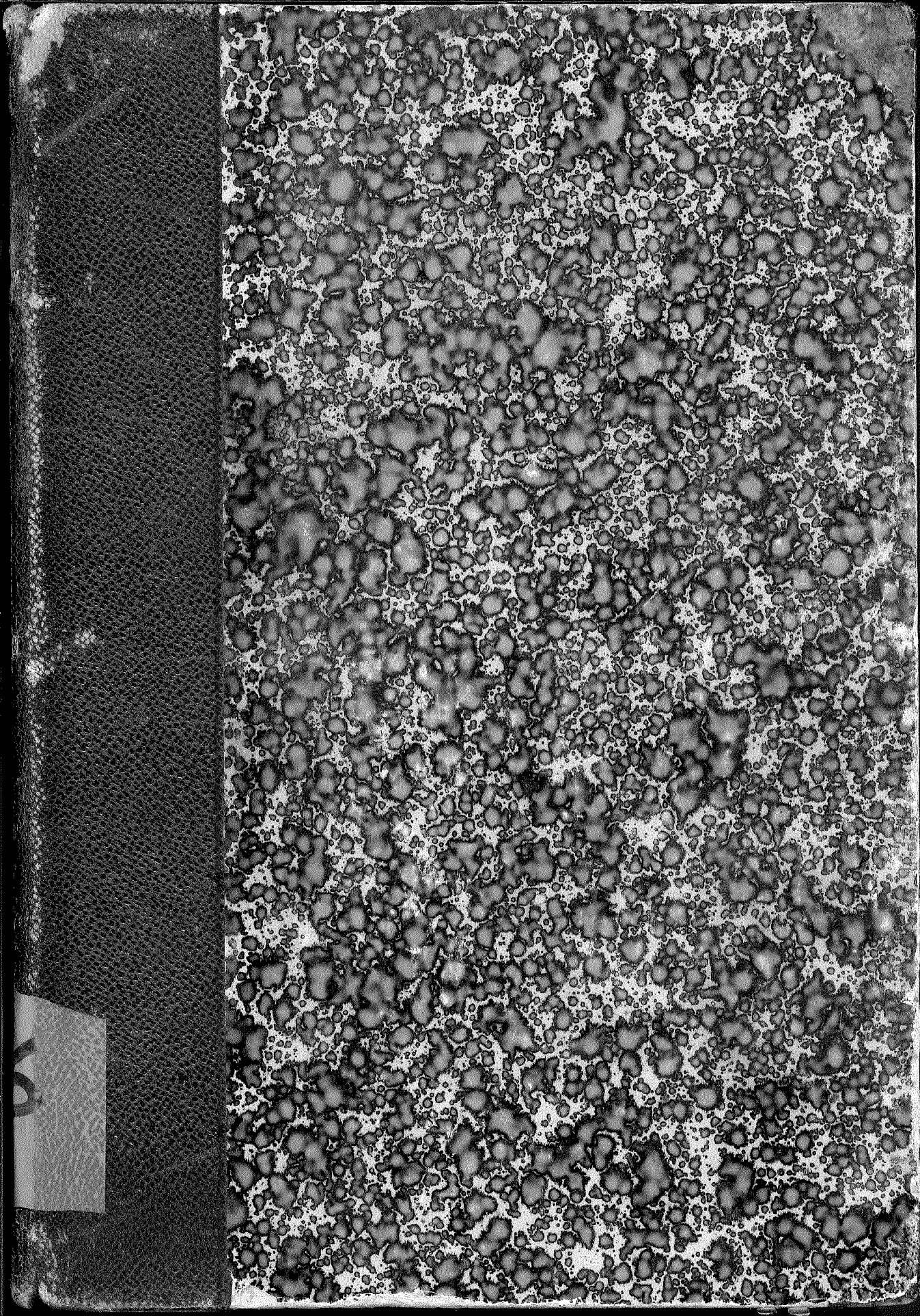
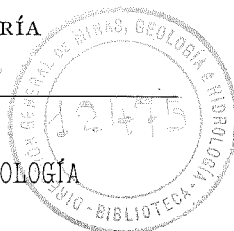




REPUBLICA ARGENTINA
ANALES DEL MINISTERIO DE AGRICULTURA
SECCIÓN GEOLOGÍA, MINERALOGÍA Y MINERÍA
TOMO VIII, NÚM. 5



DIRECCIÓN GENERAL DE MINAS, GEOLOGÍA E HIDROLOGÍA

CONTRIBUCIÓN
AL
CONOCIMIENTO GEOLÓGICO DE LA REPÚBLICA ARGENTINA

II

HIDROGEOLOGÍA

EL AGUA SUBTERRÁNEA

AL PIE DE LA

Cordillera Mendocina y Sanjuanina

POR EL

DR. RICHARD STAPPENBECK
Geólogo Jefe de Hidrogeología

ING. E. HERMITTE
Jefe de la Dirección

DR. JUAN KRIDEL
Jefe de la Sección Geología



BUENOS AIRES
Talleres de Publicaciones de la Dirección de Meteorología
1913

Buenos Aires, Agosto 2 de 1912

A S. E. el señor Ministro de Agricultura, doctor Adolfo Mugica.

Señor Ministro:

Tengo el honor de elevar a V. E., solicitando su publicación, el estudio de hidrología subterránea realizado por el doctor Richard Stappenbeck al pie de la precordillera y que abarca parte de las provincias de Mendoza y San Juan.

Saludo al señor Ministro con toda consideración.

E. HERMITTE.

Buenos Aires, Octubre 31 de 1911

Señor Jefe de la División, ingeniero E. Hermitte

Tengo el agrado de dirigirme a usted remitiéndole el trabajo del doctor R. Stappenbeck sobre «El agua subterránea al pie de la cordillera mendocina y sanjuanina», primer estudio en la serie de las investigaciones hidrogeológicas que está realizando esta Sección. Contiene el trabajo los resultados de un estudio especial, efectuado por el doctor R. Stappenbeck en el borde oriental de la alta cordillera, al sud del río Mendoza y en los alrededores de Mendoza, y además datos hidrogeológicos, recogidos anteriormente durante la investigación geológica de la precordillera entre los ríos de Mendoza y Jachal.

Antes de entrar en la descripción regional, el doctor R. Stappenbeck se ocupa de los problemas que surgen a cada paso, investigando hidrogeológicamente las bajadas al pie de la cordi-

llera y entre las sierras pampeanas, problemas de alta importancia para el hidrogeólogo, pero poco resueltas todavía. Figuran entre éstos la acumulación del agua filtrada dentro de estas masas y la distribución de la sal y de las aguas saladas.

Saludo a usted muy atentamente.

J. KEIDEL.

Buenos Aires, Octubre 18 de 1910

Señor Jefe de la Sección Geología

Tengo el agrado de remitir al señor Jefe un trabajo sobre el agua subterránea al pie de la cordillera sanjuanina y mendocina, que comprende la región desde el Arroyo Barraquero (Departamento de Tunuyán) hasta Jachal.

Va acompañado el trabajo, de 9 vistas, 5 ilustraciones para el texto, un mapa hidrológico general en escala de 1:500.000 en dos hojas y un mapa hidrogeológico de los alrededores de Mendoza en escala de 1:200.000. Además adjunto varios análisis de aguas subterráneas y superficiales, de sales, etc. de dicha región.

Saluda al señor Jefe atentamente.

STAPPENBECK.

INTRODUCCION

Las provincias de Mendoza y San Juan tienen al pie de la cordillera un suelo muy bueno, pero desierto en su mayor parte, por faltarle el agua necesaria para su cultivo. A lo largo de los ríos se ha tratado de subsanar este inconveniente por medio del riego artificial, pero sólo se ha podido, de este modo, fertilizar una pequeña parte de esta enorme región. Sin embargo, no se han agotado todos los recursos de que disponen dichas provincias, y se puede decir que hasta ahora sólo ha habido un principio de explotación racional de las aguas superficiales sin que se haya hecho algo para utilizar el agua subterránea.

Durante las investigaciones geológicas que me llevaron por varios años a San Juan y Mendoza, he tenido ocasión de efectuar estudios hidrogeológicos que me permitieron llegar a algunas conclusiones para las regiones situadas al pie de la cordillera; quiero comunicarlas aquí, como primera contribución para la confección del mapa hidrogeológico de la República Argentina.

Los alrededores de Mendoza ya han sido investigados antes respecto a las relaciones del agua subterránea (1). He podido amplificar estos estudios en varias direcciones; pero sobre todo me ha sido posible investigar una región mucho más grande, es decir, toda la región desde el pie de la cordillera del Plata y de la precordillera al oeste, hasta el río Tunuyán y hasta las Lagunas de Guanacache, y desde el Arroyo Barraquero por el sud hasta Jachal por el norte.

GENERALIDADES — CLIMA

Las provincias de San Juan y Mendoza pertenecen casi en su totalidad a la zona árida de Sudamérica, que principia en el litoral peruano al norte de Trujillo y alcanza, pasando por Arequipa y San Pedro de Atacama, hasta la desembocadura del río Chubut, comprendiendo casi toda la Patagonia, con excepción de la región andina y del sud de Santa Cruz. (2).

(1) Bodenbender: «El suelo y las vertientes de la ciudad de Mendoza y sus alrededores». Boletín de la Academia de Ciencias, en Córdoba, 15 pág. 425.

(2) Voss: Die Niederschlagsverhältnisse von Südamerika. Ergänzungsheft zu Petermanns Mitteilungen 1907. Lámina 1. Jahresmittel.

La cantidad de las precipitaciones atmosféricas anuales en las dos provincias arriba mencionadas es menor de 200 milímetros, de los cuales pertenecen, según Davis (1), 96 % al período lluvioso comprendido entre Octubre y Marzo. Las precipitaciones anuales son, en término medio, para Jachal, al norte de la provincia de San Juan, 231 milímetros, para San Juan 65 milímetros solamente, (2) y para Mendoza 183 milímetros. La ciudad de San Juan tiene 15 días de lluvia en término medio por año y esto, unido a la pequeña cantidad de precipitaciones (65 milímetros), hacen que este sea el lugar más seco de la República que conocemos hasta hoy. Pero estos guarismos no corresponden a la totalidad de las dos provincias, pues la configuración hipsométrica del suelo ejerce una gran influencia. De este modo, ciertas partes de la sierra y especialmente el cerro del Plata, que se eleva hasta 5600 metros, reciben más precipitaciones y parece que el valle del río Mendoza influye como un camino de peregrinación de nubes desde la cordillera hacia la pampa e inversamente a las relaciones de la precipitación de un modo especial, habiendo probablemente influido en tiempos geológicamente remotos, como voy a demostrarlo en otro lugar. Las observaciones hechas en las sierras de estas provincias son todavía muy escasas, pero parece que el Paramillo de Uspallata con sus alrededores, donde se ha observado un máximo secundario de la lluvia en la primavera (3), la sierra de Tontal en sus partes orientales, el cerro de los Pozos al S. O. de Retamito y el cerro de Guachi cerca de Jachal, reciben mucho más precipitaciones que las demás partes de la precordillera.

Davis da el cuadro siguiente de las lluvias para las provincias de San Juan y Mendoza.

MESES	Jachal — 1903-1907	San Juan — 1875-1907	Mendoza — 1885-1907	San Rafael — 1903-1907
Enero	62	17	24	34
Febrero.....	47	8	29	38
Marzo	52	8	25	37
Abril	3	3	11	8
Mayo	1	3	7	1
Junio	2	1	6	1
Julio	7	1	4	0
Agosto	5	1	8	6
Septiembre	0	2	11	13
Octubre.....	15	7	20	13
Noviembre.....	16	5	16	26
Diciembre	21	9	22	30
Año.....	631	65	183	207

(1) Davis: «Clima de la República Argentina». Buenos Aires 1909. Ministerio de Agricultura.

(2) La cantidad de lluvia mencionada por Voss (l. c. pág. 10) de 49 mm., sería, pues, demasiado baja.

(3) J. Chavanne: Die Temperatur-und Regenverhältnisse Argentiniens. Veröffentlichungen der deutschen akademischen Vereinigung zu Buenos Aires. 1899-1904. Vol. I., Núm. 7.

A esta pequeña cantidad de precipitaciones debe añadirse, como otro factor muy importante, la existencia de períodos de sequía. Según (1) Voss, los períodos de sequía están a los períodos de lluvia en la relación de 1:29. En el transcurso de 10 años se han observado 7 períodos de sequía de más de cien días de duración.

«El período más largo, durante el cual no ha caído lluvia en los años 1875-88 duró en San Juan nada menos que 671 días, casi dos años». (2)

Por la extrema sequedad del aire—la humedad en la región andina es, según Davis inferior a 5 %—gran parte de las precipitaciones se evaporan rápidamente y ese proceso se aumenta considerablemente por la fuerte irradiación y por el viento. El viento zonda tiene sobre todo un efecto sumamente secante, pues de vez en cuando, aumenta la temperatura de 20° y disminuye la humedad relativa del aire hasta 0 % (3). La mayor parte del agua que cae sobre las llanuras de San Juan y Mendoza se evapora probablemente a causa de esta sequedad, y como la otra se escurre, queda sólo una pequeña parte para la alimentación de napas de agua freática. Más aún, esta pequeña cantidad de agua que se infiltra en el suelo, asciende otra vez, a mi parecer, a la superficie, por efecto de la capilaridad durante los largos períodos de sequía, en los cuales las capas superiores del suelo se calientan excesivamente perdiendo así el agua por evaporación. El mayor caudal de agua subterránea debe provenir de las infiltraciones que se producen en las sierras y después pasan a los depósitos modernos inmediatamente al pie de éstas.

VEGETACION

La vegetación corresponde completamente a este clima seco. Dejando las plantas de cultivo como álamos, vid, árboles frutales, alfalfa, trigo etc., cuyo bienestar depende en estas regiones completamente de la irrigación, encontramos generalmente sólo plantas leñosas con hojas poco desarrolladas, la evaporación al mínimo, y quiscos. Según la fitogeografía, esta región pertenece por lo general a la zona subandina, pero según los estudios de Kurtz (4) llega hacia el este todavía a la zona pampeana y hacia el oeste a la zona andina media.

Las faldas más escarpadas de la cordillera, pero también varios trechos llanos de la pampa y especialmente los salitrales, carecen a menudo de vegetación; pero generalmente un monte más o menos espeso cubre las faldas y también regiones más extensas de la pampa, donde se forman entonces bosques de arbustos

(1) L. c., pág. 20.

(2) L. c., pág. 22.

(3) Chavanne: Die Temperatur und Regenverhältnisse Argentiniens.

(4) Kurtz: «Dos viajes botánicos al río Salado superior (Cordillera de Mendoza)». Boletín Academia Córdoba 18, pág. 171 y «Enumeración de las plantas recogidas por G. Bodenbender en la Precordillera de Mendoza (Octubre de 1906)». Boletín Academia Córdoba 15, pág. 502. Véase aquí mayores pormenores sobre la literatura referente a la vegetación de esta región.

(Buschwald) como en el río Tunuyán, al sud del arroyo de Carrizal o como al sud de Moquina. Entre los árboles predominan entonces las acacias. El enorme cono de deyección poco inclinado de Tupungato está casi desprovisto de monte, especialmente en el distrito La Carrera, y una gramínea dura amarilla cubre el suelo aquí y en la pampa de La Aguadita, algo más elevada. Una flora halófila se halla desarrollada especialmente en la cuenca de las lagunas de Guanacache.

Los tipos más frecuentes de la región son: Algarrobo (*Prosopis alba* Griseb), Retortuño (*Pr. strombulifera* Bth.), Alpataco (*Pr. alpataco* Phil.), Chañar (*Gourliea decorticans* Gill), Brea (*Caesalpinia praecox* R. et P.), Mal de ojo (*C. Gilliesii* Wall), Retamo (*Bulnesia retamo* Griseb), Matagusano (*Atamisquea emarginata* Miers), Jarrilla hembra (*Larrea divaricata* Cav.), Jarrilla macho (*Zuccagnia punctata* Cav.), Piquillin (*Condalia lineata* A. Gray), Molle (*Schinus molle* Desf.), Altepé (*Proustia ilicifolia* Hook. et Arn.), Chilca (*Baccharis salicifolia* Pers. y *B. flabellata* Hook. et Arn.), Jume (*Suaeda divaricata* Mocq.), (*Halopeplis Gilliesii* Griseb), Pichana (*Heterothalamus spartioides* Hook. et Arn.), Cortadera (*Gynerium argenteum* Nees), (*Colliguay integerrima* Gill. et Hook), Zampa (*Atriplex cachiuyuyu*), Ajenjo (*Artemisia mendozae*), Junco (*Juncus acutus* Lam.), además hay una cantidad de gramíneas, opuntias y *echinocactus*.

TOPOGRAFIA

Topográficamente podemos distinguir en la región investigada seis zonas: 1) la Cordillera del Plata, 2) la Precordillera, 3) el anfiteatro de Cacheuta y las lomadas adyacentes, 4) la zona fracturada de Mendoza, 5) la zona de los conos de deyección y 6) la llanura.

La cordillera del Plata tiene generalmente una altura mayor de 5.000 metros, cuya cúspide más elevada es el cerro del Plata (5.680 metros). De esta sierra baja un número de quebradas, algunas de las cuales desembocan en el río Mendoza; pero la mayor parte de ellas se abre hacia el anfiteatro antepuesto de Cacheuta o hacia el cono de deyección de Tupungato. Son más o menos paralelas, separadas una de otra por grandes montañas y se originan generalmente, en los ricos glaciares de una glaciación más antigua.

Separada solamente por la quebrada del río Mendoza, se junta con la cordillera del Plata la precordillera, en cuya parte más meridional, la sierra de Uspallata pasa todavía el río Mendoza hacia el sud en el cerro de Cacheuta. En la parte meridional, las quebradas de esta sierra corren hacia el río Mendoza; en la parte oriental desembocan hacia la Pampa. Por el ancho valle de Las Higueras la sierra de las Peñas se halla separada de la sierra de Uspallata. Al norte se juntan ahora las cadenas paralelas de la precordillera, entre las cuales se hallan interpuestas a menudo bajadas anchas como los valles de Pedernal, de Zonda, de Matagusanó, de Gualilán y de Jachal.

Una posición especial orográfica (y también geológica) tiene el anfiteatro de Cacheuta, como quiero llamar a las lomadas, que se levantan en forma de semicírculo alrededor del cerro de Cacheuta, que llegan hasta la bajada tectónica de San Ignacio, elevándose en la región de la cuesta de La Higuera hasta más o menos 2.000 metros sobre el nivel del mar, y que se deprimen en colinas siempre más bajas hacia Tupungato y Estacada. He elegido el término «anfiteatro», porque esta región, vista desde la mina de petróleo en Cacheuta con sus lomas en forma de semicírculo que se elevan poco a poco, recuerda aquella construcción.

Una posición especial ocupa también la zona fracturada de Mendoza, encerrada por los cerros de Challao y la orilla de la sierra desde San Isidro hasta Crucecita, que se compone de varias terrazas muy cortadas por la erosión, extendidas sobre depósitos mesozoicos y cenozoicos fuertemente dislocados. El cordón bajo del cerro Pilar lo separa de la ciudad de Mendoza; hacia el sud y sud-este pasa al enorme cono de deyección que tiene declive desde Crucecita hacia el río Mendoza.

La zona de los conos de deyección acompaña toda la orilla oriental de la cordillera del Plata, del anfiteatro de Cacheuta y de la precordillera. Los conos de deyección son o muy llanos y entonces a menudo muy extensos como los enormes conos de deyección de Tupungato y Mendoza, o se componen de campos bastante anchos de acarreo, sobrepuestos al pie de los cerros por conos de deyección pequeños recientes y de inclinación generalmente fuerte, como es el caso en San Juan.

La transición a la llanura de la pampa no es bien marcada en todas partes, porque penetran a menudo lenguas anchas de los campos del terreno de acarreo a la región de los depósitos de grano fino y, al revés, estos depósitos más finos a menudo entran en las bajadas o vallecitos de los conos de deyección y campos de acarreo.

HIDROGRAFIA

Hidrográficamente, podemos dividir este territorio en varias partes. La cordillera del Plata pertenece a la cuenca hidrográfica del río Tunuyán, y en su parte septentrional a la del río Mendoza. El «divortium aquarum» sigue desde la región del cerro Tupungato primeramente a la cresta de la sierra hasta el cerro del Plata, doblando entonces bruscamente hacia el este, entre la laguna de la Chicha y el nacimiento de la quebrada de las Mulas, hasta la Pampa de La Aguadita, donde está desarrollado un poco al sud del puesto de Aguadita como «divortium aquarum» de acarreo. Sigue entonces en semicírculo la cresta del anfiteatro de Cacheuta, de la cual ya ha tenido que bajar en una región, porque el río seco de la Cañada del Balde ya se ha formado un valle transversal por erosión y retroceso. Desde la Punta Negra, el «divortium aquarum» corre hacia el oeste como «divortium aquarum» de acarreo tan bajo que se han trazado sobre este sin dificultades los canales de irrigación derivados del río Mendoza.

El Tunuyán nace en las faldas meridionales del Tupungato y recibe en su curso superior, que está situado enteramente en la

cordillera, numerosos afluentes, cuyos nacimientos se encuentran en el Portezuelo de los Piuquenes, en las faldas del volcán San José y en la montaña oriental. Pero desde su salida de la cordillera, aguas arriba de Melocotón, se observan condiciones completamente diferentes. De los ríos que nacen en los cerros, el Tunuyán recibe sólo las aguas del río San Carlos y sus afluentes. Los demás arroyos que salen al Norte del punto en el cual el Tunuyán sale de la cordillera, desaparecen en el gran cono de deyección al pie de la montaña. Sigue hacia el norte la región hidrográfica del río de Mendoza, que nace al norte de la Cumbre de la Iglesia. Su curso superior y sus afluentes están fuera de la región investigada, solamente el río Blanco, el último afluente que recibe el río Mendoza, debemos considerar. El río Blanco y sus afluentes nacen en su mayor parte en los pequeños ventisqueros que existen en los antiguos circos glaciares. Abajo de su desembocadura no hay más afluentes al río Mendoza, que presta sus aguas para los numerosos canales de irrigación. Entre Barcala y Palmira el río dobla hacia el norte y echa sus aguas al fin en las lagunas de Guanacache.

