molienda y de la planta de concentración se paralizaron el 16 de Agosto, hasta pocos días después, sin haberse corregido los defectos, al parecer, pues en la prensa diaria de esta ciudad, del 29 del mismo mes, se anunciaba que las aguas volvían a correr con la mezcla dañina para la agricultura.

El tranque de capacidad de 2 millones de yardas cúbicas, se construirá, como hemos dicho, con la materia sólida de los relaves; tendrá un acueducto en el fondo de la quebrada y orificios en su parte superior, para dejar pasar el agua decantada. Disposiciones de diversa índole completarán la obra, como ya se ha explicado.

El ingeniero señor Campaña, de la Dirección de Obras Públicas, establece en sus estudios que el primer tranque de relaves fué destruido a causa de que, en una lluvia, se tapó con escombros y desperdicios la boca del acueducto y el río entró a la represa, rebalsó por la cresta del dique y lo destruyó.

El primer derrumbe del segundo tranque se debió también a un rebalse del agua, a causa de estar formada la cresta por elementos semi-líquidos, y, por fin, la destrucción del tercer tranque tuvo una causa análoga, por falta de consistencia de las arenas y sedimentos, que formaban la cresta en esa parte.

Según el mismo señor Campaña, el segundo derrumbe del segundo tranque se debió a que el río, arrastrando gran cantidad de piedras, con fuerte velocidad, dañó el piso del acueducto, abriendo en él un orificio suficientemente grande para que se precipitaran cantidades de relaves, produciéndose un desmoronamiento de

consideración en el dique y permitiendo que el agua lo arrastrase, como en los casos anteriores.

Ha quedado de manifiesto, pues, que estas obras son fácilmente destruidas por las corrientes de agua, ya sea porque rebalsan los diques, arrastrando gran parte del material de que se componen, o porque destruyen otra de sus partes vitales, como el acueducto, por ejemplo.

Se proyecta dejar escapar el agua decantada, como anteriormente, por los orificios de la parte superior del acueducto, cerrando con un tapón de hormigón uno de los orificios, tan pronto como el agua ha alcanzado el nivel del que le sigue inmediatamente hacia arriba, reposando, pues, este sistema sobre la observación, el criterio y la experiencia del hombre; pero, después de haberse establecido que la materia sólida de los relaves, no debe en ningún caso ir a las aguas del río Coya, no parece lógico exponer el cumplimiento de esta condición, en la falta de buen sentido, en la torpeza, en la inexperiencia, ya que no en la maldad de un empleado cualquiera.

Se deduce, pues, de estas observaciones que, tanto el dique como el acueducto, necesitan precauciones especiales en su ejecución y en su mantenimiento y conservación, y si éstas pueden hoy día ser atendidas por la Compañía Braden, mañana necesitarían ser costeadas por las colectividades interesadas en ello, ofreciendo las expectativas de una futura servidumbre.

Toda obra destinada a sujetar con cierta permanencia los desmontes o relaves sólidos del Establecimiento del Teniente, deberá ser construida en lugares apartados de los cursos de agua o ejecutada con un material que ofrezca el máximo de seguridad, con el mínimo de expectativas de gastos de conservación, lo que realiza la mampostería, el hormigón, el cemento armado u otro de esta clase.

LEGISLACIÓN

A pesar de la deficiencia de nuestros conocimientos legales, queremos esbozar brevemente lo que ocurre a este respecto.

En Marzo de 1893 el Congreso de Estados Unidos de América dictó una ley, constituyendo la «California Debris Commission», con la autoridad suficiente para reglamentar el uso en este Estado, de la minería hidráulica, usando el agua bajo presión, a fin de mantener la navegación de los ríos e impedir los perjuicios en las tierras riberanas.

Entre las disposiciones más dignas de ser notadas, figura la declaración que debe hacer el solicitante en sus peticiones de permiso, diciendo que confiere al Gobierno la facultad de reglamentar la manera y métodos, en virtud de los cuales se restrinja la cantidad de desmontes resultantes del trabajo de las minas, pudiendo la Comisión en cualquier momento, modificar el permiso de explotar las minas, a fin de reducir la cantidad de desmontes.

En las instrucciones impartidas por la Comisión en 1906, se dispone que, en

aso de accidente en una represa, deberá paralizarse inmediatamente la explotación, dando aviso a la Comisión.

Nuestro Código de Minas, en el artículo 8.º del Título Primero, al tratar de las servidumbres impuestas a los dueños de predios rústicos, da a los mineros la facultad de proveerse de las aguas necesarias para sus fines, siempre que no se haga inadecuadas para el uso á que se las tenga destinadas.