La orilla de la precordillera tiene solamente tres pequeños arroyitos, el río Santa Clara, el río de Azequión y el río del Agua o río del Sombrero que se agotan en seguida en la zona de los conos de deyección.

Más al norte llegamos al río San Juan, cuyos grandes afluentes, río Castaño y río de los Patos, nacen en la cordillera principal cerca del límite chileno, reciben numerosos afluentes en la cordillera y se juntan aguas abajo de Calingasta. En un estrecho valle transversal corre el río después por la precordillera, donde recibe solamente el arroyo de Las Cuevas, presta entonces sus aguas en la región de San Juan para numerosos canales de irrigación, y va a echarse después en las lagunas de Guanacache, cuyo desagüe es el río Desaguadero.

Como última cuenca hidrográfica de nuestra región, mencionaremos la del río Jachal, cuyos nacimientos se hallan enteramente en la cordillera principal, pues cerca de Rodeo recibe el último pequeño afluente. Cerca de Jachal, Niquivil, Tucunucu y Moquina, el río cede su agua a los canales de irrigación y corre entonces como una aguada poco importante por la falda del norte de la sierra Pie de Palo. Su lecho que luego es seco, desemboca en el lecho seco del río Bermejo, cuya agua debe llegar solamente en casos excepcionales a la cuenca de las lagunas de Guanacache.

GEOLOGIA

A la topografía corresponde también hasta un cierto grado la composición geológica. La cordillera del Plata está esencialmente compuesta de rocas sedimentarias del paleozoico inferior, en las cuales se halla intercalada desde las Mesillas, en el distrito La Carrera hacia el norte, una zona de porfirita y en la parte septentrional pórfido cuarífero. Todo está cruzado y en parte metamorfoseado por enormes masas intrusivas de granito.

El anfiteatro de Cacheuta se compone de los estratos calcha-

queños terciarios, areniscas y conglomerados colorados, a menudo con un cemento arcilloso y con contenido de sal, y de ripio de edad diferente en posición muy frecuentemente dislocada. Hacia el cerro de Cacheuta se hallan también areniscas, conglomerados y margas coloradas del cretáceo y la formación rética, primeramente en el subsuelo, pero aflorando en el pie del cerro (1).

Nos llevaría demasiado lejos la explicación detallada de la geología de la precordillera; respecto a esto debemos referirnos a los trabajos ya publicados (2). Diremos solamente que se trata en general de cal y dolomita siluriana y grauvacas y pizarras arcillosas devonianas, sobre las cuales descansa la espesa serie de los depósitos continentales desde el carbonífero hasta el reciente, compuesto por lo común de conglomerados y areniscas coloradas, gris-rojas o grises, que han sufrido en varias épocas dislocaciones sumamente fuertes. Las rocas cristalinas tienen poca importancia para nuestras investigaciones hidrogeológicas en la falda de la precordillera. Donde será necesario, daremos más detalles sobre la geología de las diferentes regiones.

La zona fracturada de Mendoza, encerrada por los cerros de Challao y San Isidro al norte y este, se compone de depósitos réticos, cretáceos y terciarios sumamente dislocados y de ripios más recientes, que en su mayoría han tomado parte todavía en los movimientos orogenéticos, siendo terraplenados después por terrazas. Del cono de deyección de Mendoza la zona fracturada se halla separada por el cordón del cerro Pilar, compuesto de ripio fuertemente inclinado.

LOS DEPÓSITOS SUELTOS IMPORTANTES PARA LA CIRCULACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA.

a — Desmoronamiento.

Importancia especial tiene para la hidrología los depósitos sueltos de formación reciente. En las sierras se trata en primer lugar del desmoronamiento. Esta forma, como lo comprobó Keidel (3), en las regiones áridas de las cordilleras argentinas, una zona de anchura bastante constante que tiene una inmensa extensión. El espesor del desmoronamiento varía; es natural que es pequeño en las vertientes escarpadas, en contra es a menudo extraordinario en las bajadas al pie de las sierras. A causa del enorme volumen que suman sus poros, el desmoronamiento absorbe en seguida las

(1) El autor no ha podido concluir todavía la publicación sobre la geología de la Cordillera del Plata a causa de tener que realizar otros trabajos urgentes en el campo.

(2) Stappenbeck: «La precordillera de San Juan y Mendoza». Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Geología, Mineralogía, y Minería. Tomo 4, Núm. 3. Buenos Aires 1910. — Bodenbender: «El suelo y las vertientes de la ciudad de Mendoza y sus alrededores». Boletín Academia Córdoba. Tomo 15, pág. 474. — Stelzner: «Beiträge zur Geologie und Paläontologie der argentinischen Republik» Kassel, 2 partes — Avé-Lallemant: «Estudios mineros en la provincia de Mendoza». Boletín Academia Córdoba. Tomo 12, pág. 131. — Avé-Lallemant: «Observaciones sobre el mapa geológico del departamento de Las Heras, provincia de Mendoza». Anal. del Museo de La Plata, 1912. — Bodenbender: «Contribución al conocimiento de la Precordillera de San Juan y Mendoza y de las sierras centrales de la República Argentina». Boletín Academia Córdoba. Tomo 13, pág. 201. — Keidel: «Über den Bau der argentinischen Anden». Sitz. — Ber. K. Akad. Wissensch. Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. Bd. 116. Abt. 1. — Keidel: «Über die Geologie einzelner Teile der argentinischen Anden». Sitz. — Ber. K. Akad. Wissensch. Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. Bd. 117. Abt. 1-1908. pág. 9.

(3) Keidel: «Über den Büsserschnee der argentinischen Anden. Zeitschr. f. Gletscherkunde». Tomo IV.

aguas de la nieve, de los ventisqueros y de la lluvia, permitiendo que se infiltre hasta la roca firme, donde el agua o corre o entra en las grietas de la roca. Pero en parte el desmoronamiento contiene bastante material arcilloso volviéndose por eso impermeable, de modo que el agua corta zanjas hondas en él. Donde el desmoronamiento se halla en un espesor algo considerable sobre un suelo impermeable y poco inclinado, forma receptáculos de agua subterránea, cuya importancia en la región árida no se debe despreciar.

b — *Depósitos glaciales.*

En la cordillera del Plata también los depósitos glaciales llegan a tener importancia, en cuanto que permiten la infiltración ligera de las aguas de derretimiento de los ventisqueros actuales y de la nieve, abrigándolas así contra la evaporación. Su extensión es sumamente pequeña; solamente los circos glaciales y las partes superiores de las quebradas contienen morenas, cuyo resto más hondo y todavía dudoso hallé a una altura de 2.600 metros en el valle del río Blanco. Por lo común las morenas terminan ya algunos cientos de metros más arriba. Cierto es que ya ha sido destruido algo y que mucho material de morenas ha sido transportado junto con desmoronamiento a las regiones más bajas de la cordillera y a los conos de deyección, pero según mis observaciones, los antiguos ventisqueros pueden haber llegado cuanto más hasta 10 kilómetros más afuera que los actuales, es decir, no han pasado la parte superior de los valles.

La precordillera no ha sido glaciada, no hay en ella depósitos glaciales que podrían contener aguas subterráneas.

c — *Depósitos fluviales y eólicos.*

Una extensión más grande tienen los depósitos fluviales, no solamente en horizontal, sino también verticalmente, alcanzando así para la hidrología de nuestra región, una importancia que no tiene ninguna otra formación. Están compuestos cerca del pie de las sierras, de una zona de materiales muy gruesos, poco redondeados e íntimamente mezclados con desmoronamiento, y de vez en cuando también con morenas. El volumen que representan los poros de estos depósitos es generalmente muy grande. Más lejos de las sierras los rodados son más chicos, bien estratificados, interrumpidos más a menudo de interposiciones lenticulares de materiales más finos, y de vez en cuando endurecidos por un cemento arcilloso o calcáreo en un conglomerado algunas veces bien duro. Se halla generalmente una mezcla arenosa o de cascajo; pero en algunos puntos existen también depósitos de rodados gruesos sin mezcla de material fino, tales que todo el agua que pasa por encima desaparece rápidamente.

Poco a poco pasa esta zona a otra de cascajo o arena, pero sin límite marcado, y a ésta se juntan los depósitos finísimos, greda, arcilla, limo y loes, que cubren terrenos muy extensos alternando a menudo en la región marginal con arena y también con guijarros. Es importante esta alternación para las relaciones hidrológicas, pues debido a ella, se forman varias napas de agua subterránea, a veces con presión artesiana. Es verdad que

tales horizontes raramente alcanzan hasta lejos, pero esto tiene por causa el modo como se han depositado las capas respectivas, que han sido extendidas acá o allá por ríos, arroyos o crecientes o también por deposición y translocación eólica con espesor y sucesión variables.

ORIGEN DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Como ya hemos dicho más arriba, de las precipitaciones que caen sobre las llanuras de la región aquí investigada, entra sólo una parte probablemente bastante pequeña en el suelo, que también solamente en parte llega a aumentar el agua subterránea, pues del agua infiltrada, un gran porcentaje sube otra vez cargada con sales, evaporándose entonces del mismo modo como la masa principal de las precipitaciones. Donde se hace irrigación artificial, penetra en el suelo también una parte del agua de los canales, lo que ocurre especialmente en el departamento de Guaymallén. La influencia de la irrigación artificial sobre el estado de la primera napa del agua subterránea — pues sólo de ésta se trata aquí — es bien ilustrada por una observación que me comunicó el señor ingeniero v. Zakrzewski, según la cual el nivel del agua del pozo de 12 metros, del café de Succaraz, en la plaza de San Martín (F. C. P.) cambia muy notablemente según el estado del agua del canal sud Alto Verde, distante unos 600-700 metros.

Debemos buscar, pues el origen del agua subterránea, especialmente de las napas más profundas, en otras regiones, es decir en las precipitaciones que caen en la cordillera del Plata y en la precordillera. Estas sierras altas actúan como condensadoras del vapor de agua, y las nevazones no son raras ni en el mismo verano, especialmente en los alrededores del cerro de Plata. Pero la nieve dura más tiempo solamente en algunos sitios bien abrigados: por lo común se derrite muy ligero, y el agua de derretimiento se infiltra en las enormes acumulaciones del desmoronamiento llegando a la luz más abajo como manantiales. De este modo se forman pequeños arroyitos, pero estos corren raras veces lejos como aguas superficiales. A menudo se agotan en los conos de deyección siguiendo su camino como corrientes subterráneas. Si tales corrientes subterráneas son bastante abundantes y encuentran relaciones topográficas favorables, puede suceder que de nuevo salgan a la superficie formando otra vez arroyos.

Se ha mencionado ya algunas veces y últimamente con gran detenimiento por Keidel, el hecho de que el límite de la nieve en esta región, es sumamente alto (1). La precordillera que alcanza la altura de 4.000 metros, está completamente debajo del límite de la nieve, y de la cordillera del Plata probablemente sólo las cúspides más elevadas se levantan sobre esta línea. La causa de que se halla a pesar de eso, generalmente en los círcos glaciares de la antigua glaciación, un número de pequeños ventisqueros en rincones bien abrigados de la falda oriental de la cordillera

(1) H. Keidel: Über den Büsserschnee in den argentinischen Anden. Zeitschr. f. Gletscherkunde Bd. 4, pág. 31.

del Plata, cuyos frentes, según mis observaciones barométricas, están en término medio a una altura de 4.000 metros, la debemos buscar en la circunstancia de que son formados probablemente en su mayor parte de masas de nieve acumuladas por el viento en dichos rincones; causa mencionada por la primera vez por Keidel (1).

Pero una gran parte de las precipitaciones llega a la profundidad en las grietas de las rocas firmes saliendo a la luz, en parte, como manantiales al pie de las montañas (generalmente como fuentes de estanque), pero en parte penetra el agua infiltrada a profundidades todavía mayores, volviéndose a menudo termal en su camino, y entra en forma de manantiales subterráneos en los depósitos sueltos que llegan a grandes profundidades al pie de las sierras; desde allí debe alimentarse la mayoría de las napas más profundas de la llanura.

EL AGUA SUBTERRANEA

La región al sud del río de las Tunas. — Sólo he conocido las relaciones alrededor de San Carlos y Melocotón, por rápidas excursiones; principié mis investigaciones con el Arroyo Barraquero. Este arroyo nace muy adentro de la sierra en las faldas del macizo del Portillo, de donde bajan también sus afluentes, el arroyo de los Manantiales Amarillos y el arroyo del Hueco y corre, como sus afluentes, por granito y pizarra metamorfoseadas por contacto con granito. De estas rocas brotan, en las quebraditas laterales, pequeños manantiales que se reconocen por sus aguas límpidas y claras. Algunos de éstos, que nacen en el granito, se ven en las cercanías de la casa del señor Norton.

Este arroyo nos muestra interesantes relaciones típicas para toda la región de Tupungato. Un buen trecho aguas abajo de la estancia de Elías Videla, el agua se infiltra por completo en el terreno de acarreo y rodados, donde sus aguas se extienden subterráneamente transformándose poco a poco en corriente subterránea. Sobre ésta se halla la pequeña aldea Villa Seca, cuyos pozos alcanzan el agua en una profundidad de $1\frac{1}{2}$ — 2 metros. Aunque el riego artificial falta aquí, los cultivos tienen buen resultado, pues las plantas alcanzan el agua subterránea tan poco distante.

Desde la orilla septentrional del arroyo Barraquero, hacia la región de las minas Salamanca y Barrera se extiende, sobre gravacas y esencialmente granito, una planicie de destrucción «Los Mesones», situada a 20 metros, más o menos, sobre el nivel del arroyo Barraquero. Su manto de acarreo forma un buen campo de recepción y el granito resquebrajado, más o menos descompuesto, un buen depósito y como la planicie de destrucción está cortada en alto grado por la formación de vallecitos modernos, resulta que en varios lugares se encuentran pequeños manantiales que en su mayor parte se infiltran, pero de vez en cuando forman aguaditas.

Al norte de Los Mesones llegamos al inmenso cono de deyección de Tupungato. Este cono de deyección está situado en el arco

(1) Ibidem, pág. 45.

que forma la cordillera desde el cerro del Plata hacia la quebrada del Portezuelo del Portillo, siendo limitado al norte por las lomadas que existen entre Estacada, la estancia de Palma y el cerro de Cacheuta. Hacia el este alcanza hasta más allá de las poblaciones de Arboleda y Tupungato. He podido estudiar la composición de este cono de deyección en varios lugares. Abajo de una delgada capa de arena o acarreo se halla, como los cortes naturales a lo largo del arroyo del Negro, del arroyo de la Carrera y en Tupungato y sus alrededores lo demuestran, un loes arenoso fino, cuyo espesor es, en NO, en término medio de 1 metro pero en Tupungato es de 4 metros y en todos los cortes donde lo he observado sobrepone ripio (lám. I.). Hacia el sud este loes arenoso parece faltar: no lo he visto a lo menos en ninguna parte de las altas barrancas verticales del río de las Tunas; éstas se componen exclusivamente de ripio.

El río de las Tunas nace en un circo glacial (Kar) situado algo al sudeste del majestuoso cerro Descabezado (más o menos 6.000 metros) (1) probablemente de un ventisquero y corre por una estrecha quebrada pedregosa hasta juntarse, después de romper una barra de grauvaca, con el arroyo de Santa Clara y corre con rumbo oeste-este por la parte meridional del cono de deyección de Tupungato, uniéndose en el camino con el pequeño arroyo del Novillo Muerto que viene del sud. Pero desaparece su agua por infiltrarse en el suelo de acarreo, del mismo modo como la del arroyo Barraquero, apareciendo otra vez un gran trecho más abajo y forma entonces el arroyo Guinazú que desemboca en el río Tunuyán cerca del pueblo del mismo nombre.

Basándose en estos conocimientos sobre las aguas del arroyo Barraquero y el río de las Tunas, no es difícil explicar el nacimiento de los arroyitos que brotan entre Melocotón y Tunuyán en la llanura, o más bien dicho, en la margen del cono de deyección, conocidos bajo los nombres de arroyo Manzano, arroyo Claro, etcétera. Es el agua de todos aquellos pequeños arroyos que desaparecen en el acarreo entre la quebrada del Portezuelo del Portillo y la salida del río Tunuyán de la cordillera. Deben recibir además, una parte de sus aguas de las filtraciones de los canales de irrigación en el subsuelo permeable de Melocotón, Vistaflor y los Sauces. Volvamos al arroyo de Santa Clara a la margen de la cordillera. Este arroyo viene del oeste de la cresta de la cordillera y es alimentado por las nieves de las cúspides, que se levantan hasta 5.000 metros y por algunos ventisqueros que se hallan en antiguos circos glaciales, pero de tal modo, que el agua proveniente del derretimiento no corre inmediatamente, sino que se filtra primeramente en el desmoronamiento de las morenas y sale después más abajo, bien clara en varias aguaditas. En el lugar denominado «Tres Quebradas» este arroyo recibe dos pequeños afluentes del norte y del sud y otro mayor más abajo, el arroyo de la Cortadera. Este arroyo se forma también principalmente del agua de las nieves acumuladas en los antiguos circos glacia-

(1) Este nombre me fué suministrado por la gente de la región para el cerro sobresaliente al SSE. del cerro Tupungato.

les y en los cerros que los rodean, siendo filtrado por las morenas antes de correr en forma de arroyitos. Todos estos manantiales se encuentran en una altura de 3.600 metros, más o menos. El arroyo recibe aguas abajo un número de pequeños afluentes que nacen en las «ciénagas». El agua subterránea que sale al exterior en la pendiente de un cerro o en el fondo de un valle encuentra raras veces la posibilidad de correr inmediatamente. Generalmente es absorbida por un manto de acarreo que se llena completamente con agua, dejando salir sólo el sobrante. Una exuberante vejetación hace visibles estos lugares desde lejos por sus verdes bien frescos en comparación con sus alrededores tristes y pelados, pero naturalmente la formación de turbales es excluida a causa de las relaciones climatéricas. Estas ciénagas están muy esparcidas en la región árida y pueden ser de importancia económica como lo demostraré más adelante, en las partes donde existe la posibilidad de extraer el agua almacenada en ellas.

Las relaciones orográficas del arroyo de Santa Clara me permiten decir algunas palabras sobre la posibilidad de construir un dique de embalse cerca de Santa Clara, por medio del cual se podría regar una parte de la extensa región en la orilla norte del río de las Tunas, entre Santa Clara y Arboleda. Con motivo del aumento de la colonización del país sería posible, tal vez, considerar dentro de poco estas circunstancias, especialmente porque el río de las Tunas corre en un cauce demasiado hondo para poder derivar canales de riego para la región en cuestión, y la construcción de un dique en el lecho del río hasta la altura de la planicie encontraría probablemente por la permeabilidad y poca resistencia de las barrancas y del suelo formados por ripios, más dificultades que la construcción de un dique de embalse en Santa Clara.

Como el río de las Tunas, el arroyo de Santa Clara rompe también, cerca del puesto de igual nombre, generalmente no habitado, una barra dura alta de piedra en un cauce de pocos metros de ancho y largo. Atrás de la barra se extiende una cuenca larga y ancha cuya pared meridional está formada por una pendiente rcosa, mientras que el límite septentrional está formado por dos terrados bien distintos, hacia el fondo del lecho, aquí bastante ancho. Estos terrados corresponden a períodos de intermisión en la acción erosiva del arroyo, y el más alto corresponde a la altura de la barra. El agua se podría, pues, estancar hasta este nivel, es decir, hasta el del terreno a regar, construyendo en la puerta del arroyo un dique apropiado. El peligro de un ligero relleno de la cuenca se podría evitar construyendo diques apropiados en el curso superior del arroyo, donde existen varias estrechuras con ensanches situados aguas arriba, de modo que el arroyo depositaría ya allí una gran parte de los rodados que lleva. Siento mucho que no sea posible dar aquí datos, aunque sean aproximados, sobre el contenido de la cuenca en metros cúbicos o sobre el caudal que lleva el arroyo, o en fin, sobre la velocidad de la corriente, pues no disponía de los instrumentos necesarios para hacer las correspondientes observaciones.

El río de las Tunas no permite, en su desfiladero, tal construcción porque no hay cuenca, pero existe la posibilidad de derivar

sus aguas por un corto canal y un socavón (túnel) a la cuenca del arroyo de Santa Clara y alcanzar así un embalse mayor si fuese necesario o en el caso de no ser suficiente el agua del arroyo estancado.

No me pertenece establecer si la construcción de un dique de embalse en este sitio es posible desde el punto de vista técnico. Pero si fuese posible sería necesario hacer, ante todo, cateos en las vertientes que rodean la cuenca para constatar si la resquebrajadura de las rocas es demasiado profunda, porque esto podría no sólo ocasionar una gran pérdida de agua, sino también poner en peligro, bajo ciertas condiciones, la estabilidad del dique.

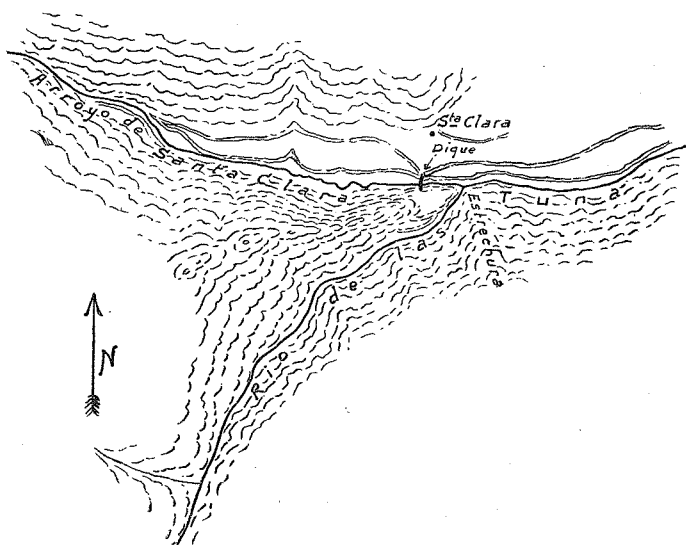


Fig. 1. — CROQUIS DE LA CUENCA DE SANTA CLARA

La figura 1 representa más o menos el aspecto topográfico: la lámina V ofrece una vista de la cuenca desde la barra cortada por el arroyo, aguas arriba.

En las cercanías se hallan materiales apropiados para las construcciones.

2 El cono de deyección de Tupungato y su área de infiltración.

La más grande de las próximas quebradas hacia el norte, que llega hasta la cresta nevada de la cordillera, es la quebrada del Chupasangral, por la cual corre el río del mismo nombre. Pocos kilómetros cuesta abajo de la desembocadura muy ancha de este valle, el agua se pierde en el acarreo. Sigue subterráneamente, pero no hasta la margen del cono de deyección, sino hasta pocos kilómetros al oeste de Tupungato, donde surge a la superficie como arroyo y lleva entonces el nombre de arroyo de los Sauces. Esta repetida aparición es causada por la construcción del subsuelo. Desde las lomadas que limitan el cono de deyección

al norte, sale, con rumbo NS. e inclinación mediana hacia el oeste, una barra de arenisca gris sobrepuesta por rodados que se extiende hasta la región de Tupungato. Comparándola con el ripio, con su inmenso volumen de poros, la arenisca aparece como una roca impermeable estancando el agua subterránea de tal modo que corre superficialmente.

Como último sistema de ríos, existe sobre el cono de deyección de Tupungato, el del río de la Carrera con sus pequeños afluentes, arroyos provenientes de la quebrada Ancha, quebrada Angosta, quebrada de Guevara y quebrada de Casa y el arroyo del Negro que viene de la Pampa del Aguadita. El río de la Carrera y los arroyos de la quebrada de Casa, quebrada Ancha y quebrada de Guevara vienen de la cresta de la cordillera del Plata, y los tres últimos nacen en ventisqueros.

El arroyo de la quebrada de Casa baja del cerro del Plata y recibe el desagüe de la laguna de la Chicha, pequeña lagunita formada por agua de derretimiento y situada delante de la cúspide del cerro Aspero. (En el mapa del Estado Mayor figura bajo el nombre de «Cerro Caliente») a una altura de 4000 metros. Desde puntos elevados de la cordillera, por ejemplo, desde el Portezuelo Colorado entre la quebrada Ancha y la quebrada de la Carrera, se ve el sistema del río bien desarrollado; pero probablemente los arroyos corren en todo su lecho sólo en tiempo de creciente. En tiempo común, solamente en la tercera parte de su curso superior sobre el cono de deyección tienen agua; después se agotan, sea porque ceden parte de sus aguas a la irrigación de los campos, sea porque la pierden por infiltración, hasta que se nota en ellos el estancamiento por la barra de arenisca en la región de Tupungato.

Las aguas de esta región son de una gran pureza, porque corren sobre granito, grauvaca y pizarras micáceas, y por la pendiente árida y la poca vida animal, a penas son contaminadas por materias orgánicas.

Me parece probable que se pueda encontrar agua en muchas partes del cono de deyección de Tupungato, a una profundidad de 15-20 metros, especialmente en el rumbo de los lechos de los arroyos que salen de la cordillera.

La lomada situada al norte del Tupungato hasta la Pampa de la Aguadita, se compone de estratos calchaqueños y ripios dislocados, sobrepuestos por acarreo depositado en forma de terrados. El agua que aquí se reúne nace como pequeño arroyo en la cercanía de la Cuesta del Totoral de una «esponja de acarreo», pero se infiltra antes de salir del vallecito abierto hacia el SE., y corre como corriente subterránea. Al pie de las lomas de rodados, extendidas hasta muy lejos hacia el río Tunuyán, al este de Tupungato, nace el arroyo Estacada; pero una parte del agua recibida aquí por las rocas, se junta al agua subterránea, que es además alimentada, indudablemente, por agua del cono de deyección de Tupungato. Una perforación en Estacada alcanzó el agua a los doce metros de profundidad, en arena, después de haber atravesado suelo acarreado y arcilla: el pozo dió 180.000 litros en 24 horas o sea 2,0833 litros por segundo. Parece que

hacia el NE. el nivel del agua subterránea baja ligeramente, pues un pozo hecho en el Balde Nuevo (52 metros) no dió agua.

La región de Carrizal. — La región alrededor de Carrizal se compone de arena fina bien estratificada con capitas de rodados, en parte con estructura diagonal. En la arena hay capitas de arcilla interstratificada y en parte se encuentra loes arenoso esparcido a menudo con piedras sobre arena firme clara, que ha sido depositado en capas muy delgadas, ligeramente onduladas pero horizontales. Esta arena descansa sobre arcilla espesa, en parte muy plástica, en parte arenosa. En el arroyo de Carrizal, se ven rodados en pequeñas bajadas en la arcilla. En la orilla del arroyo de Carrizal, cerca de su desembocadura, se halla arena con una interposición arcillosa, de algunos centímetros de espesor y abajo ripio fino hasta cascajo. Del mismo modo se compone la barranca del río Tunuyán, de arena, en algunas partes arcillosa, de arcilla arenosa (lehm) parda hasta 1 metro y abajo de arena gruesa. En muchos puntos sale, sobre la arcilla, un poco de agua subterránea, pero brota en gran cantidad cerca de la estación donde se forma el arroyo de Carrizal. Al SO. de la desembocadura de este arroyo sale igualmente agua subterránea sobre la arcilla, pero forma sólo una ciénaga. Ocho kilómetros, más o menos, al norte de la estancia de González, las capas de la margen sudeste de los cerros de Lunlunta, compuestos aquí de capas de arena, arcilla parda muy dura y ripio más fino hasta cascajo en alternación, tienen una inclinación de 5°, pero sólo sobre un corto trecho.

Por lo demás tienen una inclinación poco visible hacia el este, así que el agua que corre sobre las capas de arcilla se estanca en el punto de doblar y brota en los lugares donde la erosión corta el ala que se inclina al oeste. Como región de entrada de todas estas aguas, sólo se puede considerar la lomada situada al oeste, compuesta de ripio y rodados, de donde penetra el agua a los diferentes horizontes de arena corriendo por la débil inclinación de las capas hacia el este.

La región alrededor del río Tunuyán se compone de bajos terrados de arcilla, arena y parte de ripio (lámina II b). No es dudoso que se trate aquí de depósitos del río Tunuyán, que lleva consigo inmensas cantidades de arena (lámina II a) (1) mezcladas con el desmoronamiento de la cordillera, que es echado abajo por las avenidas de los arroyos nacientes allí y por crecientes ocasionales. Tomando en cuenta las relaciones descriptas del agua subterránea entre Estacada y Carrizal, entonces se ve que existe por razones de construcción geológica del subsuelo, la posibilidad de encontrar agua subterránea en muchos lugares a poca profundidad.

La región del río Blanco. — La faldá oriental de la sierra desde el cerro del Plata hasta la Pampa de la Polcura, es la región del nacimiento del río Blanco que desemboca en el río Mendoza cerca de Potrerillos. El «divortium aquarum» entre el río Men-

(1) Según Soldano, la cantidad de materias en suspensión, llevadas por el río Tunuyán, es de 2 ‰ (La irrigación en la Argentina, pag. 57).

doza y el río Tunuyán está en la Pampa del Aguadita, algo al sud del puesto del mismo nombre. El río Blanco nace en el ventisquero del Rincón de los Vallecitos, a 4000 metros de altura.

Todavía dentro de la región de las morenas recibe muchos afluentes, pues el agua del derretimiento del ventisquero y de las nieves que caen sobre las pendientes de los cerros vecinos durante una gran parte del año, pero en los días calurosos casi siempre completamente derretida, se agota en el desmoronamiento y morenas, donde se reúne y aparece a la luz otra vez más abajo, como fuertes manantiales (lámina 1 b).

El pequeño afluente que nace en la región del Portezuelo Nevado, tiene agua límpida, negra, más o menos del color del cuarzo ahumado. Müntz y Marcano han explicado este fenómeno, observado en muchos ríos sudamericanos: el agua se tiñe bajo la influencia de sales alcalinas por la solución de los ácidos húmicos libres, formados por la descomposición de substancias vegetales sobre suelo de granito (en general sobre rocas de silicatos), pero nunca sobre calcáreos (1). Este afluente corre sólo sobre granito, luego la presencia de sales alcalinas en el agua es muy probable. También he observado plantas acuáticas, en partes descompuestas, en cantidad entre las piedras, de modo que la explicación anterior debe ser justa también en este caso. Siento no haber podido traer muestras de esta agua para poder efectuar un análisis.

El río Blanco recibe un afluente de la quebrada de la Angostura de un pequeño ventisquero situado en la margen septentrional del gran circo glacial (kar) de la falda noreste del cerro del Plata, llegando a penas con su frente muy, corroída del lado del circo glacial.

Aquí también se infiltra primeramente mucha agua de derretimiento en el acarreo y corre sólo más abajo en el arroyo, la que no penetra en las hendiduras de las rocas, desapareciendo en la profundidad. El tercer afluente proveniente de la quebrada de las Mulas se forma de agua de nieve acumulada en el acarreo del suelo del valle que es de vez en cuando tan impregnado de aguas que se forman extensas ciénagas, en las cuales brotan, en cualquier parte, manantiales. Este arroyito recibe todavía algunos afluentes de la quebrada de las Vacas y de la quebrada de los Potrerillos. No sólo el agua que cae sobre las planicies de destrucción de las Placetas del Plata, sino también el agua que baja desde las partes más elevadas del cerro Negro al manto de acarreo de las Placetas, se acumula en los amontonamientos más o menos grandes que se encuentran en las arroyadas de los cerros o en la quebrada y que son embebidos como esponjas. Las aguaditas que salen en las quebradas del Toro y de la Ollada de tales esponjas de acarreo, no llegan generalmente hasta el arroyo de la quebrada de las Mulas; su agua se pierde un poco cuesta abajo de la estancia de la Ollada en el terreno de acarreo.

(1) Véase Reindl: Die schwarzen Flüsse Südamerikas, Naturwissenschaftl. Wochenschrift, 1905, pág. 355.

Otro afluente del río Blanco es el arroyo de la Manga, que se forma de varias fuentes. La más meridional es la de la quebrada de los Manantiales. El agua que entra en el granito del cerro Arenal, resquebrajado y muy descompuesto, en la superficie, se estanca en una falla sobreescurrecida que coloca el granito contra grauvacas y pizarras arcillosas y más al sud contra tobas de pórfido cuarcífero y sale a lo largo de la falla en muchos manantiales. Los cerros altos cubiertos de desmoronamiento de esa región, muestra muy bien como el agua de derretimiento es llevada por infiltración dentro del manto de acarreo y almacenada allí.

En el ángulo entre la quebrada del Monte y la quebrada de la Manga, existe un terrado de acarreo que acumula todo el agua proveniente de los cerros vecinos y que desagua en numerosos manantiales al arroyo de la Manga. Este arroyo nace en el Rincón Colorado (tal vez en un ventisquero) recibiendo, un poco más abajo de la estancia del Salto, otro arroyito que desagua una parte de la llanura terraplenada del Salto, embebida con agua. Entre el Salto y Chacrita, existe a lo largo del arroyo otro terrado de acarreo lleno de agua buena, que sirve en parte, espitado por zanjas estrechas, para la alimentación de la cañería de Mendoza.

Me parece útil señalar en este lugar un método para sacar agua de los conos de deyección al pie de las sierras, usado según Davis (1) desde tiempos remotos en las regiones desde Turkestan hasta India, y recientemente aplicado, con éxito, en las regiones áridas de California. Allí se construyen túneles con suaves subidas en los conos de deyección, que dan agua en cantidad suficiente para poder usarla en la irrigación (2).

La planicie de acumulación de El Salto es desaguada hacia el norte por el arroyo del Salto (Arroyo del Alamo) hacia el río Mendoza. Para poder alimentar dos arroyos, la región de infiltración de esta llanura es demasiado chica, de modo que es probable que una parte del agua del arroyo de la Manga entre en la planicie de acarreo, contribuyendo a la alimentación de los manantiales de El Salto.

§ *El anfiteatro y el cerro de Cacheuta.* — El cerro de Cacheuta es uno de los que reciben mayores cantidades de precipitaciones atmosféricas, pues entre la cordillera del Plata y la precordillera existe un camino de peregrinación de las nubes a lo largo del valle del río Mendoza, y el elevado cerro de Cacheuta es el primero donde se condensa el vapor del aire en nubes.

El cerro ríscoso es muy resquebrajado y forma la parte más meridional del macizo de granito de Cacheuta que se ha introducido en las grauvacas. Sobre las grauvacas penetradas por dio-

(1) Explorations in Turkestan with an account of the Basin of eastern Persia and Sistan. Expedition of 1903, under the direction of Raphael Pumpelly. Washington, Carnegie Institution 1905. W. M. Davis: A Journey across Turkestan, pág. 45.

(2) Véase también J. Walther. Das Gesetz der Wüstenbildung, pág. 102. — «Desde siglos atrás los habitantes Turkmenos han cruzado el país (Transcaspia) con un sistema artificial de cañerías subterráneas. Sin brújula, sólo con un simple nivel, el Turkmeno excava un pique al lado de otro hasta que encuentra el agua subterránea, junta estos «Kjarisen» por canales subterráneos, coleccionando así en las depresiones desde distancias lejanas, la escasa humedad del suelo para regar con ella un oasis artificial». Además, sobre el mismo método aplicado en Beluchistan: Robert Burton Buckley, The irrigation works of India. II Edición London y New York, 1905, pág. 10.

rita descansa en la falda sud del cerro, un manto de bancos fuertemente elevados de clorófito, keratófito, pórfido cuarcífero, tobas de pórfico cuarcífero y tobas de porfirita; también hay porfirita andesítica. Todas estas rocas constituyen por sus numerosísimas grietas, un terreno muy favorable para la penetración del agua, que cae bastante abundantemente en el cerro bajo forma de lluvia y nieve. Sólo una pequeña parte de esta agua brota nuevamente en las faldas superiores del cerro, corriendo la mayor cantidad en la quebrada del Durazno, cerca de la mina de petróleo. Contiene bastante cal en solución, que se segrega al pie de un salto alto y lescarpado en forma de travertina friable (véase el análisis). Cerca de la casa de la administración de la mina de petróleo, brota agua de las tobas de la falda, que se estanca en las capas margosas del rético puesto en discordancia (cerca de la mina parece existir concordancia) sobre las rocas más antiguas, saliendo así a la luz. Es la fuente llamada del Alamo, que no da agua potable porque es alcalina. Más de 1 kilómetro al este hay otro pequeño manantial de las tobas.

Pero la mayor parte de las aguas que penetran en las rocas antiguas del cerro van a mayores profundidades y pasan a las areniscas y conglomerados de rético y de los estratos de Paganzo, llenando en parte también las margas y pizarras margosas bastantes fisuradas.

Según mis conocimientos, todos los depósitos terrestres formados en regiones áridas están más o menos impregnados de sales, lo que también sucede, hasta cierto punto, con los sedimentos réticos. De esto proviene que el agua sea un poco salada después que ha pasado por las rocas réticas, particularidad que también ofrece el manantial llamado Agua de las Avispas.

Las perforaciones practicadas en busca de petróleo han encontrado, al pie meridional del cerro, bastante agua que contienen casi todas hidrógeno sulfurado; del mismo modo brota todavía en varios otros lugares agua con hidrógeno sulfurado cerca de la casa de la administración y más al oeste, llevando también un petróleo negro viscoso.

Como la inclinación es hacia el sud, los diferentes horizontes acuíferos de las areniscas y conglomerados, están siempre separados por margas y pizarras margosas, una infiltración con agua desde las capas más hondas tal vez por presión artesiana es imposible, y siendo además imposible también suponer que se han infiltrado cantidades tan grandes de agua atmosférica en las capas por el exiguo afloramiento de éstas, el agua sólo puede haber pasado de las rocas cristalinas y grauvacas del cerro al rético.

El origen del hidrógeno sulfurado en los manantiales de la región petrolífera está indudablemente en conexión con el betún, de tal modo que las sustancias orgánicas en descomposición actúan reduciendo a los sulfatos. Estos últimos provienen de la oxidación de la pirita de hierro, que no es rara en las pizarras margosas y arcillas bituminosas de esta serie de capas.

Según comunicaciones del señor ingeniero Rosenplaenter, las dos nuevas perforaciones empezadas en el año 1909 dan las siguientes relaciones de agua: En ambas perforaciones se encontró abajo de 66.5 metros agua salobre impregnada de hidrógeno sul-

furado. A mayor profundidad disminuyó el contenido de sal; en cambio aumentó el de hidrógeno sulfurado, hasta que desapareció a los 100 metros el contenido de sal. En la perforación I (véase fig. 2) se encontró a los 212 metros el segundo horizonte de agua con hidrógeno sulfurado. En la perforación II subió 10 metros sobre la boca del sondeo el agua que contenía hidrógeno sulfurado y pesado de asfalto, de un peso específico de 980, habiéndose tocado entre 230 y 252 metros grandes cantidades de gas de hidrógeno sulfurado y metano.

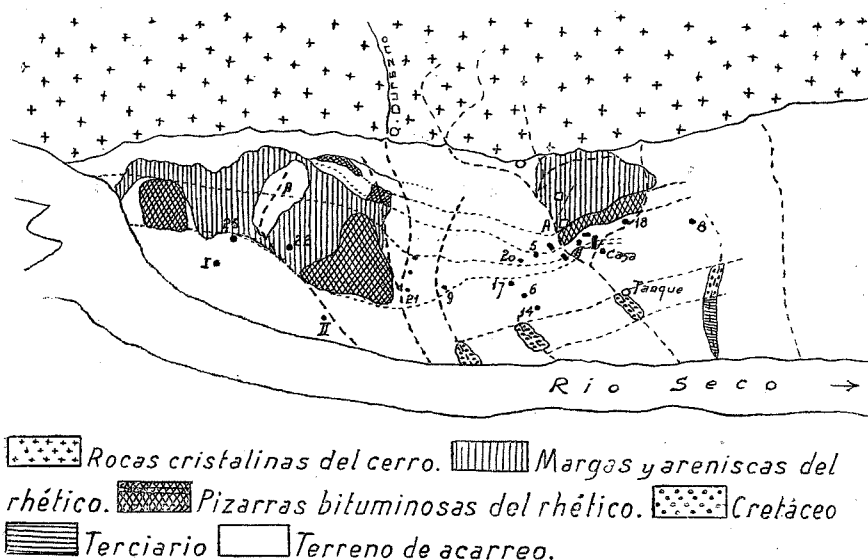


Fig. 2. — CROQUIS DE LA MINA DE PETRÓLEO DE CACHEUTA

El rético de Cacheuta descansa, como resulta de las perforaciones, sobre conglomerados colorados, en parte bastante blandos con rodados de porfirita, pertenecientes a los Estratos de Paganzo, que han sido encontrados en la perforación I a 300 metros, en la perforación II a los 280 metros. En la I se halló a los 305 metros una capa muy acuífera; el agua era tibia, algo sulfurada pero libre de sal. En la perforación II se encontró agua a los 280 metros bajo una fuerte presión de gas y primero subió en tal cantidad que resultaron más de 300 barriles por hora. Una medida de la temperatura del agua hecha por mí en la profundidad dió 34° C. Se trata, pues, de agua termal.

En la antigua perforación número 9 se bombea junto con el petróleo un agua salada muy sulfurada que tiene como las aguas superiores de II y I una temperatura de 18° C. (análisis 14).

En la perforación 19 se encontró en las margas oscuras algo arenosas, entre 61,50-81 metros un poco de agua; lo mismo a los

231 metros en la perforación 20 se encontró un poco de agua entre 22,48-24,18 metros en margas arenosas, a los 46 metros agua con gases de petróleo en margas oscuras, a los 76 metros agua muy sulfurada en margas grises, y al fin a los 85 metros una corriente más fuerte de agua, siempre en margas (1). En la perforación 21 se encontró agua la primera vez a los 43,51 en pizarras negras, después a la base de una arcilla arenosa a los 67,91 metros. La arenisca encontrada en el piso hasta 71,58 metros con pirita y espato de cal contenía vestigios de petróleo y agua con hidrógeno sulfurado e hidrógeno carburado en absorción. Es abajo de 102 metros donde se hallan en las margas muy arenosas grandes cantidades de agua (en grietas ?).

Teniendo presente el constante contenido de sal e hidrógeno sulfurado, sorprende el hecho de que una perforación haya dado, en otro tiempo, agua abundante de buena calidad. Tomando en cuenta la serie de las capas, la inclinación y el nivel de la boca de las varias perforaciones, es muy probable que el agua encontrada en I y II desde 65,5 metros abajo, en 21 desde 102 metros y en 20 desde 85 metros, pertenezcan al mismo horizonte. Hay que explicar por eso la presencia del agua buena diciendo que pasó tan rápidamente por las capas réticas por medio de una de las hendiduras que existen en las rocas, desde las grauvacas y rocas eruptivas (la distancia de la falda del cerro es muy pequeña) que no encontró ocasión para cargarse de sal e hidrógeno sulfurado.

En la parte occidental del cerro no hay manantiales porque aquí está cubierto hasta mucho más arriba de las areniscas y margas réticas, disminuyéndose así la región de infiltración, pues las margas impiden, hasta cierto grado, la infiltración. Hacia el oeste los estratos calchaqueños terciarios de Potrerillos se han dislocado contra las grauvacas y el granito. Las rocas antiguas deben ser bien resquebrajadas facilitando la penetración del agua en profundidad, porque de otro modo se tendría que esperar a lo menos que formaran algunos pequeños manantiales a lo largo de la falla contra los estratos calchaqueños relativamente impermeables.