En los artículos 68 y 69, del Título VIII, se impone la condición de observar los Reglamentos de Policía y Seguridad que se dictaren, para cuyo efecto las minas están sometidas a la vigilancia de la autoridad administrativa, la cual determinará su inspección, del modo y en los períodos que le parezcan convenientes.

En los artículos 24 y 25 de la Ley de Municipalidades, así como en los artículos 316 y 317 del Código Penal, se contemplan ciertas disposiciones que podrían ser aplicables a este caso.

La Cámara de Diputados discutió en sus sesiones del 29 y 31 de Julio y 1.º y 30 de Agosto, y el Senado en las del 23, 28 y 29 del mismo mes, la ley que ha sido promulgada con el número 3133, el 4 de Septiembre del presente año, la que dispone en su artículo primero que los establecimientos mineros, metalúrgicos etc, no podrán vaciar en los cauces que conduzcan aguas, los residuos líquidos que contengan sustancias nocivas a la bebida y al riego, sin una depuración previa, no pudiendo en ningún caso arrojarse a dichos cauces, las materias sólidas provenientes de esos establecimientos.

En el artículo tercero se establece la obligación de someter a la aprobación del Presidente de la República el sistema que se propongan adoptar, y de ejecutar las obras, en forma de evitar todo peligro de contaminación de las aguas o terrenos de la región vecina.

En los artículos cuarto y quinto se fijan penas a los contraventores de la ley y se establece que el ejercicio de las acciones a que se diere lugar, corresponde a las Municipalidades y a los particulares interesados.

En el artículo sexto se determina el procedimiento por seguir, dando autoridad al Juez Letrado del Departamento para decretar la incomunicación de los estanques y la suspensión de los trabajos del establecimiento industrial, en ciertos casos.

Y por fin, en el artículo séptimo se dispone que los establecimientos mineros, que existan a la fecha de la promulgación de la ley, deberán cumplir con lo establecido en ella, dentro de los seis meses siguientes a esa fecha y terminar los trabajos en el plazo que fije el Presidente de la República, doble condición que no guarda armonía entre sus partes; deberá dictarse el Reglamento que provea a la inspección técnica determinada en la ley.

CONCLUSIÓN

En resumen, de acuerdo con los términos de la Comisión que me fué confian-

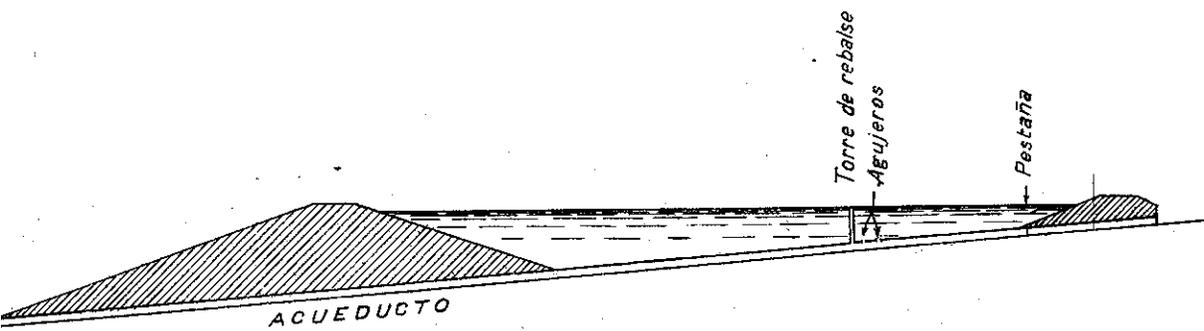
da, puedo manifestar a Ud., en concordancia con los antecedentes expuestos, que los trabajos que se estaban ejecutando en el mineral del Teniente, a la época de mi visita, no eran suficientes para evitar los daños que pudieran causar en los habitantes o en las tierras, al vaciar en las aguas del río Cachapoal los residuos y relaves resultantes de la elaboración de los minerales, y que las medidas que serían conducentes a evitar la repetición de los males que se deploran, consistirían en no permitir que los desmontes sean arrojados a ningún río, conforme a la ley últimamente dictada, sino que, o depositados en un lugar seco, donde no haya cursos de agua, o retenidos en forma que ofrezcan la seguridad que no podrán ser arrastrados por las aguas, si las hubiera, con las condiciones que ya se han expuesto.

Saluda al señor Presidente con toda consideración,

LUIS RISO PATRÓN,

Ingeniero Civil.

TRANQUE PROVISIONAL



Escala 1/200