El rético, el cretáceo y el terciario disminuyen de inclinación hacia el sud. Se plantea ahora la cuestión de saber si se puede utilizar de algún modo el agua que circula en el rético y en los estratos de Paganzo en el subsuelo del anfiteatro orográfico de Cacheuta (los estratos calchaqueños que forman la superficie se encuentran terraplenados en muchas partes y las hondonadas están rellenadas por acarreo, de modo que serían apropiadas para cultivos). El agua que se podría sacar aquí debe ser todavía abundante, pero hay que tener en cuenta el probable contenido de sal, y además es de suponer que sólo se encuentra el agua a una profundidad bastante grande, pues el espesor de las areniscas coloradas cretáceas, al sud del cerro de Cacheuta, es en números redondos 100 metros; el del rético, más o menos, 350 metros, y el de los estratos calchaqueños hasta los rípios que descansan sobre

(1) Hay que notar que las margas son resquebradizas.

ellos, por lo menos, 1500 metros, aunque de estos últimos sólo habría una pequeña parte que perforar (1).

Las areniscas y conglomerados colorados, generalmente bastante arcillosos de los estratos calchaqueños, son bastante pobres en agua. Prácticamente podemos considerarlas como casi impermeables; en ellos el agua brota en el intersticio de dos capas y es más o menos salada. En la región del terciario, entre la mina de petróleo, la cuesta de las Higuieritas, la estancia del Plata y Potrerillos, hay algunas aguaditas de esta categoría y son: el Agua del Banquito, Agua Grande, La Majada, el Agua de las Toscas Coloradas, el Agua de los Bueyes y el Agua del Corral.

La cresta meridional del anfiteatro de Cacheuta se compone de ripio con algunas interstratificaciones de arcilla verdosa, que tienen una inclinación de 25° al S. O. y en la misma cuesta sólo 10° al S. O. Unos cien pasos al este de la cuesta de las Higuieritas, existe, muy escondido, el manantial Agua de las Higuieritas. Conocí su existencia demasiado tarde y por eso no he tenido oportunidad de visitarlo. Sólo me puedo explicar la salida del agua del ripio en la misma cresta, considerándola como el conjunto del agua embebida en toda la parte oriental de la cresta. Las capas tienen aquí un rumbo O. E.-S. E. Así se puede acumular agua sobre una de las capas intercaladas de arcilla y por la inclinación débil, correr al S. O. hasta llegar a la superficie.

En el macizo de granito, inmediatamente sobre el lecho del río Mendoza, salen de las grietas cerca de la Estación Cacheuta, fuentes termales, que tienen una temperatura de 45°-48° C. Transcribo aquí un análisis hecho por Arata y comunicado por E. del Arca (2)

(1) El señor Ingeniero Koch ha tenido la amabilidad de comunicarme posteriormente los resultados de una perforación hecha, 2 kilómetros al Sud de las perforaciones I y II, arriba mencionadas, cuyo perfil hasta la profundidad de 870 pies, sigue aquí:

0 — 31 pies:	terreno de acarreo.
31 — 329 »	arenisca colorada oscura medianamente dura, alrededor de los 275 pies con capas ocasionales de marga rojo-parduzca arenosa. A los 275 pies, agua fresca, fría, que surgió después de algún tiempo, poco a poco, hasta 200 pies debajo de la superficie.
329 — 350 pies:	marga oscura, arenosa
350 — 393 »	arenisca colorada y marga oscura alternadas.
393 — 403 »	marga colorada, arenosa, quebradiza.
403 — 482 »	» gris oscura, con capitas coloradas, arenosas.
482 — 516 »	» colorada, arenosa, con capa de marga colorada, endurecida.
516 — 520 »	» conglomerado grueso
520 — 544 »	» roca fina, gris, arenosa.
544 — 548 »	» marga colorada, con arenisca gruesa, dura.
548 — 602 »	» marga gruesa, arenosa, colorada, con capitas de marga colorada, endurecida.
602 — 607 »	» conglomerado grueso.
607 — 676 »	» marga rojo-parduzca, gruesa, arenosa.
676 — 762 »	» marga quebradiza, colorada, gruesa, arenosa hasta arenisca gruesa, firme.
762 — 814 »	» marga gris azulada, con capitas de yeso y calcita, y de marga verdosa y colorada.
814 — 829 »	» conglomerado, gris-blanco.
829 — 839 »	» marga gris azulada.
839 — 870 »	» marga rojo-parduzca.

Desde 704-709 pies se encontró la tercera napa de agua salada, que subió un poco. Se siguió perforando y se halló una cuarta napa también salada desde 1320-1340 pies, que subió bajo presión hidrostática hasta 1000 pies, mientras que la quinta napa de agua salada muy escasa atravesada de 2060-2080 pies subió hasta 600 pies.

(2) E. del Arca.—«Aguas minerales, especialmente de la República Argentina». Buenos Aires 1910 — Etchepareborde, pag. 318.

C A T I O N E S	gr.	Milimoléculas	Miligramos equivalentes
Sodio.....	0.3955	17.17	17.17
Calcio.....	0.1160	2.90	5.80
Magnesio.....	0.0011	0.04	0.08
Hierro.....	rastros		23.05
A N I O N E S			
Cloro.....	0.3514	10.04	10.04
Ión sulfúrico.....	0.4815	5.01	10.02
Ión carbónico.....	0.1900	3.16	3.16
	1.5355		23.22
Acido metasilícico.....	0.0380		
	1.5735		

Con estos datos se podría creer que los elementos agrupados por las afinidades darían:

Cloruro sódico, (NaCl).....	0.5797
Sulfato de sodio, (Na ₂ SO ₄).....	0.5155
» » magnesio (Mg SO ₄).....	0.0053
» » calcio (CaSO ₄).....	0.1827
Hidrocarbonato de calcio Ca(HCO ³) ₂	0.2523
Acido metasilícico.....	0.0380
por litro.....	1.5735

Se trata aquí, sin duda, de una fuente que debe su origen a la actividad postvolcánica y por eso debemos considerarla como juvenil.

No discutiré aquí el origen de las aguas juveniles. No pudiéndose explicar las fuentes termales por suposición de un aumento de la temperatura sobre la base de alguna escala geotérmica — especialmente eso no es posible para el agua termal encontrada en la mina de petróleo (1)— lo más sencillo es considerar las fuentes de los baños como producto de desprendimiento del gas del magna. Pero teniendo en cuenta las grandes cantidades del agua termal reveladas por las perforaciones, las relaciones geológicas de la región petrolífera y las investigaciones de Brun sobre los volcanes en actividad y los ensayos de Gautier (2), que dieron por resultado el tener que considerar los magnas volcánicos como bastante pobres en agua, no es injusto entonces, refiriéndose especialmente al agua termal de los estratos de Paganzo de la región petrolífera, apoyarse en la explicación de Gautier de las aguas juveniles, suponiendo que, a lo menos, una parte del agua termal proviene del agua de los

(1) Ultimamente, Königsberger, en Alemania, dió a conocer como resultado de sus estudios geofísicos, que entre otras substancias el petróleo acumulado en el subsuelo disminuye la escala geotérmica considerablemente.

(2) Véase la Literatura sobre esta cuestión en Stutzer: Pechsteine von Meissen. 2 Monatsbericht der deutschen geologischen Gesellschaft 1910. — Stutzer: Juvenile Quellen Internationaler Kongress. Düsseldorf 1910. — Abteilung IV, Vortrag 21.

sedimentos que han entrado en el radio de actividad de la intrusión granítica.

Hacia el este encontramos en el cerro de Cacheuta, sólo el manantial de Agua de Pizarro. En ese punto aparece el agua que baja en las grietas de la grauvaca y de la diorita, y que se estanca en las areniscas arcillosas de los estratos calchaqueños puestos contra las rocas más antiguas por medio de una falla.

Al sud del río Seco que viene de la región petrolífera en la lomada que se extiende hacia el sud, hay ripio con fuerte inclinación hacia el oeste que descansa sobre los estratos calchaqueños relativamente impermeables de la región de Agua del Corral. El agua que cae sobre ellos y que no se evapora o corre, se infiltra a grandes profundidades y es separada del agua que se infiltra en las rocas de la falda oriental del cerro de Cacheuta por estos mismos estratos calchaqueños, que sólo producen, como hemos visto, en el Agua de Pizarro, un manantial con una cantidad de agua de 3 litros por segundo.

Sin embargo, no se podría eliminar la posibilidad de encontrar agua en el terreno de ripio, al este del cerro, a una profundidad relativamente pequeña, pues hubiera sido posible una infiltración de agua del río Mendoza. Pero por el pozo que hizo cavar el señor Franco, 3 kilómetros al este de Agua de Pizarro, sabemos que nada de esto existe. El pozo que alcanza hasta 67 metros, ha atravesado ripio grueso, cascajo y arena con algunas interstratificaciones arcillosas. El agua que penetra en el ripio, desaparece pronto y sólo la arcilla queda mojada por el agua que retiene. El perfil muestra desde 20 a 26 metros, cascajo con una capa de arcilla húmeda que no impide la penetración del agua más abajo, pues de los 26 a los 27,50 metros se encontró arena y cascajo muy húmedo. Del mismo modo el cascajo y la arena entre 46 y 53 metros y los rodados desde 54,50 a 57 metros en su intermedio más fino eran tan húmedos que formaban una especie de fango. Se halló también arcilla húmeda entre 63,50 y 64 metros. El fondo del pozo está algo más abajo del nivel del río Mendoza, cuyo lecho es excavado en el mismo ripio que penetró el pozo. Resulta inmediatamente de esto que el río ha impermeabilizado, en alto grado, su lecho por medio de la sedimentación de la arcilla que lleva en cantidades enormes. Esto se ve confirmado por la siguiente observación que se hizo durante la construcción del puente del ferrocarril entre las estaciones Blanco Encalada y Kilómetro 32: La zanja para uno de los pilares del puente ha sido cavada inmediatamente al lado del río Mendoza hasta una profundidad de 18 metros, pero no se encontró casi nada de agua.

Quiero comunicar aquí un hecho interesante observado en el pozo de Franco: A los 57,50 metros se notó un fuerte ruido, como el de una corriente subterránea y que más tarde desapareció. A los 58 metros apenas era perceptible; a los 58,50 metros se observó una entrada lateral de aire de tal fuerza que, fósforos encendidos se apagaban. El aire era sin olor y respirable. A los 60 metros la corriente lateral del aire resultó tan fuerte que se apagaron las lámparas de los poceros. Una observación semejante comunica Loos del pozo de la cárcel mendocina, del cual manó-

«aire» durante un tiempo (1). R. Hay llama la atención sobre un fenómeno semejante en los «blowing wells». Cita especialmente el pozo de St. Elmo en Grant (Nebraska) donde se ha observado, antes de las tormentas, una emanación de aire y después una afluencia del mismo elemento. Hay explica este fenómeno invocando un cambio en las corrientes del agua subterránea. La misma explicación da Harris tratando del «Blowing well» de Rapides Parish en Louisiana (3). No hay observaciones barométricas del tiempo en los momentos en que sucedió la emanación del aire en el pozo de Franco.

Volveremos otra vez al perfil de este pozo. Cuatro veces se ha hallado interstratificaciones de arcilla en ripio y arena, y caminando por la llanura hacia el este a Tres Esquinas, se ve en varios puntos capas arcillosas formando mayores trechos del suelo y alternando en los escasos cortes naturales de las barrancas bajas de algunos ríos secos, con arena o ripio. Estos estratos deben aumentar hacia el este en número y espesor, predominando poco a poco sobre los rípios, como voy a probarlo más adelante al estudiar las capas de la margen de la cuenca de las lagunas de Guanacache. Del mismo modo el loes arenoso que en la llanura al oeste de Tres Esquinas tiene, cuando más, algunos decímetros de espesor, ha aumentado cerca de Luján hasta 2 ó 3 metros, como lo he podido observar en el corte del ferrocarril cerca de la estación. El loes descansa allá sobre el ripio. El perfil de los cerros de Lunlunta, en la orilla sud del río Mendoza, nos muestra la misma alternación de ripio, cascajo y loes arenoso, pero predomina el ripio. Aquí, a lo largo de la orilla, nacen algunos manantiales, en parte bastante fuertes, formando los más importantes de ellos los baños de Lunlunta. Estos manantiales brotan del ripio, un poco más arriba del nivel del río, en un terreno algo cenagoso. Mi opinión es que en ese punto sale el agua que pasa de las rocas que forman la falda meridional del cerro de Cacheuta — rético, estratos de Paganzo — a las acumulaciones de ripio y acarreo al pie de la sierra. La diferencia de nivel entre la región de infiltración y los manantiales es de 200 a 250 metros. Llama la atención un hecho que me fué comunicado por el doctor Loos en Mendoza: En la viña del Coronel Taboada, algunos centenares de metros al sud de los baños de Lunlunta, brotaron al fin de Febrero o en Marzo de 1904, repentinamente manantiales tan poderosos que inundaron toda la viña, sobre un espesor de 30 centímetros.

También se sabe que al pie de las lomadas de Lunlunta aumentó la descarga de un pequeño manantial hasta tal punto que se formó un arroyito; pero después de algún tiempo el agua disminuyó otra vez. Este fenómeno prueba un aumento repentino y bastante fuerte de agua subterránea, así como se formaron fuera de los

(1) Loos: Untersuchungen über die Erbeden der Stadt Mendoza. Gerlands Beiträge Zur Geophysik. Bd. IX, pág. 174.

(2) Hay: Water resources of a portion of the great Plains. U. S. Geol. Survey Sixteenth annual reports. Part. II, pág. 567.

(3) Harris: Underground waters of Southern Louisiana. Water supply and irrigation paper. N° 101. U. S. Geolog. Survey. Washington 1904. — Últimamente se encontró el mismo fenómeno también en dos pozos en Alto Grande, San Luis.

Alamito y de las Toscas. De ellos el agua que sale es la que se ha acumulado en las rocas cristalinas fuertemente resquebrajadas (granito y diorita) y que se estanca en los tres manantiales últimamente nombrados, contra los estratos calchaqueños terciarios que afloran en el agua de las Toscas bajo el terreno de acarreo.

Arriba de la Crucecita en el material de desmoronamiento, nacen, de un verdadero aguazal, la Ciénaga del Sauce, fuertes manantiales. Dicha ciénaga recibe sus aguas también de las dioritas resquebrajadas. Bodenbender (1) ya ha llamado la atención sobre la dependencia de estos manantiales de inmensas vetas de porfirita con labradorita (él las llama meláfiro) que cruzan la diorita. La porfirita con labradorita no es tan resquebrajada como la diorita, y en comparación con aquélla hace el papel de una roca impermeable, así que el agua corre a lo largo de los planos de contacto hasta que sale a luz. Supongo que el agua de Campanario, situada más arriba, tiene el mismo origen, pero el agua pasa de las rocas al acarreo del suelo del valle, del cual sale luego en forma de manantial fuerte y claro.

Las mismas circunstancias deben ser causa de la existencia de los manantiales del Durazno y de las Catitas, que penetran en el acarreo antes de brotar otra vez algo lejos de la roca firme. El agua del Salto nace, según Bodenbender (2) en granito resquebrajado.

De las pizarras arcillosas y grauvascas del paleozoico inferior (probablemente devoniano) nace el gran manantial de la quebrada del Manzanito, cuya región de infiltración alcanza probablemente hasta el granito fuertemente resquebrajado del Mogote Colorado. Bodenbender opina que las vetas de porfirita con labradorita desempeñan el mismo papel que en Crucecita.

Varios pequeños manantiales nacen en los alrededores de la «Cantera»; todos tienen su región de infiltración en el granito y en la grauvacas resquebrajados, formando el arroyito de la quebrada del Totoral y el Agua de Obligación.

El arroyito de la quebrada de San Ignacio sale de varios manantiales; el más importante de ellos está situado atrás del segundo Salto, llamado Salto Bajo, y nace en las rocas del paleozoico inferior de la Pampa Colorada. En su camino corre por areniscas coloradas y conglomerados gruesos con rodados de andesita. Algo abajo de San Isidro el agua se agota.

El aguadita de la quebrada Emposada, que no alcanza a la boca de dicha quebrada, proviene de pizarras calcáreas silurianas resquebrajadas y de grauvascas devonianas.

Con motivo del estudio de la provisión de agua a la ciudad de Mendoza se midió, el verano de 1895, la cantidad y temperatura de los manantiales recién descriptos. A continuación doy este cuadro junto con los datos correspondientes a las fuentes situadas abajo de Casa de Piedra.

(1) Bodenbender: «El suelo y las vertientes de la ciudad de Mendoza y sus alrededores». Bol. Acad. Cord. Tomo XV, pág. 474.

(2) Bodenbender: I. c. Pág. 475.

	Litros por segundo	Temperatura	Altura
Agua de la Puerta.....	5,4	13 ° C	
» del Alamo.....	1,8	14 »	1381,3
» de la Tosca.....	1,5	12 »	1443,29
» del Salto.....	3,45	8 »	1893,07
» » Potrerito.....	3,4	10 »	1896,96
» » Campanario.....	9,72	13 »	1550,46
» » Sauce.....	6,66	11 »	1481,34
» » Duraznito 1.....	0,7	16 »	1534,5
» » » 2.....	1,1	16 »	—
» de las Catitas.....	1,2	14 »	1626,85
» del Manzanito.....	5,0	14 »	1722,3
» » Salto de la Cantera (A. Totoral)...	2,7	11 »	1900,15
» de la falda de la Pampa de los Nangos.	2,1	10,5 »	1930.
» » Obligación.....	3,0	16 »	1684,43
» » la Pampa de Agua Colorada.....	2,0	13 »	2276,1
» del Salto Bajo, San Isidro.....	6,2	15 »	1806
» » Puesto.....	3,5	12 »	2184,63
» de los Come-Tierras.....	2,0	13 »	2976,19
» » la Cuesta.....	7,5	15 »	1558,4
» » » Chilca.....	1,8	20 »	1332,25
» » » Peña.....	2,5	16 »	1618

Las relaciones de los manantiales arriba indicadas, son características para la relativa falta de agua en la precordillera. De las precipitaciones que caen sobre la pendiente oriental de la sierra entre el río Mendoza y Casa de Piedra, debe evaporarse la mayor parte, desapareciendo la otra en la profundidad para volver a brotar en parte en dichos manantiales. Pero la suma redonda de las cantidades de agua de todas esas fuentes es sólo la 475ª parte de lo que lleva el río Mendoza en la boca del río, pues según varias medidas hechas con motivo de la construcción del dique de embalse en la Media Luna, esta cantidad de agua equivale a 35 m³ por segundo (1).

En la zona fracturada de Mendoza surgen varios manantiales, que sólo en parte tienen agua dulce. Como lo supuso Bodenbender, su región de alimentación está en los cerros que rodean la zona fracturada. El agua de los manantiales que nacen allí se infiltra en su mayor parte otra vez en el terreno de acarreo de los terrados, pero un mayor caudal de agua debe pasar luego de manantiales subterráneos al acarreo que cubre los estratos terraplenados terciarios y mesozoicos.

El agua corre en los rodados de los terrados sobre los estratos calchaqueños, extrayendo de éstos una cierta cantidad de sales. Como estos manantiales han sido ya descriptos por Bodenbender, solo los mencionaré brevemente (2). Las aguas infiltradas del Cerro Melocotón y Cerro Bayo nacen en Punta del Agua y Cienaguita, del terreno de acarreo de los terrados sobre estratos calcha-

(1) Según Soldano: «La irrigación en la Argentina», el caudal mínimo observado hasta ahora es de 18 m³; el caudal máximo durante crecientes, ha sido de 500 m³ por segundo.

(2) «El suelo y las vertientes de la ciudad de Mendoza».

queños, mientras que en Higueral el yaciente no es visible inmediatamente en el manantial, pero sí a corta distancia. Como ya lo expliqué anteriormente, existe aquí un anticlinal del terciario, así que el agua se estanca algo allí. Estos manantiales son ligeramente salobres y calcáreos. Manantiales bastante fuertes calcáreos, denominados manantiales de Godoy, brotan abajo del Puesto Lima en la barranca. Aunque no se ve aquí mismo el yaciente de las masas acuíferas de acarreo, no es dudoso, a causa de la construcción geológica de la región, que el agua corre también aquí sobre estratos calchaqueños, proveniente del cerro Bayo. Las cantidades de agua son tan importantes que forman un pequeño arroyo en la quebrada de Papagallos, cuya agua se lleva al cerro Pilar, cerca de Mendoza, para servir a la formación de un bosque. Más abajo, en la quebrada, un manantial, proveniente del rético, echa su agua salada en el arroyo. Otro manantial salado nace en las areniscas cretáceas de una quebradita lateral situada más al norte. Varias fuentes brotan al oeste del cerro Pilar. En Bella Vista sale agua de capas arenosas acumulándose en pequeñas aguaditas. La mayor de las salidas de agua era en la época de mi visita, seca y cubierta con eflorescencias de sal. Al lado del puesto brota un pequeño borbollón de la arena, pero la fuente principal nace de los estratos calchaqueños, inmediatamente atrás de la casa.

En Higueritas sucede lo mismo: el agua corre en vallecitos cortados en areniscas algo arcillosas de los estratos calchaqueños rellenados con rodados fuertemente inclinados, y brota en bastante cantidad para haber permitido la formación de una cienaguita. Se estableció aquí un baño primitivo. En Jejenes hay dos manantiales que salen del ripio y loes y que son alimentados por una corriente subterránea relativamente fuerte. Sus condiciones geológicas son las mismas que en los otros manantiales; lo mismo sucede en el Challao. El arroyo Challao está formado por varios pequeños manantiales que nacen en rodados. Según la potencia del caudal subterráneo, los manantiales están situados más arriba o más abajo. Generalmente el agua corre, antes de salir a la luz, un momento bajo la superficie que por este hecho es mojada.

El área de infiltración es formado por los cerros de Challao (no es el agua de San Isidro, como opina Bodenbender) en la región de la «mina de carbón». El agua de las pequeñas aguaditas en los cerros se infiltra y corre parte en el ripio de la quebrada, parte sobre el rético y los estratos calchaqueños hacia S. E. donde nace otra vez en Challao. Al norte de Challao brota, de capas arenosas sobre estratos calchaqueños, un manantial salobre. Sobre medidas observadas el 19 de Abril de 1910, bajo el puente del Challao, el arroyo tenía un caudal de 19,85 litros por segundo y una velocidad de 4,01 m. El manantial de Agua del Medio es salobre y ofrece idénticas condiciones geológicas que los otros manantiales.

En esta zona fracturada existe la posibilidad de sacar mayores cantidades de agua subterránea, a mi juicio, solamente en las quebradas más grandes, cuyo fondo está relleno hasta grandes profundidades con terreno de acarreo, en el cual seguramente se encontrarán corrientes subterráneas. En busca de esta agua se po-

dría aplicar ventajosamente el método del célebre abate Paramelle (1).

EL CONO DE DEYECCION DE MENDOZA

Trataremos ahora de las relaciones del agua subterránea en las cercanías de Mendoza. Desde la zona fracturada (2) se extiende a la pampa, hacia el este, un inmenso cono de deyección. Su margen oriental, corre, más o menos, en la línea de las siguientes poblaciones: Paraiso, Fray Luis Beltrán, Pedregal, Buena Nueva, Guaymallén, Lagunita. Hacia el norte su margen no es tan definida. Petrográficamente se compone esencialmente de ripio que contiene, en varios puntos, capas de loes arenoso, loes arcilloso (Lösslehm) o arena, generalmente de poco espesor. Cerca de Coquimbo y Chachingo en los rípios generalmente bien estratificados, se hallan intercaladas capas de loes arenoso y loes arcilloso que llegan a tener un espesor de 1 metro y más todavía. Parece que estos depósitos han sido formados en parte en bajadas del ripio.

A lo largo de toda la margen oriental encontramos terrenos cenagosos, es decir, entre Fray Luis Beltrán y Barcala y desde allá hasta la región donde existía anteriormente la capilla de Nuestra Señora de Las Nieves.

El agua subterránea que sale aquí a la luz, es el agua que penetra en la profundidad en la zona fracturada de Mendoza y en las sierras que la circundan, apareciendo otra vez sobre la base impermeable que forman la arcilla, la arena arcillosa y el loes arcilloso (Lösslehm) de los depósitos pampeanos. Cerca de la estación Fray Luis Beltrán existe, abajo del ripio, arena con un espesor de varios metros, completamente saturada de agua. Probablemente la tosca forma, aunque no sea visible en alguna parte, pero aflora muchas veces en Barcala y en el Valle Hermoso, el yaciente relativamente impermeable. La margen del cono de deyección cerca de Corralitos (kilómetro 11 del circuito de Guaymallén) está formado por una alternación de ripio y tosca. Los rípios constituyen los horizontes con agua subterránea, en cuyos afloramientos están situadas las ciénagas, pero también en el terreno cenagoso se puede ver, en varios puntos, brotar manantiales. La gente de aquella comarca me aseguró que en el terreno cenagoso existían numerosos manantiales y que se podían observar bien en tiempo de sequía. Muy claras son las relaciones en la región de Lagunita y El Bermejo. Allá el ripio del cono de deyección descansa sobre un espeso loes arcilloso (Lösslehm). La erosión ha atacado fuertemente el cono de deyección, removiendo así su margen muy lejos hacia la villa Guaymallén hasta la región de la antigua capilla de Nuestra Señora de las Nieves. Todo este ángulo entrante es un inmenso aguazal, pues el agua subterránea del cono de deyección brota en toda la margen de erosión en

(1) Paramelle: *L'art de découvrir les sources*. París.

(2) Véase Stappenbeck: *La Precordillera*, etc.

gran cantidad, formando algunos arroyitos que se juntan al Zanjón. Hacia el noroeste desaparecen poco a poco las ciénagas, pero también aquí el agua subterránea existe a poca profundidad.

El desagüe natural de las ciénagas, al este del Zanjón, se efectúa por tres arroyos: el Tulumayo, el Sauce y el Leyes, que corren con rumbo norte y desembocan en el río Mendoza.

El agua del cono de deyección de Mendoza, sale, pues, en casi toda su margen. Eso no sucede con el horizonte acuífero más hondo, que aflora en algunos puntos más al este y al que pertenecen los resumideros de Barcala y La Primavera.

Describiré primeramente los resumideros. Como ya se ha visto, el agua subterránea del cono de deyección brota sobre loes arcilloso y una capa de tosca, en cuanto se puede observar. Esta capa de tosca es requebrajada en alto grado, así que el agua puede circular en las hendiduras disolviendo el contenido de cal y sal de la tosca. Así la estructura de la roca resulta bastante floja. Esa estructura ayuda a su destrucción por la fuerza mecánica desarrollada por la gran velocidad de la corriente de agua en sus canales naturales. Las siguientes medidas sobre la velocidad en el segundo del agua en los resumideros, hechas en Barcala con el molinete de Ott, pueden dar una idea de ella.

Barcala, resumidero	2000 m. al oeste de la casa Dasté....	$V=0.470$ m.
»	» cerca de la casa de Guignet.....	$V=0.436$ m.
»	» entre la casa de Dasté y el ferrocarril.	$V=0.496$ m.

Durante mi visita encontré en La Primavera la capa de tosca muy bien abierta por canales de desagüe. Aquí la tosca está muy poco abajo de la superficie. Antes de la construcción de los desagües el agua brotó en distintos sitios, según el mejor desembocadero que le ofrecía la red muy ramificada de canales. El agua de una zanja, cerca del almacén de La Primavera, desaparece por completo en un resumidero. Las cuevas subterráneas se ensanchan ahora tan a menudo, que el techo se quiebra, en algunos lugares, sobre la corriente subterránea, y muchas veces el hundimiento se repite tanto que permite desde la superficie seguir cómodamente el curso subterráneo. No es raro que las masas hundidas hayan dificultado y hasta cerrado el paso al agua y ésta ha tenido que desviarse en canales. Por su naturaleza los resumideros no son otra cosa, pues, que las «dolinas» de la sierra del Karst. Inmediatamente al este de La Primavera todo el campo se halla tapado con estos resumideros. Un descenso del nivel del agua subterránea ha tenido lugar a causa del desagüe, así que varios lechos están secos, de vez en cuando; en otros el agua se estanca en los puntos más bajos. En los lugares montuosos los cursos subterráneos se reconocen bien por las grandes matas de cortadera (*Gynerium argenteum* Nees) que crecen, a menudo, en los lugares de hundimiento.

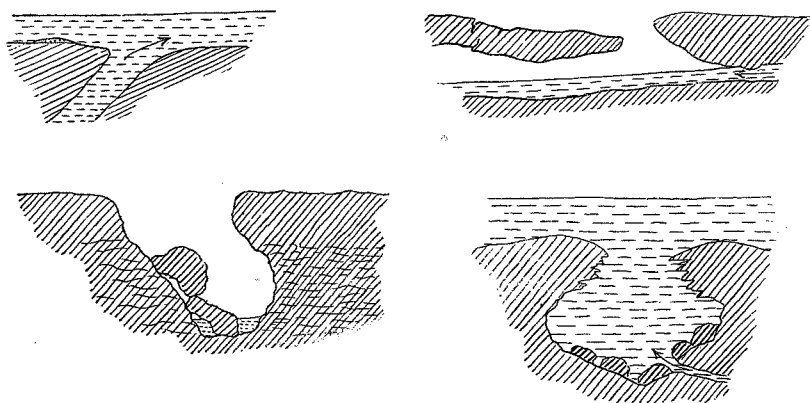
Es notable que en La Primavera el desagüe superficial se efectúa por medio del arroyo Sauce hacia el norte, pero el rumbo del movimiento del agua subterránea es de oeste a este, pues en los canales de desagüe que corren del norte a sud sólo se ve salir el agua subterránea de las grietas del declive occidental de los ca-

nales. Más al este, el horizonte del agua subterránea de los resumideros, aflora en parte formando ciénagas, en cuyas márgenes las sales extraídas de la tosca se depositan bajo forma de eflorescencias.

A 200 metros al norte del paradero kilómetro 11 del circuito de Guaymallén, observé, en la orilla de un arroyito que se ha formado principalmente de los sobrantes del riego, un canal aislado.

El área ocupada por los resumideros en Barcala es mucho más extensa que el de La Primavera; pero aquí, en ninguna parte, es visible la red de hendiduras existentes en la tosca. Un lindo resumidero existe en la chacra de Adolfo Martínez. El techo se ha hundido a la mitad; abajo se ve tosca, incrustada completamente con eflorescencias de sal, por donde pasa el agua limpia, corriente y algo salobre en un canal. Pocos pasos más allá se encuentra otro resumidero que lleva mucho menos agua. Los hundimientos alcanzan hasta un diámetro de 4 metros.

De vez en cuando el sistema de canales subterráneos está cortado por las zanjás y el agua encuentra así una salida más cómoda. En la finca del doctor Loos el agua brota de un tubo oblicuo y la arena traída por ella se ha depositado alrededor de la boca del tubo formando un anillo, sólo interrumpido en el punto de corrimiento. El sabor del agua es algo salobre; el suelo se compone de arcilla, tapado muchas veces por eflorescencias de sal. Un anillo arenoso parecido observé a 200 metros al oeste de la Estación Barcala en la zanja del ferrocarril.



VARIOS TIPOS DE RESUMIDEROS. BARCALA

Los habitantes de aquella región consideran, sin razón alguna, los resumideros como relacionados con el río Mendoza. Siendo cierta esta última hipótesis, se tendrían también que encontrar más cerca del río en las chacras de Tomba y Flores donde el suelo tiene la misma composición. Más problemática es todavía la relación de los resumideros de La Primavera con el río Mendoza, y sin embargo los caracteres son los mismos que en Barcala. La ubicación delante de la margen del cono de deyección llama la atención. Como ya hemos visto, la capa de tosca firme forma la base del cono de deyección en la región marginal entre Barcala y La-

gunita, sobre la cual sale el agua de las ciénagas marginales. Ignoramos hasta dónde la capa de tosca se extiende por el oeste, pero es de suponer que ya es requebrajada debajo del cono de deyección y embebe agua. Lo mismo debe suceder abajo de las ciénagas, donde el agua que llega a la superficie está sujeta a la influencia de la temperatura del aire. Es muy posible que el agua de tal modo calentada entre en los resumideros, pues en mis varias mensuras he observado cierta dependencia de la temperatura de las corrientes subterráneas de la temperatura del aire; la última es siempre más elevada en algunos grados. Pero es también posible que esta influencia acontezca por la entrada del agua de riego, cuyo sobrante es echado a menudo por los agricultores en los resumideros. (1).

En estas ciénagas, formadas principalmente por el agua subterránea, se puede observar un aumento y una disminución temporal. Loos es, según creo, el primero que se ha ocupado de esto (2). Relaciona con razón, las variaciones anuales con las precipitaciones atmosféricas en la cordillera, que en parte alimentan el agua subterránea. El agua subterránea crece desde Marzo para alcanzar su máximo en Julio y Agosto. La cantidad de precipitaciones disminuye en Mendoza (véase el cuadro de lluvias) durante el mes de Abril, tanto que debe influir a penas el estado del agua subterránea; pero el rellenamiento del agua subterránea empieza ya con el derretimiento de la nieve. Resulta, pues, que el agua subterránea necesita, en término medio, cuatro meses, a lo menos, para efectuar el camino desde la cordillera hacia la margen del cono de deyección.

Loos ha hecho además interesantes observaciones que sólo el naturalista siempre presente en la región puede efectuar: es decir, observaciones sobre variaciones de nivel del agua subterránea independientes del año. Son esas las «reveniciones». Respecto a los detalles tengo que acudir a los trabajos de Loes, y según él daremos los datos siguientes (3).

«En 1861 el empantanamiento o la presión (4) del agua fon-

(1) Según los análisis 17 y 18, las aguas de Barcala y La Primavera no son juzgadas como muy aptas para el riego a causa de sus contenidos de sales. Sin embargo, los pobladores de aquellos parajes las usan aunque no con el éxito deseado. Por eso me parece útil indicar un método de regar campos con agua salada, desconocido hasta ahora en el país, que usan los árabes de Argelia. Cito, según Means (F. H. Means: The use of alkaline and saline waters for irrigation. Bureau of Soils. Circular N° 10 U. S. Department of Agriculture. Washington) los párrafos siguientes: «Las huertas de los árabes son divididas en pequeños lotes de más o menos 20 pies cuadrados, entre los cuales existen zanjias de desagüe excavadas hasta una profundidad de 3 pies aproximadamente. Como estos suelos son muy livianos y arenosos, estas zanjias trazadas en pequeñas distancias hacen posible el desagüe más rápido y completo. El riego se emplea, con interrupciones, a lo menos una vez por semana, aunque a menudo se cree necesario dos riegos. — Una gran cantidad de agua se usa en cada turno. — De tal modo se establece un movimiento continuo de las aguas hacia abajo, se ofrece poca ocasión para el agua del suelo de concentrarse más que el agua empleada, y siendo los intervalos entre dos riegos tan cortos, sólo una pequeña acumulación de sal por evaporación tiene lugar en la superficie. Lo que se forma por concentración o acumulación será restituido pronto por el riego que sigue; y C. N. Dorsey, dice: (Reclamation of alkali soils. Bull. Bureau of Soils N° 24 U. S. Department of Agriculture 1906. Pág. 11. Washington. «Si el suelo contiene un porcentaje relativamente alto de sales y se emplea a menudo solamente poca agua cargada de sal, la evaporación común aumentará de tal manera el contenido de sal del suelo, que las frutas del campo no pueden existir más, hasta que la abundancia de sal proveniente de la evaporación de las cantidades de agua anteriormente empleadas puede ser disminuida y la humedad del suelo puede ser conservada en casi la misma concentración como el acarreo del agua».

(2) Loos — Untersuchung über die Erdbeden der Stadt Mendoza. Pág. 170.

(3) L. c., pág. 175.

(4) Mejor dicho ascensión.

tanar había llegado a un minimum; pero en el año 1863 y los años siguientes la presión del agua era muy importante. En el año 1894 se observó otra disminución, en 1897-98 un aumento, en 1902 una disminución y en 1906 un aumento fuerte».

Horizontes de agua subterránea tan bien limitados no encontramos en la margen septentrional del cono de deyección y este hecho se explica en que el cono de deyección pasa paulatinamente a los depósitos pampeanos de la cuenca de las lagunas de Guanacache y el ripio está, en parte, alternando con la arena y el loes. La perforación en el Alto Grande de Panqueua muestra otras relaciones.

Abajo de 20 metros de terreno de acarreo siguen 85 metros de guijarros con muchos pequeños fragmentos de caliza siluriana, abajo de esa se perforó todavía 123 metros de arena sumamente fina con un contenido de loes y al fin 16 metros de piedras gruesas (1).

La falda de la Precordillera y las partes adyacentes de la llanura pampeana. — Alrededores de Borbollón

Desde la quebrada de las Chilcas y puesto de Lausacon hasta la estancia de Canota no sale, al pie de la sierra, agua en la superficie. Toda la que viene de la sierra, pasa por los conos de deyección, al pie de los cerros, en los depósitos modernos de la llanura (2). Más o menos 4 kilómetros al norte oeste de los «Hornos de los Gringos» aflora el horizonte más superior hacia la vía del ferrocarril a San Juan. Sólo es una cienaguita que aumenta o disminuye junto con el nivel del agua subterránea. Al tiempo de mi visita, en Abril de 1910, había sólo poca agua, la otra parte, temporariamente cubierta de agua, es revestida con una delgada costra de sal y presenta la vegetación típica de los terrenos salitrosos: Zampa (*Atryplex lampa* Gill.), Pichana (*Heterothalamus spartioides* Hook), Pájaro bobo (*Tessaria absinthioides* D. C.) y las especies de Jume (*Halopeplis Gilliesii* Gr. Suaeda *divaricata*) encontrándose además en los lugares arenosos el Algarrobo (*Prosopis alba*) y en los lugares húmedos la Cortadera (*Gynerium argenteum* Nees).

La región se compone de arena con loes, muchas veces cubierta por rodados, y loes arcilloso. Abajo de esa capa existe la

(1) Memorias de la División de Minas, Geología e Hidrología. 1905-1908. Anal. del Minist. de Agric., Secc. Geología, Mineralogía y Minería. T. III, N° 3 a 5, pág. 149.

Loes, arena y cascajo se halló también en la perforación de Las Heras, que actualmente hace la División de Minas, Geología e Hidrología, donde se encontró la segunda napa a los 40 m. en cascajo y ripio, la tercera a los 100 m. en arena muy fina gris amarillenta. El agua de ambas napas es mala, pues según los análisis hechos en el Laboratorio Químico del Ministerio de Agricultura, el agua de la segunda napa contiene por litro 0,769 sulfato cálcico; 0,225 cloruro sódico y 0,184 sulfato sódico; el agua de la tercera napa por litro 1,00 sulfato cálcico, 0,693 sulfato sódico y 0,52 sulfato magnésico.

(2) El arroyo y varios manantiales de la Quebrada de la Chilca se infiltran en el terreno de acarreo de la quebrada, ya antes de llegar al cono de deyección, y no debe ser difícil encontrar aquí un lugar donde se podría estancar por un dique de embalse subterráneo toda el agua, y, elevada a la superficie, y llevada por un canal, usarla para regar una parte de los campos de Panqueua. La posibilidad de construir diques subterráneos existe también en otras quebradas de la Sierra de Uspallalta, pero los campos surcados que se hallan delante de ellas no justifican, a mi juicio, estas construcciones.

primera napa de agua alcanzada, en el campo del doctor Salas, por varios pozos. Dos de estos en la calera, muy cerca del terraplen del ferrocarril, tienen una profundidad de 5,5 metros. El pozo de los Hornos de los Gringos alcanza el agua a una profundidad de 8 metros. En los hornos de cal, al oriente del cerro de Cal (en el Campo del Medio) se encontró agua también a los 8 metros y cerca de los antiguos hornos, en el camino a Salagasta, se encontró a una profundidad de 8 a 10 metros. Exceptuando un pozo el agua obtenida ha sido siempre potable.

En la calera, al lado del ferrocarril, se ha hecho una perforación hasta los 244 metros (1) que da una pequeña cantidad de agua artesiana, tal vez cuarenta litros por hora. Las perforaciones hechas en la finca de Moyano, en Borbollón, encontraron una napa de agua artesiana. Entre estas perforaciones una llegó hasta 85 metros, otra situada 300 metros más al sud llegó hasta 44 metros. El agua se encontró a los 35 metros y con el tiempo la cantidad que brota disminuyó, pues debía establecerse el equilibrio entre la llegada del agua al pozo y la descarga. Cuatro kilómetros al sud se encuentran los baños de Borbollón; el suelo de los alrededores se compone de capas horizontales de loes fino arenoso o arena semejante a loes con concreciones más duras. El paisaje afecta la forma de bajos terrados. Abajo se halla cerca de los baños, arena feldespática, que descansa, según dicen, sobre tosca.

Los manantiales brotan en un gran agujero que afecta la forma de un embudo. Parece que este agujero tiene una profundidad de 18 metros. La temperatura del agua es de 24° C. (2), la misma que la del agua artesiana en los pozos de Moyano. Siendo la temperatura media de Mendoza 16° C las fuentes del Borbollón tienen que clasificarse como termale, el término considerado bajo su faz más amplia.

El agua ha sido ya analizada por Sievert (3), pero en el anexo doy los análisis más modernos hechos por Lavenir y Herrero Ducloux (4).

Según la tradición, estos manantiales han salido a luz durante un fuerte terremoto ocurrido en el siglo XV. Estando situadas estas fuentes artesianas quizá en la prolongación de la falla transversal de la quebrada de Las Lajas (5), es posible que a causa de movimientos de trozos de la tierra, el agua subterránea se haya abierto una salida permanente.

Del estudio de los perfiles de las perforaciones, concluimos que el agua artesiana ha sido encontrada, en la perforación de 55 metros en arena gruesa feldespática y cascajo fino entre arena fina con un gran contenido de loes en el techo y arena fina feldespática

(1) Memoria de la División de Minas, Anal. del Min. de Agric., Sección Geología, Minerología y Minería, T. V, N° 2.

(2) La temperatura de los manantiales (36° C), dada por Del Arca, no está de acuerdo ni con mis propias observaciones, ni con las de Burmeister, Stelzner y otros observadores.

(3) En Napp: Die argentinische Republik. Buenos Aires.

(4) P. Lavenir y H. Ducloux: Contribución al estudio de la composición de las aguas superficiales y subterráneas de la República Argentina. Anales del Ministerio de Agricultura, Sección Química. T. II, Núm. 1. Buenos Aires, 1905.

(5) Stappenbeck: La Precordillera. Pág. 105.

con mucho loes en el yaciente. Las capas arenosas con loes desempeñan el rol de roca impermeable, si se compara con la arena gruesa feldespática y el cascajo fino, que permiten al agua un movimiento mucho más rápido. Observamos lo mismo en la otra perforación, donde el agua corre en arena feldespática de grano mediano o grueso, entre arena muy fina en el techo y loes en el piso. Nos encontramos aquí frente a uno de los casos, en el cual capas permeables son impermeables en comparación con una capa sumamente permeable intercalada entre ellas.

La descarga del pozo de Salas es de 0.01 litros por segundo y la del pozo de 55 metros de Moyano es de 1.28 litros por segundo.

El agua subterránea se acerca, al este de Borbollón, siempre más a la superficie. En la región hacia Lavallo se encontró, en el Chilcal, a 60 centímetros de profundidad, pero después de la construcción de dos canales el nivel del agua descendió hasta 1.10 metros. El agua es algo salobre.

En cambio, al norte de Borbollón el agua subterránea se halla en profundidades siempre mayores. En el camino de los Algarrobos, 3 kilómetros al norte de la finca Moyano, se ha hecho una perforación que penetró una alternación de loes y arena fina (sólo entre 3 y 5.18 metros bajo un espeso manto de tosca, agua mala) El agua ascendió hasta los 10 metros bajo la superficie. En poca distancia de esta perforación se hizo otra más, que también penetró esencialmente una serie alternante de depósitos más espesos de arena fina o gruesa y de capas de loes o marga menos espesa. Muy instructivo es en los dos perfiles (véase planilla de perforaciones) el cambio litológico de los depósitos que tiene lugar en tan pequeña distancia. Agua se encontró en esta perforación en tres horizontes, es decir, entre 32 y 34 metros en loes, a los 145 metros en la arena con loes y a los 204 metros inmediatamente arriba de las gredas. Según los análisis de las aguas de las diferentes napas que se han efectuado en el Laboratorio Químico del Ministerio de Agricultura, estas aguas son inferiores en su calidad.

El agua de la napa de 135 metros de profundidad contiene por litro 0.522 sulfato sódico, 0.216 sulfato cálcico y 0.150 cloruro sódico. La primera napa de la segunda perforación contiene por litro 0.45 sulfato sódico, 0.137 cloruro sódico y una proporción algo elevada de bicarbonato cálcico. La segunda napa contiene por litro 0.477 sulfato sódico, además sulfato cálcico y cloruro sódico, los cuales predominan también en el agua de la tercera napa.

Región de Salagasta. — Más al norte, alrededor de Salagasta, las relaciones del agua subterránea parecen más sencillas de lo que puede hacer suponer la construcción tectónica muy complicada. Al oeste de la sierra de las Peñas se halla el gran valle de Las Higueras, cuyo suelo paleozoico (tal vez también triásico) es cubierto por acarreo, en ciertas partes, muy espeso. El caudal del agua llevado superficialmente al valle desde el oeste es relativamente pequeño. Son los arroyitos de Canota, Villa Vicencio y Santa Clara, los cuales agotan la poca agua de algunos manantiales que nacen en la grauvaca como la de La Majada, Corral Viejo y el sobrante de la ciénaga de Carrizal alimentada desde la Pampa de las Cue-

vas. Desde el este sólo los manantiales de Las Higueras que nacen en los estratos de Paganzo, traen un pequeño caudal. La conducción del agua al valle por manantiales subterráneos debe ser mucho mayor.

A lo largo de la falda oriental de la sierra de Las Peñas corre ahora por Salagasta y los Cerrillos hacia el cerro de Cal, ceca de Panqueua, la gran falla de Salagasta en parte sobreescorrida y muy cortada por fallas de torsión (1). A causa de esta falla las calizas silurianas se hallan puestas contra las margas y pizarras arcillosas negras réticas. La cal resquebrajada lleva agua que primero sale en el punto donde acaba el peñón más meridional del cerro de Cal de Salagasta, y también 1 kilómetro más al norte, formando algunos pequeños manantiales en la pendiente. En estos puntos se observa travertina.

El efecto de estanque de la falla de Salagasta se hace sentir también en el agua subterránea del valle de Las Higueras, donde el ripio se halla dislocado contra el rético. El agua subterránea sigue el declive del suelo del valle hacia el sudeste y es alcanzada, en los Cerrillos, por el pozo de 35 metros de profundidad hecho por la compañía de Cales y Cementos Argentinos. El pozo está ubicado en ripio 150 metros más o menos al oeste de la falla; desde su fondo se han hecho, para aumentar la descarga, varios socavones hasta 10 metros con rumbos diferentes, así el pozo contiene siempre 5 metros de agua y puede dar, bombeando 24 horas, 200 metros cúbicos.

Más al sud, la falla se halla recubierta hasta una profundidad bastante grande, por terreno de acarreo, así que el agua subterránea del valle de Las Higueras puede pasar hacia el este, sobre ella. Por esto el agua subterránea de dicho valle brota entre los Puestos Chilca y Jagüel, en muchos pequeños manantiales, en parte salados en la pendiente oriental de un terrado al oeste de La Hüllera, más o menos paralelo al ferrocarril. En algunos puntos se ve aflorar, abajo del acarreo de los terrados, las areniscas coloradas arcillosas de los estratos calchaqueños, que corren desde Salagasta hacia el sud.

Son estas areniscas que producen, estancando el agua, la existencia de esta zona de manantiales. Probablemente ellas son también la causa de que algunos manantiales sean salados, es decir, si el agua está bastante tiempo en contacto con ellas.

Esta napa de agua subterránea es aparentemente la misma que los pozos alcanzan en la Calera del doctor Salas ya mencionados.

Las relaciones del agua subterránea del sinclinal de Salagasta son explicadas por la perforación hecha al norte de la misma hasta una profundidad de 630 metros. Este sinclinal que se compone de los estratos calchaqueños terciarios de las areniscas y conglomerados colorados y margas abigarradas del cretáceo y de las areniscas, margas y pizarras arcillosas réticas, y que es sumamente dislocado tectónicamente en las márgenes, se ensancha desde el norte hacia el sud. La perforación encontró tres napas de agua,

(1) Keidel: Über den Bau der argentinischen Anden. Sitz. — Ber. K. Akad. Wissensch. Wien. Mathem.-naturwiss. Klasse. 166. Abt. I.
Stappenbeck: La Precordillera. Pág. 116.

es decir, una de agua dulce a los 240 metros de profundidad y ubicada en las areniscas terciarias, pero la cantidad era muy pequeña, pues la napa dió por 20 horas, sólo 2,8 metros cúbicos; otras dos napas eran de agua salada y se encontraron a 417 metros y 568 metros de profundidad respectivamente. El agua estaba bajo presión artesiana.

A 200 metros más o menos al sud de la mina, el agua salada se halla a poca profundidad, lo que se puede observar cavando un poco.

Al este del sinclinal de Salagasta y de los rípios antiguos dislocados, sólo se encuentra agua a mayores profundidades. El pozo cerca de la estación La Hullera la alcanzó entre 46-48 metros y la perforación hecha tres kilómetros al norte de la misma estación, que llegó hasta una profundidad de 320 metros, encontró agua bajo presión hidrostática a los 55 metros; esta agua subió en el caño hasta 45 metros. El agua existe, según datos que me han dado, en ripio bajo una capa de tosca. Además hasta 220 metros se halló sólo ripio y desde este punto para abajo una alternación de arena y tosca, pero según parece sin agua (1).

Región desde Jocolí hasta San Juan. — El pozo de la Estación Jocolí da, con una profundidad de más o menos 40 metros, agua no muy buena. En la cercanía se hizo antes un pozo, que penetró hasta 26 ó 28 metros capas arenosas con interposiciones de loes arcilloso, después hasta 72 ó 74 metros loes arcilloso. Entre estos puntos se halló un poco de agua amarga. Abajo del loes arcilloso se encontró, todavía, arena muy fina movediza que siguió hasta los 150 metros de profundidad, punto en el cual hubo que abandonar la perforación, pues la presión ejercida por dicha arena hacia arriba, no se podía vencer con los medios de que se disponía.

En la finca de E. Villanueva, en Jocolí, existe un pozo sobre el cual sólo he recibido escasos datos. A los 27 metros se encontró agua buena, pero en pequeña cantidad. A medida que se progresaba en la perforación, el agua se volvía más y más mala. El pozo que llegó a los 52 metros de profundidad no atravesó ripio; es de suponer que la serie de capas se componía, también aquí, sólo de loes, tosca y arena fina.

En esa región, el borde de la sierra casi no da agua. Algo al sudoeste de la Estación Jocolí existe una bajada oblonga, poco honda, en cuyo terreno las plantas permanecen verdes más tiempo que en los alrededores. En esta parte el agua subterránea debe estar bastante cerca de la superficie. Fuera de eso, sólo hay que mencionar la poca agua que corre escondida en el acarreo del suelo de la quebrada de las Peñas y que sale a la superficie cada vez que los estratos calchaqueños forman una barra al través del suelo de la quebrada. Del mismo modo brota en la quebrada de Ocaña, en la falda oriental de la sierra de las Peñas un poco de agua, y entre la quebrada de Riquiliponchi y el cerro de los Pozos gotea en varios puntos, un poco de agua salada. Al este sud oeste del cerro de los Pozos se infiltra el arroyo de Santa Clara que nace muy adentro de la sierra de Tontal, y probable-

(1) No puedo afirmar la exactitud de estos datos.

mente su agua se pierde completamente en el desierto cono de deyección que acompaña el pie de la sierra sobre un trecho bastante grande. Algo más al norte se infiltra, cerca del cerro Salinas, el arroyo de Acequión. Este arroyo rompe la cal siluriana de la sierra de Pedernal. Cerca de Divisadero se infiltra también el arroyo del Agua; el caudal de este último sirve para regar los cultivos de Divisadero.

En estas regiones el suelo de la llanura se compone de capas alternantes de loes arenoso y arcilloso, de arena y ripio, que ha sido penetrado por la perforación hecha en Ramblón en una profundidad de 78.20 metros. Se halló agua en la arena entre 42.50 metros y 44 metros, pero era salada; a los 78.20 metros se halló agua salobre que subió hasta 41.65 metros. (ver pág. 68)

Al norte de Ramblón hasta el río San Juan la margen de la sierra está formada por las montañas calcáreas de la sierra de Pedernal, cerro de Pocito y sierra Chica de Zonda. Las calizas se encuentran en estos puntos, la mayor parte de las veces, en bancos gruesos, raramente en lascas, en parte dolomíticas. La cal, muy densa, es de por sí impermeable; pero siendo bastante resquebrajada hay que tenerla en cuenta como conductor de aguas atmosféricas que se infiltran por ellas en la sierra de Pedernal, punto relativamente lluvioso. El agua que se infiltra en esta montaña calcárea sale, hacia el este, brotando en algunos manantiales. Entre estos últimos podemos señalar los dos que nacen en la quebrada del Salto, al sudoeste de Puntilla cerca de Retamito. Además de estos dos manantiales conviene no olvidar dos fuentes termales algo sulfurosas, con una temperatura de 27° C., que nacen cerca de La Puntilla misma, distante 1 kilómetro una de otra. Algunas leguas más al norte, en la margen de la sierra calcárea, en Los Berros nacen también fuertes manantiales. Ya, en otro lugar, he dicho, que la montaña calcárea de Pedernal es probablemente cortada por un número de fallas que llevan un rumbo norte noroeste hasta norte sud; este hecho se puede observar con toda claridad en el cerro de la Chilca, en la quebrada de la Flecha y en el valle del río del Agua.

Con este fenómeno he puesto de relieve el hecho de que la sierra sobresale en forma de «coulisses» en la quebrada del Salto y en la Puntilla, exactamente en los puntos donde nacen los manantiales. En los Berros, donde las capas de cal se inclinan con 85°—90° este, se observa, hacia la Pampa, también fuertes plegamientos y otras deformaciones en la cal. Pero sea que haya tenido lugar en parte un hundimiento de los estratos calchaqueños al lado de la cal o sea que los estratos calchaqueños sólo se apoyan, en cualquier lugar, contra la cal, como entre La Puntilla y Divisadero y en el río de Acequión, en todo caso sus areniscas arcillosas forman un dique para el agua que corre en las hendiduras de la cal y que, de este modo, llega a la superficie.

Es muy probable que también los dos fuertes manantiales que se usan para el riego en Retamito, tengan su área de infiltración en la cal y que el agua esté escondida a la vista entre el desmoronamiento brotando sólo un buen trecho más abajo de La Puntilla.

En la montaña calcárea más al norte hay que mencionar sólo, cerca de la quebrada de La Laja, el pequeño manantial del baño

de La Salud. Hay también aquí un poco de agua en las otras rocas paleozoicas. Por ejemplo, con el tiempo se ha llenado de agua hasta 8 metros el pique de 18 metros de profundidad que se ha hecho en Cruz de Caña para buscar carbón en los estratos de Paganzo.

El agua de Jejenes pertenece a un tipo de manantial que no es muy raro en la zona fracturada de Mendoza: el agua que se infiltra en la sierra, corre al pie de los cerros en los rodados sobre los estratos calchaqueños. De ahí resulta que este manantial contiene un poco de sal.

Al sudoeste de Retamito está situado el cerro de Salinas, compuesto de estratos calchaqueños. En él brota una fuente salada que tiene, según dicen, siempre la misma temperatura, pues debe venir de mayores profundidades. No he visitado este manantial.

En lo que se refiere a la región al pie de la sierra sólo tengo, por ahora, dos datos más. En Cañada Honda el ferrocarril ha hecho un pozo que no encontró agua sino a la profundidad de 71.30 metros, es decir, casi a la misma profundidad que en Ramblón (Cañada Honda 604 metros, Ramblón 610 metros sobre el nivel del mar). El agua subió en los caños hasta los 41 metros bajo la superficie.

En Carpintería parece existir, en cambio, una napa de agua subterránea no muy honda, pues un pozo hecho en una de las estancias allí existentes alcanzó el agua a 8 metros de profundidad, aparentemente sobre estratos calchaqueños.

No he podido observar si brotan manantiales adentro en el terreno cenagoso, al oeste de Rinconada, alrededor de Los Cerrillos, que forman un cerro aislado (Inselberg) que se levanta bruscamente de la llanura que lo circunda — como también es el cerro de Valdivia — porque visité esta región sólo en tiempo de aguas altas. Me parece probable que existan manantiales en esta región, porque en el sudeste de San Juan, en la margen del terreno cenagoso, nacen manantiales debido probablemente a que a causa de la configuración del terreno, aflora toda la napa de agua subterránea. He observado tales fuentes en los baños de Sarmiento, baños de las Piedritas y baños de la Florida. Stelzner, que visitó las últimas, creía que sólo se trataba de infiltraciones del río San Juan y del Estero de Zonda (1); M. de Moussy, cree que el arroyo de Cochagual y el arroyo de Tulumayo cerca de Mendoza son formados por el sobrante del agua de riego (2), y es cierto que una gran parte de éste entra en las ciénagas, pero esto sucede sólo en pequeña escala, pues cuando sube el agua subterránea, en el invierno, los ríos tienen poca agua y por eso no hay mucho sobrante en los canales de irrigación (3).

(1) Stelzner: Beiträge zur Geologie u. Paläontologie der argentinischen Republik. Vol. I, pág. 254.

(2) M. de Moussy: Description géographique et statistique de la Confédération Argentine. París. 1860. Vol. I, pág. 160.

(3) Séame permitido indicar una posibilidad de irrigación, que tal vez sea aplicable aquí y que si fuera efectivamente practicable del punto de vista técnico, aumentaría considerablemente la zona regable de San Juan. Serían de desaguar las ciénagas, captándose especialmente la región donde brota el agua subterránea e impidiendo que se eche el sobrante de las aguas de

Quiero mencionar la existencia de eflorescencias de sal en los baños de Sarmiento, de las Piedritas, de la Tinaja y de la Florida.

En la misma ciudad de San Juan el agua subterránea se revela por pocos pozos que alcanzan una profundidad media de 25 metros.

Las regiones más bajas de la cuenca de las lagunas de Guanacache son ocupadas por las lagunas del mismo nombre. Los ríos que desembocan en ellas son el San Juan y el Mendoza y el desagüe se efectúa por el río Desaguadero. En estos tres ríos se observan fajas muy anchas de terrenos cenagosos. Es probable que las ciénagas no son sólo alimentadas por el agua de los ríos, sino tal vez, en su mayor parte por agua subterránea surgente. Entre Jocolí y la laguna del Portezuelo he podido observar algunos manantiales. En toda esta región donde el suelo está formado por loes arcilloso (lösslehm), el agua subterránea se encuentra en el verano 3 o 4 metros a lo más, bajo la superficie del suelo, en cambio en el invierno sube tanto en muchos lugares que grandes regiones absolutamente secas en otras épocas son inundadas. El río San Juan y el río Mendoza tienen en el invierno su nivel más bajo y no pueden ser, por lo tanto, la causa de la expansión de las ciénagas. Sin embargo la creciente de los ríos en el verano y la creciente del agua subterránea en el invierno tienen su causa en el derretimiento de la nieve en la sierra, sólo que la creciente del agua subterránea, a causa de su movimiento mucho más lento, está atrasada algunos meses sobre la creciente de los ríos. La subida del agua subterránea en esta región coincide, pues, con el aumento del agua en las ciénagas de la margen del cono de deyección de Mendoza.

Región de Angaco. — Sales. — La hoya del agua subterránea en la región de las lagunas de Guanacache es también alimentada desde el Pie de Palo. Entre San Juan, Angaco y Caucete el suelo se compone de la misma alternación de arena fina, loes arenoso, loes arcilloso hasta greda y tosca como en el sud y los estratos permeables son, en parte, rellenados con agua, desde la sierra. La pequeña cantidad de agua que se nota en la mayor parte de las quebradas situadas al sudoeste del Pie de Palo es más o menos amarga. Este hecho hace más notable el hallazgo de agua dulce y abundante en Angaco sud a una profundidad de 3—4 metros abajo de capas arcillosas (llamadas gredas) y en arena. Esto no sucede, en la misma escala, hacia Angaco norte. Se han hecho pozos en las fincas de Wiedenbrüg y Grafiña (antes Rosenthal) que penetraron rosca, greda y arena movediza en alternación. En el pozo de Rosenthal se encontró primeramente a los 7 metros más o menos agua salada, después a los 35 metros el agua se había mejorado. El pozo de Wiedenbrüg alcanzó la profundidad de 64

riego en las ciénagas. Con las aguas así disponibles se podría regar los campos ahora secos entre las ciénagas, el Río San Juan y las Lagunas de Guanacache. Eso parece imposible en el primer momento, considerando el muy pequeño declive de la superficie. Pero quizá se pueda aplicar un sistema ya usado en otros países, cuyo suelo tiene también un declive apenas sensible. El agua será usada primeramente para regar una parte apropiada del campo, y el sobrante coleccionado en canales de desagüe que se excava hasta una cierta profundidad para crear una caída de agua. En la punta del canal se construye un embudo para almacenar el agua, del cual se levanta el agua por una maquinaria echándola en un nuevo canal de irrigación, empleando el mismo procedimiento, como antes, hasta que se haya agotado el agua. Sería cuestión de la ingeniería averiguar si este sistema sería practicable en aquella región.

metros, punto en el cual la arena movediza ofreció grandes dificultades. La primer agua que se encontró estaba a los 53 metros. Según un análisis que debo a la amabilidad del señor Seippel de Mendoza, dicha agua contiene:

Residuo al secar.....	0.5750
Materias orgánicas.....	0.0850
Acido sulfídrico.....	0.1482
Cloro.....	0.0470
Cal.....	0.0493
Magnesio.....	0.0029

0.9074

Entre estas fincas y el Pie de Palo se encuentra la laguna de Angaco. La sierra está formada aquí, entre la quebrada de la Petaca y la quebrada de la Piedra Pintada, por una bóveda de cal cristalina, que está derribada bruscamente a la llanura hacia el oeste, teniendo sólo un estrecho cono de deyección con terrados. En la parte de la laguna que toca el cono de deyección, aflora el agua subterránea; aquí es el punto más bajo del terreno. En medio de la laguna sólo hay agua permanente en los puntos más hondos. Que aquí se trata efectivamente de agua subterránea y no de agua superficial, lo demuestran unos pequeños manantiales que observé en el fondo de la laguna. En esta laguna se beneficia bastante sal común, que surge junto con el agua subterránea convertida en salmuera y que queda en la superficie al evaporarse el agua. Cristaliza en pequeños cubos poco unidos unos a otros. Todos los alrededores de estos pequeños manantiales están cubiertos de sal. La experiencia da a conocer que en los años lluviosos la cosecha de sal es más abundante que en los otros años; esto se explica porque el agua subterránea también en aquellas estaciones del año, cuando ya no alcanza la superficie en toda la laguna, está todavía bastante alta para ascender por capilaridad y dejar sal después de la evaporación.

Una perforación efectuada en el medio de la laguna ha tenido el resultado notable de haber atravesado capas libres de sal después de haber penetrado un manto de tosca a los 7 metros. La sal debe ser extraída en los alrededores, sólo de las capas superiores por agua subterránea que corre sobre la tosca y que sale a la luz en el punto más bajo de la superficie, es decir, en la laguna. A los 50 metros se encontró agua dulce. Se podría esperar en adelante, especialmente en atención a las experiencias en Las Casuarais consignadas más abajo, que se encontraría agua salada en mayor profundidad, pero, sin embargo, el resultado de la perforación de Angaco no forma una excepción. Ya Stelzner conocía «la presencia de lagunas y pozos con agua dulce en medio de la llanura cargada de sal» (1) y de los salitales y salinas dice, en el mismo lugar: «según se excave más o menos hondo o se hagan perforaciones, en la región de estas últimas, se encuentra agua dulce o salada». Lo mismo M. de Moussy menciona los lugares parecidos a oasis, en las grandes salinas del interior de

(1) Stelzner: Beiträge zur Geologie u. Paläontologie der argentinischen Republik. I. Pág. 301.

la Argentina (1). «Los pozos que se practican allá dan agua dulce».

Bodenbender (2) señala el mismo fenómeno en la llanura, al este de Córdoba, y Darapsky dice de la Puna (3): «se encuentra infaliblemente agua en los salitrales situados más hondos. Pero se halla bajo de la capa de sal que lleva su espesor de algunos piés, y tiene un sabor dulce, a lo más algo salobre» y en otro lugar (4) dice de las lagunas saladas: «en su fondo el agua es dulce sin excepción y en las márgenes de las lagunas es algo salobre».

Es natural que con el tiempo el contenido de sal se concentrará, más y más, en la región más honda de toda la cuenca de las lagunas de Guanacache. Hay que esperar por eso — si no existen circunstancias especiales — que allá se encuentre, generalmente, sólo agua salada. Una perforación hecha en Las Casuarinas en la finca del señor Rodríguez confirma esta esperanza. La perforación penetró una serie alternante de arena fina y loes arcilloso hasta greda y tres capas de tosca, de las cuales la encontrada a 100 metros era especialmente dura. El loes arcilloso está lleno de cristalitos de sal y a consecuencia de eso el agua, cuya primera napa se halló a los 13 metros era salada; la perforación llegó hasta los 105 metros. La perforación se abandonó por cerca de dos años y en la primavera del año de 1910 se llenó de agua dulce cuando se sacó mucha agua para poder profundizar el pozo (5). Este hecho me confirma en la opinión que hice, durante mis estudios, de que el agua salada se encuentra en regiones que tienen generalmente agua estancada, que por esa razón puede disolver mayores cantidades de sales del subsuelo. Sin embargo, en los alrededores de las lagunas se encuentra, de vez en cuando, agua dulce o poco salada.

Entre el Pie de Palo y Villicun otras bajadas son, del mismo modo como en Angaco, llenadas por agua salada; entre ellas vemos el Baño Salado del Frunce. El manantial empantana toda la región pero la ciénaga se seca a menudo en el verano y se forman incrustaciones de sal. Napp (6) comunica, bajo el nombre de Baños Salados del Albardón, los análisis del agua y de las incrustaciones de sal hechos por Siewert. He aquí estos análisis:

1000 cm³ contienen:

Acido silícico.....	0.0800 gr.
Sulfato de potasio (K ² SO ⁴).....	0.3527 »
» » sodio (Na ² SO ⁴).....	13.5193 »
» » calcio (CaSO ⁴).....	2.0400 »
» » magnesio (Mg.SO ⁴).....	2.4948 »
Bicarbonato ferroso (Fe (HCO ³) ²).....	0.0246 »
» de sodio (NaHCO ³).....	0.0150 »
Sulfuro de sodio (Na ² S).....	0.1450 »
Cloruro de sodio (NaCl).....	10.3545 »

29.0259 gr.

Acido carbónico libre..... 1.2584 »

(1) M. de Moussy: Description géographique et statistique de la Confédération Argentine. París 1860. Pág. 247.

(2) Bodenbender: La llanura al este de la Sierra de Córdoba. Bol. de la Acad. Nac. de Cienc. de Córdoba. XIV 1894. Pág. 47.

(3) Darapsky: Das Departament Taltal. Berlín 1900. Pág. 67.

(4) Darapsky: Pág. 91.

(5) Según comunicaciones del señor Gujer, en Las Casuarinas.

(6) Napp: Die argentinische Republik. Buenos Aires, 1867. Pág. 267.

Las incrustaciones de sal contienen:

Sulfato de calcio (CaSO_4).....	5 %
» » magnesio (MgSO_4).....	6.20 %
» » potasio (K_2SO_4).....	11.84 %
» » sodio (Na_2SO_4).....	69.45 %
Cloruro de sodio (NaCl).....	7.87 %
	100.36 %

Es harto conocido que el contenido de sal en el suelo de todas las regiones áridas juega un papel importantísimo por ser un gran factor económico de dichas regiones, pues puede hacer salada el agua subterránea e incultivable el suelo. Hay mucho que hacer todavía en la República Argentina relativamente a estos estudios y sólo se puede considerar los hechos consignados más adelante como un principio.

En el libro de Napp (1) encontramos un análisis, hecho por Siewert, de la sal de la cuenca de las lagunas de Guanacache. Se trata probablemente de la muestra recogida por Stelzner en el camino de Borbollón a las lagunas, es decir en la misma cuenca (2). Los resultados de este análisis son los siguientes:

Sulfato de calcio (CaSO_4).....	3.91
Cloruro de calcio (CaCl_2).....	2.27
» » magnesio (MgCl_2).....	2.19
» » potasio (KCl).....	1.68
» » sodio.....	89.95

100.0

Además he aquí tres análisis, hechos en el Laboratorio de Química de la División de Agricultura, de tres muestras de sales que recogí yo mismo en la margen meridional de la cuenca, es decir de la propiedad del señor Von Toll en San Martín (I), de la Primavera, al norte de Corralito (II) y de la región de la Calera del doctor Salas al este del Cerro de Cal, cerca del ferrocarril (III).

	San Martín von Toll %	La Primavera al norte de Corralitos %	Campo del Dr. Salas al oeste del C. de Cal %
Insoluble en el agua.....	55.27	50.84	38.58
Soluble en agua (3).....	44.73	49.16	61.42
La parte soluble contiene:			
Slíce (SiO_2).....	0.09	0.04	0.10
Hierro y aluminio ($\text{Fe}_2\text{O}_3, \text{Al}_2\text{O}_3$).....	0.03	0.03	0.04
Bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{H.C.O}_3)_2$).....	0.16	0.16	0.08
Sulfato de calcio (CaSO_4).....	1.71	1.43	1.00
» » magnesio (MgSO_4).....	2.40	3.99	0.06
» » sodio (Na_2SO_4).....	24.13	38.99	15.09
Carbonato de sodio (Na_2CO_3)... ..	0.03	V	V
Cloruro de sodio (NaCl).....	16.25	4.61	45.11
Nitratos.....	V	V	V (4)
	44.80	49.25	61.48

(1) Napp: Die argentinische Republik. Pág. 262.

(2) Stelzner: L. c. Pág.

(3) Secado a 180°.

(4) V Vestigios.

Si fuese permitido basar una conclusión sobre tan pocos datos, resultaría una confirmación de la suposición de Stelzner, que las sales «han sufrido separaciones respecto a su propagación, de tal modo, que los sulfatos de los alcalinos predominan en la margen y el cloruro de sodio en el centro de las salinas situadas en las partes más hondas» (1). Esta distribución de las sales que parece dominar en general —no se debe considerar los pocos análisis hechos como una prueba concluyente en favor de esta suposición— parece predominar también en los detalles, es decir, en las bajadas locales de la cuenca general en tanto que en estas ha tenido lugar una concentración de sal común (laguna de Angaco, ciénaga cerca de la calera del doctor Salas).

Las sales serán depositadas poco a poco, en las cuencas, por las aguas que se echan por allá después de la evaporación y hace ya mucho (2) que se conoce la explicación de la formación de las costras de sal en los planos más parejos: el agua se infiltra en el suelo, disuelve las sales allí existentes y después asciende, por capilaridad, en las capas superiores del suelo, donde, por efecto de la evaporación, abandona las sales que contenía. En los lugares donde el nivel del agua subterránea es, como en ciertas partes de la cuenca de las lagunas de Guanacache, muy cerca de la superficie, hay una ascensión permanente de ella y la superficie se cubre con una costra de sal y se forma un «terreno salitroso». Si un suelo seco es regado sin haberse previsto los desagües necesarios para el sobrante del riego, se produce entonces un levantamiento de las sales del subsuelo y el terreno se impregna de ellas. Esto ha sucedido en gran escala, en varias regiones de las provincias de San Juan y Mendoza. San Martín que, según dicen, ha sido en otros tiempos muy fértil, tiene, hoy día, un suelo bastante salado.

Este mismo resultado aconteció también, hace ya mucho, en las regiones áridas de los Estados Unidos, de Argelia e India. Estas circunstancias han hecho buscar un remedio a este fenómeno y al fin se encontró la solución en el desagüe racional de tales regiones, desagüe que lleva las sales disueltas e impide el levantamiento de nuevas soluciones. Trabajos de esta clase no se han hecho aquí sino en pequeña escala y, sin embargo, no se puede negar que un gran peligro amenaza, en ese sentido, la agricultura de las regiones áridas argentinas. Séame permitido citar aquí algunas palabras del ingeniero Newell (3), palabras que dilucidan el daño causado de este modo en los Estados Unidos de Norte América: «1/8 del terreno regado artificialmente en los Estados Unidos ha sido echado a perder por los alcalinos y esto hasta el punto de no ser más provechoso su cultivo. Esta pérdida es de sentir, pues vale casi 50.000.000 de dólares e indica que la práctica aquí adoptada es mala. Nuestras observaciones muestran, indudablemente, que esta pérdida se debe, en su mayor parte, a la falta de desagüe y el resultado obtenido en regiones racionalmente

(1) Stelzner: *l. c.* Pág.

(2) Darwin: *Geologische Beobachtungen über Südamerika*. Traducción alemana, 1899. Pág. 107.

(3) U. S. Geological Survey Washington. *Water Supply and Irrigation Papers*. N° 146, pág. 175.

desaguadas nos viene a confirmar el hecho de que el desagüe impide tal pérdida» (1).

Debemos buscar, en primera línea, el origen de la sal en las rocas que rodean la cuenca. En éstas el contenido es en parte original, en tanto que resulta de la descomposición de las rocas cristalinas, y en parte secundario, es decir, traído de sedimentos más antiguos. Entre las rocas cristalinas hay que considerar, primeramente, el pórfido cuarcífero, la porfirita, la andesita, la traquita y sus tobas y también el granito; pero más importantes son los sedimentos terrestres de los estratos de Paganzo, del rético y sobre todo, los estratos calchaqueños del terciario. En el norte de la cuenca una gran parte de las sales debe también provenir de las pizarras cristalinas del Pie de Palo. El contenido de sal effloresce en parte de las peñas y será llevado, a la cuenca, por las lluvias y tal vez transportado hasta allí por los vientos, en parte será extraído de las rocas. Hay que considerar también la posibilidad de que las sales hayan sido transportadas, por el viento, de la ceniza caída durante las erupciones de los volcanes cordilleranos (última erupción del volcán San José, al oeste de San Carlos en el año 1885), pues conocemos depósitos de ceniza volcánica cerca de Mendoza (2) y Salagasta (3). Brackebusch atribuye, por ejemplo, tal origen volcánico al contenido de sales de varios lagos sin desagüe en la alta Cordillera del noroeste del país (4). Otra parte de las sales debe su origen, indudablemente, a la doble descomposición en su actual yacimiento y un poco de sal es traída también, desde más lejos, por los ríos que corren por la cuenca o la tocan. Brackebusch atribuye la parte principal de la saladura del suelo a este acarreo de sal extraídos de yacimientos en capas mesozóicas de la Cordillera Real (4).

En este acarreo predomina primeramente la sal común (NaCl) y el sulfato de calcio (CaSO_4) en el río Mendoza (véase análisis 7 y 8) (5). Es interesante observar el aumento de la sal común y de los sulfatos alcalinos en el río Tulumayo, que nace en las tiénagas al pie del cono de deyección de Mendoza, a medida que la confección de las pruebas progresaba hacia el norte (véase los análisis 9 — 11) (6). Los análisis citados muestran con toda evidencia como el contenido de sal es conducido poco a poco, de las regiones marginales hacia el centro de la cuenca.

Lagunas de Guanacache. — Tosca. — Quiero agregar algunas palabras sobre la naturaleza de la cuenca de las lagunas de Guanacache y su rellenamiento, tanto como sea posible con el estado actual de mis investigaciones. Hay que tener en cuenta que no

(1) Un desagüe por pozos absorbentes — idea que he oído ventilar varias veces en aquellos parajes — me parece muy inconveniente, pues siempre existe la posibilidad de contaminar napas más hondas cuyas aguas se usan en otras partes de la región.

(2) Bodenbender: El suelo y las vertientes de la Ciudad de Mendoza. Pág.

(3) Stappenbeck: La Precordillera. Pág. 84.

(4) Brackebusch: Die Bodenverhältnisse des nordwestlichen Teiles der argentinischen Republik. Petermanns Mitteilungen, 1893. Pág. 158 y Brackebusch: Die Bergwerksverhältnisse der argentinischen Republik. Zeitschr. f. Berg-Hütten-u. Salinenwesen im preuss. Staate XLI. Pág. 27.

(5) Lavenir y Ducloux: Aguas superficiales y subterráneas de la República Argentina. Anales del Ministerio de Agricultura. Sec. Química II. 1-1905. Pág. 238.

(6) Lavenir y Ducloux. Pág. 242.

se trata de una cuenca completamente limitada, sinó que existe un desagüe en el río Desaguadero, aunque el declive desde San Juan hasta el punto, en el cual el ferrocarril de San Luis a Mendoza cruza el Desaguadero importa sólo 110 metros en una distancia de casi 300 kilómetros.

La cuenca es, en el oeste, bien limitada por la precordillera, igual sucede en el este, contra la bajada que corre desde la laguna Bebedero hacia la Sierra de la Huerta, por los cerritos que sobresalen, sólo de algunos cien metros, la llanura circundante y que corren de la punta sud de la Sierra de la Huerta hacia el sud. En cambio en el norte de la cuenca es anchamente abierta hacia la llanura entre el Pie de Palo y la Sierra de Villicun—el valle de Tulum—y hacia la llanura entre el Pie de Palo y la Sierra de la Huerta, el valle de Niquisanga; pero es por las lomadas que se extienden de Ullun a la Sierra de Villicun, cerrada, orográficamente y tectónicamente, contra el valle de Matagusano. Hacia el sud la cuenca es anchamente abierta.

Sólo voy a tratar aquí de la región marginal del oeste y su composición que he estudiado con alguna detención.

En la región entre la Quebrada de la Laja, cerca de San Juan y Carpintería y desde La Puntilla, cerca de Retamito, hasta Jocolí, vemos desaparecer las areniscas y conglomerados colorados de los estratos calchaqueños con inclinaciones, más o menos fuertes, bajo la llanura. Todavía deben existir, abajo de la región marginal de la cuenca, aunque probablemente a mayores profundidades y se encuentran, tal vez abajo de una gran parte de la cuenca, pues afloran nuevamente en la falda sudeste del Pie de Palo, alrededor de la estación Vallecito, con un desarrollo bastante arcilloso. En Salagasta se hallan, en su yaciente, las areniscas y conglomerados, poco espesos, del cretáceo y el rético. El rético aparece otra vez del otro lado de la cuenca, en la pendiente meridional de la Sierra de la Huerta en Marayes, de donde lo describió Stelzner (1) y debe existir, según lo menciona el mismo observador (2) en la sierra de Guayaguas situada al sud. Hace varios años que Bodenbender (3) indicó la posibilidad de que podría existir una continuación a lo largo del fondo de la cuenca. Pero parece que no se debe esperar esta posibilidad en la parte noroeste de la cuenca, pues el rético que aflora, desaparece al sud de la quebrada de las Peñas y no vuelve a la superficie en ninguna parte de las montañas orientales o en la margen oriental de la precordillera. Tampoco hay probabilidad que se encuentre en la profundidad, porque en varios puntos, por ejemplo, en la entrada de la quebrada de La Laja cerca de San Juan, en el cerro Valdivia, en Carpintería, etc., los estratos calchaqueños descansan—la mayor parte de las veces en discordancia—sobre los estratos de Paganzo, así que el rético y el cretáceo, si han sido depositados aquí, han sido probablemente, destruidos en gran escala. En cambio es posible que bajo una gran parte de la cuenca existan los estratos de Paganzo. Entre San Juan y Divisadero,

(1) Stelzner: Beiträge. Pág. 68 y 73.

(2) Idem. Pág. 75.

(3) Bodenbender: El carbón rhético de las Higueras en la Provincia de Mendoza. Boletín de la Academia Nacional de Córdoba. XVII. Pág. 151.

al norte oeste de Retamito, en muchos puntos afloran en la margen de la sierra; en el cerro Valdivia cubren en parte las pizarras cristalinas (1) y entre el cerro de Cal y el cerro del Cielo se han hundido a causa de la gran falla de Salagasta.

El mapa de Brackebusch muestra en la margen oriental de la cuenca de la sierra del Gigante (2) y del Alto Pencoso, areniscas y yeso de edad indeterminada, que según las exploraciones ultimamente hechas por el doctor Gerth, pueden ser estratos cretáceos. Su inclinación general es hacia el este. Sobre la existencia del paleozóico inferior en el subsuelo de la cuenca de las lagunas de Guanacache no se puede, por ahora, hacer suposiciones; podemos asegurar que, a lo menos en la parte septentrional de esta cuenca, las capas más hondas son pizarras cristalinas que forman la sierra de la Huerta, el Pie de Palo y el cordón central (granito y gneis) de la sierra del Gigante, sierra de Guayaguas, etcétera (3) y se levantan en los cerrillos y el cerro de Valdivia, inmediatamente delante de la precordillera.

El rellenamiento de la cuenca se compone de masas sueltas: ripio, acarreo, cascajo, arena, arcilla, limo (lehm), loes y tosca. En toda la margen de la precordillera, hacia la cuenca, se ven encima grandes conos de deyección que se extienden desde el pie de la sierra hacia la llanura. La zona del terreno entre la sierra y la llanura posee terrados y generalmente, desde San Juan hasta la zona fracturada de Mendoza parece que se puede distinguir tres terrados principales, entre los cuales hay ocasionalmente terrados intermedios. Abajo de estos terrados están generalmente los estratos calchaqueños terraplenados, pero hay también rocas más antiguas enterradas abajo los terrados, por ejemplo entre Rincónada y Carpintería: estratos de Paganzo y en la zona fracturada de Mendoza: rético y cretáceo.

Encima, entre o delante de ellos, están los conos de deyección más recientes; el más grande de ellos es el cono de Mendoza. Como en la superficie, las masas más gruesas son depositadas también en las capas más hondas en la margen de la cuenca. Así, la perforación efectuada en los cerrillos, al sud de Salagasta, sólo encontró material grueso y la del Alto Grande en Panquehua, a lo menos hasta 105 metros; en Borbollón, distante de 13 kilómetros más o menos de la margen actual de la sierra, se encontró a menudo, capas de arena gruesa, de cascajo y acarreo; lo mismo sucedió en Ramblón, distante de 12 kilómetros, más o menos, de la margen de la sierra, en cambio, cerca de la Estación Jocolí, no se ha encontrado depósitos más gruesos y eso a pocos kilómetros al este de la pequeña serranía de Jocolí, lo mismo sucedió en la perforación hecha en El Medio, cerca de la Hullera. Esto se explica por la participación que ya ha tenido aquí una parte del rellenamiento antiguo de la margen de la cuenca por los movimientos tectónicos más recientes en la construcción de la precor-

(1) Stappenbeck. La Precordillera. Pág. 16.

(2) Brackebusch: Mapa geológico del interior de la República Argentina. Gotha 1891.

(3) Avé-Lallemant: Datos Orográficos e Hidroscópicos sobre la Provincia de San Luis. Boletín Ins. Geogr. Arg. V 1884. Pág. 191. — Según las investigaciones nuevas de Gerth, la existencia de granito en la Sierra del Gigante es dudosa.

dillera, pues la serranía de Jocolí se compone de ripios fuertemente inclinados. Podemos calcular, en general, la distancia media desde la falda de la sierra hasta donde han sido transportadas, en la margen occidental de la cuenca, masas gruesas como ripio, acarreo y cascajo en 15 kilómetros más o menos.

Cuando más lejos vamos de la margen de la cuenca, más finos son los depósitos: son, casi exclusivamente, arena fina, arcilla, loes y tosca, todo de color blanco amarillento. Desde Jocolí hacia el norte, a lo largo de las ciénagas, hasta la región al noroeste de Ramblén, la superficie se halla formada por arcilla de color claro. Fuí a esta región después de fuertes lluvias que habían transformado, en varias partes, la superficie en un lodazal insalvable; donde el agua se había evaporado se podía observar las grietas características de disecación (véase lámina III) que llegaban hasta bastante adentro del suelo. El agua aquí no puede correr porque el suelo es parejo y sobre grandes distancias carece de vegetación por completo.

La arena es generalmente movediza, muy fina, blanca, a menudo se halla mezclada, en cantidad bastante grande, con loes. A esta circunstancia obedece, tal vez, su derrumbe en paredes verticales, como lo observamos también en otras partes, por ejemplo, al sud de Tupungato (lámina I a). El loes muestra, muchas veces, vestigios de estratificación y contiene, de vez en cuando, capas interstratificadas de arena y cerca de Retamito también rodados. A menudo el loes pasa en loes arcilloso que aquí está muy propagado.

Observé limo (Schlick) en la laguna del Portezuelo (lámina IV). Debe contener bastante sal, pues crecen en él, casi exclusivamente, plantas halófilas y donde el suelo era seco lo he visto cubierto con eflorescencias de sal y las plantas incrustadas por esta materia. Como ya he mencionado la mayor parte del otro suelo es también salada.

Si queremos averiguar el origen del rellenamiento de la cuenca tenemos que considerarlo, en primera línea, como fluvial. No debe ser muy dudoso que aquí se trate de los productos de la destrucción de las sierras que han sido transportados a la cuenca por los ríos y las crecientes. Los componentes más gruesos se quedaron en la margen, más lejos de ésta y alternan con los componentes finos, hasta que estos predominan completamente hacia el centro de la cuenca. Es muy probable que ya antes hayan existido lagunas como hoy; en ellas se podían depositar las arcillas de la cuenca (Beckenton), en las cuales se halló, cerca de Angaco Norte, caracoles de agua dulce (*Bythinella* sp.). Me parece probable que en varios puntos había lagunas que se transformaron en pantanos y al fin se rellenaron, así que estas lagunas tienen un carácter efímero. Hay indicios que no dejan lugar a dudas que los ríos corrientes cambiaron, en la cuenca de las lagunas de Guanacache, su curso, de vez en cuando, pero esta cuestión necesita todavía investigaciones más prólijas, por lo tanto es suficiente, por ahora, indicar el lecho (1). Además existen deposiciones y traslaciones

(1) Véase por ejemplo Bodenbender: El suelo y las vertientes de la ciudad de Mendoza. Bol. de la Ac. Nac. de Córdoba. XV. Pág. 428.

por el viento que lleva las partículas más finas, en parte tomadas del detrítico de la descomposición de las sierras, en parte levantadas del suelo casi siempre muy seco, para acumularlas en otros puntos, por ejemplo, los pequeños médanos que se encuentran de vez en cuando (lámina III b). Pero la mayor parte de los depósitos formados de esta manera deben ser destruídos y estratificados por las lluvias torrenciales que de tiempo en tiempo corren sobre el suelo, en otro caso se debería encontrar el loes no estratificado muchas veces más, lo que efectivamente no sucede.

Depósitos que no se pueden explicar de este modo, pero que forman mantos de gran extensión horizontal, se encuentran no sólo entre la serie de capas de la cuenca de las lagunas de Guanacache sino también de toda la Pampa, quiero hablar de la tosca. Por su naturaleza no es otra cosa que las concreciones margosas conocidas bajo el nombre de «Lösskindel» (1). Descando explicar el origen de la tosca quiero salir de este hecho y recordar, al mismo tiempo, el origen de las acumulaciones de sal en la superficie por levantamiento capilar del agua subterránea cargada de sal.

Las muestras de loes que he estudiado, de la margen occidental de la cuenca mostraron — lo que no es singular en la cercanía de las extensas montañas de cal — a menudo la presencia de cal, pero más a menudo eran transformadas en loes arcilloso (Lösslehm). Ahora bien, como el contenido de cal en algunas regiones de loes ha sido concentrado en los «Lösskindel», debe haber sido extraído del loes por agua subterránea que al surgir por capilaridad la ha depositado en la superficie, hasta que resultó allí una calcificación más o menos fuerte, y con esto un endurecimiento; en cambio las capas más hondas se transformaron en loes arcilloso. Con el aumento de la calcificación la capilaridad disminuyó, poco a poco, así que el agua subterránea fué protegida, contra la evaporación, por la capa de tosca recién formada. Generalmente encontramos tal como lo exige esta hipótesis, en la cuenca de las lagunas de Guanacache una alternación de arena, tosca y loes arcilloso, pero también se hallan bastantes excepciones. Así la perforación I en el camino de los Algarrobos, penetró desde 80 a 95 metros tosca dura, es decir, 15 metros, pero en el yaciente se halla loes arcilloso que todavía es bastante calcáreo. Es, pues, probable que ya existía originalmente en las capas que iban a transformarse en tosca, en parte un contenido importante de cal. Parece que Bodenbender supone igualmente un contenido originalmente más fuerte de cal, a lo menos dice: «la caliza que contienen los depósitos pampeanos en forma de tosca, etc. proviene una vez del loes, llevado por los vientos, además en nuestra región de las cales cristalinas que pertenecen al gneis de la sierra, que fueron disueltas por las aguas volviendo a depositarse luego en forma de tosca, etc.» (2).

(1) Véase Roth: Beobachtungen über Entstehung und Alter der Pampasformation in Argentinien. Zeitschrift d. deutsch. geol. Ges. 1888, pág. 384 y Nouvelles recherches sur la formation pampéenne et l'homme fossile de la République Argentine. Recueil de contributions scientifiques de M. M. C. Burckhardt, A. Doering, J. Früh, H. v. Ihering, H. Leboucq, R. Lehmann-Nitsche, R. Martín, S. Roth, W. B. Scott, G. Steinmann et F. Zirkel publiées par Robert Lehmann-Nitsche. Revista del Museo de La Plata. t. XIV. 1907. Pág. 150. anotación.

(2) Bodenbender: La llanura al este de la sierra de Córdoba. Bol. Acad. Nac. de Córdoba XIV 1849, pág. 35. Doering supone que una parte de la tosca tiene su origen en una metamorfosis de concreciones de yeso por reacción de carbonatos de los alcalinos sobre sulfato de calcio. Citado según Lehmann-Nitsche: Nouvelles recherches sur la formation pampéenne. Pág. 190.

Travesía de Moquina. — Manantiales sulfurosos.

Vetas de azufre.

La región al este de la sierra de Villicun y de la sierra de Moquina no ha sido estudiada más exactamente respecto a las relaciones del agua subterránea, pero he podido sacar algunos datos sobre este tópico en el trecho entre Baños de las Lajas y Moquina. El agua de las lluvias ocasionales se acumula en lugares favorables excavados por crecientes en los ríos secos, especialmente en la caliza siluriana en los puntos denominados «Los Lagares», donde casi siempre se la puede hallar. Pero en su mayor parte las precipitaciones atmosféricas corren rápidamente y sólo entran poco en los estratos calchaqueños muy salados. Pero esta agua infiltrada sólo sirve para extraer el contenido de sal y llevarlo, por levantamiento capilar, a la superficie donde será disuelto por la próxima lluvia y llevado a la gran salina al naciente del puesto El Salado. Naturalmente hay también aquí levantamiento capilar de la salmuera del subsuelo en la formación de sal en la salina, pero supongo, que la mayor parte del agua subterránea en el subsuelo de la salina proviene del Pie de Palo. En todo caso en El Salado se encuentra, una aguadita algo potable aunque salobre. La sierra de Moquina no parece favorable como área de infiltración. Manantiales que por lo común son raros en los estratos calchaqueños, no he encontrado ninguno ni he oído hablar de ellos en esta sierra desierta. Sólo he visto en un agujero un poco de agua, era un resto de agua de lluvia que había corrido hasta allí y era saladísimas. En Moquina una napa de agua ha sido producida tal vez sólo por los canales de riego que han sido derivados del río Jachal cuya agua se infiltra en grandes cantidades en el terreno permeable de loes y hace preveer el levantamiento a la superficie de todas las sales a su alcance y la pérdida radical del suelo fértil.

Durante el gran terremoto del 27 de Octubre de 1894 se formaron en Moquina, como también en Angaco y Albardón pequeños conos de barro, de los cuales surgió, mezclada con barro, el agua subterránea (1). Según se dice una fuente que corre hoy todavía se ha abierto paso en estas circunstancias.

La sierra de Villicun es como área de infiltración, algo más favorable porque las precipitaciones tienen mejor ocasión de bajar pronto entre la caliza resquebrajada.

Me parece muy probable que las fuentes termales de Baños de las Lajas sean alimentadas desde aquí, aunque no directamente, al Nacen allá de los estratos calchaqueños, varios manantiales, algunos de estos cerca del pequeño hotel, cuya temperatura era cuando la medí 26, 5°C, 27, 5°C y 28°C. El manantial que brota con una temperatura de 26° C en la cantera de travertina es interesante por las circunstancias que le han dado origen. Brota de un agujero circular donde antes existía un algarrobo que se hundió, según se me aseguró durante el terremoto de Octubre de 1894, brotando después el manantial.

(1) Bodenbender: Das argentinische Erdbeben vom 27 Oktober 1894. La Plata. Rundschau. I. N. 21. Pág. 387-394. Buenos Aires 1885 y El terremoto argentino del 27 de Octubre de 1894. Bol. Acad. Córdoba. Tomo XIV, pág. 293.

Los manantiales que tienen olor a hidrógeno sulfurado son los que han depositado la travertina en parte bastante espesa y formando también un cono de travertina alrededor de una fuente denominada «Volcán» (véase también Stelzner, Beiträger página 225).

Transcribo aquí un análisis hecho por Siewert y que es citado por Napp (1).

1000 ccm contienen:	
Sulfato de potasio (K^2SO^4).....	0.6162 gr.
Sulfato de calcio ($CaSO^4$)	1.4338 »
Bicarbonato de calcio ($Ca (HCO^3)^2$).....	0.2901 »
Sulfuro de Calcio (SCa)	0.1890 »
Cloruro de magnesio ($Mg Cl^2$).....	0.5558 »
Cloruro de sodio (NaCl).....	4.6443 »
	7 7292 gr.

Acido carbónico libre..... 1.1276 »

En su corto trecho el agua incrusta todo de travertina. De tal modo tenemos que imaginarnos el origen de los extensos mantos de travertina que cubren los terrados hacia el oeste hasta Lagares. No es probable que los actuales manantiales hayan depositado la travertina sobre una distancia tan grande, pues primeramente el declive actual del terreno es hacia el este, pero los manantiales están situados al oeste y no al este de los terrados, además varios terrados son tapados por mantos separados de travertina. La formación, por el terremoto, del manantial que brota a la cantera nos da un jalón para la explicación de estos hechos. Debemos suponer que en varias épocas, en varios puntos, brotaron manantiales depositando la travertina y desapareciendo otra vez si encontraron una salida más cómoda o si cerraron, por sus propios depósitos, sus caminos. Veremos que otro hecho habla también a favor de esta explicación.

A los manantiales con un poco de hidrógeno sulfurado pertenecen también los de Zonda que brotan al pie de la pared de cal siluriana, en grietas. Muy cerca, encima, en la falda, se halla una veta de azufre, seis otras se encuentran en la pendiente varios kilómetros al norte (2) y Stelzner (3) menciona otra veta en la falda oriental de la sierra. Estas vetas deben su origen a manantiales termales sulfurosos, bajo cuya influencia los carbonatos de cal han sido transformados en parte en yeso. Explico la presencia de aragonita en estas vetas como un depósito de las aguas cargadas con $CaCO_3$. Los manantiales son, hoy día, completamente agotados. Al oeste de baños de Las Lajas encontramos, en la cal de la sierra de Villicun una veta de azufre semejante que ha sido explotada ya. También aquí encontramos los rastros de actividad antigua de manantiales sulfurosos. El precipitado químico de los manantiales antiguos y de los actuales es el mismo sea, que el $CaCO_3$ aparece una vez en forma de aragonita y otra vez

(1) Napp: Die argentinische Repnblik. Pág. 268.

(2) Stappenbeck: La Precordillera. Pag. 174.

(3) Stelzner: Beiträge. Pág. 226.

bajo forma de travertina. En las estrechas grietas de la cal, la aragonita se podía depositar lentamente, mientras que el agua, que brota libremente en baños de Las Lajas, causó y todavía causa la formación de travertina. El agua corriente de la fuente termal sulfurosa de la quebrada de Talacasto precipita también travertina, mientras el Agua Hedionda, cerca de Huaco, que surge en grietas angostas, ha rellenado, en parte, estas grietas con espato de cal. La temperatura del manantial de Talacasto es de 26°C, la del Agua Hedionda 21.5°-25°C. El agua tibia brota allí, como ya hemos dicho en grietas e intersticios de las capas que ha llenado de espato de cal, en la cual Stelzner (1) observó también un poco de fluorita. El azufre forma, sobre la cal, una costra delgada.

Napp transcribe el siguiente análisis hecho por Siewert (2).

100 ccm. contienen:	
Acido silícico (SiO_2).....	0.0150 gr.
Sulfato de potasio (K_2SO_4).....	0.1582 »
Sulfato de calcio (CaSO_4).....	0.7297 »
Bicarbonato de calcio ($\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$).....	0.1017 »
» de magnesio ($\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$).....	0.5328 »
» ferroso ($\text{Fe}(\text{HCO}_3)_2$).....	0.0110 »
» de sodio $\text{Na}(\text{HCO}_3)_2$	0.1003 »
Sulfuro de sodio (Na_2S).....	0.1443 »
Cloruro de sodio (NaCl).....	1.7082 »
	3.5012 gr.

Acido carbónico libre..... 0.1630 »

Manantiales de semejante clase son los de La Puntilla cerca de Retamito, uno de los cuales nace en cal cerca de la casa de la calera con una temperatura de 27°C. En cambio el otro nace 1 kilómetro más al norte, algo más lejos de la cal, de terreno de acarreo. Ambos manantiales contienen hidrógeno sulfurado. Ya he mencionado, en mi trabajo sobre la precordillera, que el sobresalir de la sierra de Pedernal en forma de «coulisses» ha sido probablemente causado por fallas y que estos dos manantiales surgen de dichas fallas.

En conexión con esto conviene describir también las fuentes termales de Villa Vicencio que salen de los intersticios de las capas de grauvacas con temperatura de 29, 5° C 35, 5°C, 30°C y 27°C. Del Arca dice que se puede observar una temperatura, sacando el barro y el desmoronamiento del agujero, de 38°C en el desbocadero del manantial (3). La mineralización es muy débil y esto está bien indicado por un análisis de Siewert (4).

(1) Stelzner: Beiträge. I, pág. 256.

(2) Napp: Die argentinische Republik.

(3) Del Arca: Aguas minerales, especialmente de la República Argentina. Pág. 343.

(4) Napp: Die argentinische Republik. Pág. 265.

1000 m. contienen:	
Sulfato de potasio (K_2SO_4).....	0.0618 gr.
» » calcio ($CaSO_4$).....	0.0466 »
» » magnesio ($Mg.SO_4$).....	0.0103 »
Bicarbonato de magnesio ($Mg(HCO_3)_2$)....	0.0237 »
Acido silícico (SiO_2).....	0.0258 »
Bicarbonato ferroso ($Fe(HCO_3)_2$).....	0.0231 »
» de sodio ($Na(HCO_3)_2$).....	0.8174 »
Sulfuro de sodio (Na_2S).....	0.2132 »
Cloruro de sodio ($NaCl$).	0.1170 »

1.3389 gr.

Acido carbónico libre..... 0.0356 »

Según Stelzner la formación de las vetas de azufre, en Zonda, está en conexión con la erupción de dácita en los Cerros Blancos (1). La formación de las vetas de azufre por manantiales no se pueden poner en duda y lo mismo sucede con las relaciones que unen este fenómeno con las fuentes termales de Baños de las Lajas, pues tendríamos que poner en conexión estas fuentes y las vetas de azufre de la Punta de Villicun con procesos postvolcánicos, pero no vemos, ni cerca, ni lejos de Baños de las Lajas rastros de actividad volcánica. Además la sorprendente semejanza de la presentación y de la aparición, como también de la casi igual temperatura de los manantiales de los Baños de las Lajas, Talacasto y Agua Hedionda a penas permite declinar la idea de un origen semejante. Pero como no existen rocas volcánicas cerca de Baños de las Lajas, tampoco las hay en la quebrada de Talacasto o en los alrededores de Agua Hedionda, habría entonces que suponer la existencia en la profundidad de algún macizo de rocas volcánicas. Tampoco encontramos rastros de actividad volcánica cerca de La Puntilla. Por estos hechos parece mejor desear por completo una explicación basada en la actividad postvolcánica y es más simple suponer de que agua atmosférica se ha infiltrado, en las sierras, a grandes profundidades adonde se calentó y ha subido, otra vez, bajo presión hidrostática dentro de la cal fisurada cargándose en el camino con varios minerales, especialmente con carbonato de calcio. Si adoptamos las ideas de Lepsius (2) este camino nos dá, también, una explicación fácil y sencilla del ácido carbónico con el cual el agua termal se carga durante el proceso de disolución de la cal. Podemos explicar el contenido de sal, revelado por el análisis, por una extracción de las calizas silurianas marinas; donde, como en los Baños de las Lajas, ha sido comprobado un contenido extraordinario de $NaCl$ hay que tener en cuenta que el agua termal tiene que correr todavía por los estrechos calchaqueños impregnados con sales antes de salir a la superficie.

(1) Stelzner: Beiträge. I, pág. 226.

(2) Lepsius: Notizen zur Geologie von Deutschland b) Über die Herkunft der Kohlensäure in den tiefen Quellen. Notizblatt des Vereins f. Erdkunde u. d. Grossh. geol. Landesanst. zu Darmstadt. f. d. Jahr 1908. Pág. 13.

Valle de Matagusano. — El Valle de Matagusano no tiene manantiales. Hacia el sud lomadas formadas por estratos calchaqueños que corren en dirección oblicua sobre el valle la cierran casi por completo. Estos estratos calchaqueños desaparecen al oeste, donde se apoyan en discordancia en la sal siluriana de la sierra de Villicun, formando más al norte de la sierra de Móquina. Sólo cerca de Ullun el valle es algo abierto al sud, hacia el río San Juan. En el oeste y en el este descansan, sobre estratos calchaqueños, ripios antiguos bastante espesos; debemos creer que estos últimos existan también en el núcleo del sinclinal.

El yaciente de los estratos calchaqueños es desconocido en el sinclinal; pero se puede suponer que es formado por caliza siluriana y, tal vez también, en la parte occidental por grauvacas y pizarras arcillosas devonianas. La cuenca misma es rellenada por ripio, acarreo, arcilla, arena y loes. Por el hecho de que las areniscas y conglomerados de los estratos calchaqueños forman a causa de su ligamento bastante arcilloso, un horizonte relativamente impermeable, sólo podemos considerar para proveer de agua al valle el suelo situado arriba de estas capas, es decir el ripio antiguo y el rellenamiento de la cuenca. Como el agua infiltrada en la caliza resquebrajada de la Sierra de Villicun penetra hasta abajo de los estratos calchaqueños desde el oeste sólo de las rocas antiguas puede entrar agua subterránea, donde arroyitos corren en quebradas angostas, por los estratos calchaqueños, desapareciendo en los ripios. Tales arroyitos son los de la quebrada de la Deheza, de la quebrada de la Cuesta Vieja, de Tambillos, de la quebrada de Talacasto, etc. Pero el agua debe provenir en su mayor parte, por infiltraciones del río Jachal, que corre, aguas abajo de Tucunucu en varios lugares por loes arenoso y por los canales de riego arrancados de Tucunucu, cuya agua se pierde hacia el sud. Por eso existe la posibilidad de encontrar agua (probablemente artesiana) por medio de perforaciones desde Matagusano al norte lo que sería muy deseable, por qué por ese valle pasa el camino, muy frecuentado, que une San Juan a Jachal y porque no hay, entre el río San Juan y el Balde agua superficial y la gente que vive en el rancho de Matagusano tiene que traer el agua desde la aguadita de Tambillos, distante 15 kilómetros y juntan el agua con hidrógeno sulfurado, del manantial de Talacasto hasta una pequeña represa. En el Balde se ha hecho un pozo de 40 metros de profundidad en el cual el agua subió bajo presión hidrostática algo. En cambio no se encontró agua en un pozo hecho en Matagusano con una profundidad de 60 metros; es probable que no se encuentre sino a una profundidad mucho mayor.

Región de Jachal. — Desde Tucununu hacia el norte se encuentra, a lo menos cerca del río, agua subterránea en todas partes. Pero en el cerro Cumillango y el cerro Collón las calizas silurianas se acercan otra vez al rellenamiento del valle y acarrean probablemente por sus rebrebajaduras, agua al valle. Bodenbender (1)

(1) Bodenbender: Das argentinische Erdbeben, y: El terremoto argentino.

escribe que en Tucununu durante el gran terremoto del 27 de Octubre de 1894 agua subterránea con barro y arena brotó más o menos hasta un metro sobre el suelo. Estas aguas que circulan en la caliza siluriana se estancan en un punto, muy probablemente en una falla, y surgen en Aguas Negras bajo la forma de un fuerte manantial. Stelzner menciona, según Igarzabal, en los alrededores de Jachal un fuerte manantial frío y lo denomina «volcán» (1). Ni en Jachal ni en Niquivil, donde me informé, me pudieron dar datos sobre este hecho. Según comunicación que recibí del señor ingeniero Doncel en San Juan, se llama con este nombre uno de los manantiales que surgen en el lecho del río Jachal entre Niquivil y Agua Negra. El agua brota, en estos manantiales, de las hendiduras de la cal, que ha entrado de la cal en el rellenamiento del valle. Según Del Arca el agua del «volcán» tiene olor a hidrógeno sulfurado (2).

La pampa de Jachal en cuya parte más honda corre el río, es más o menos, rectangular y encerrada por los cuatro lados por sierras. En la parte occidental están situadas las quebradas de Ancauche, Iclican, Paslian y de la Huerta y todas tienen arroyitos, pero el agua de las dos primeras se infiltra antes de salir de la quebrada, el agua de la quebrada de Paslián llega hasta la boca y el arroyo de la quebrada de la Huerta, que nace en el lluvioso Cerro de Guachi, no corre muy lejos fuera de la sierra. Toda el agua proveniente de estas quebradas se infiltra en el acarreo. Desde el norte se infiltran los arroyos de la quebrada de Panacan y de la quebrada del Espino. Llueve también algo más en aquellos cerros y la gente considera la región como «lluviosa», como también la villa de Jachal que se halla sobre término medio de la zona árida con 231 milímetros de lluvia. En la sierra marginal del este, la sierra de la Batea, no he visto manantial. Tengo pocos datos sobre el agua subterránea de esta pampa; pero es muy probable que el agua de los arroyos infiltrados se acumula en el ripio y loes formando así la alimentación del río de Huaco. La analogía con regiones de igual constitución geológica nos permite la conclusión de que haya agua bajo fuerte presión hidrostática, probablemente surgente, en el subsuelo, pues el terreno de acarreo traído de todos lados hacia la cuenca, debe llenar el fondo y las partes laterales, sobrepuesto después por otros depósitos de la descomposición y desintegración de las rocas, cuyas partes más finas llenan el centro del valle, alternando hacia la orilla con ripio y desmoronamiento. De tal composición del subsuelo resulta la posibilidad de la existencia de varias napas de agua artesiana. Hasta hoy no se han hecho perforación ninguna para usar las aguas subterráneas de la llanura tan fértil de Jachal. Sólo una parte de la pampa de Jachal es cultivada, pero en todo caso la red de canales es bastante propagada para que con el sobrante del agua de riego se aumente el agua subterránea por infiltración y por consiguiente se agranda el río de Huaco. Este río corre ahora por dos cauces estrechos en cal siluriana, uno tras de otro, estando

(1) Stelzner: Beiträge. I, pág. 256.

(2) Del Arca: Aguas minerales. Pág. 346.

en el medio el Vallecito formado por erosión en los estratos calchaqueños y los estratos de Paganzo. Aguas abajo de las fuentes termales de Agua Hedionda se ha proyectado un dique de embalse para aumentar la irrigación en la región de Huaco.

Gualilán. — Cuencas en la sierra completamente o casi completamente cerradas y por las cuales no corren ríos, como el valle de Matagusano, Niquivil o la Pampa de Jachal no dan, naturalmente, tanta esperanza de dar agua subterránea sino median circunstancias especiales. Esto es lo que sucede con una parte del valle de Gualilán. Entre el cerro Sapo y los peñascos de Gualilán se encuentra una depresión ancha pareja, rellena por loes y depósitos arcillosos. Al pie de los peñascos de caliza siluriana brotan en Ciénaga de Gualilán, fuertes manantiales. El área de infiltración es la Sierra de la Invernada. También hay un pequeño manantial entre la Ciénaga de Gualilán y la mina de oro situada 15 kilómetros más al norte en la falda oriental de uno de los peñascos calcáreos. Al oeste de Gualilán sólo conocemos un pequeño manantial en la pendiente de la sierra de la Invernada. Ahora existen en el sinclinal de Gualilán, muy espesas vetas de dacita hornbledífera que estancan el agua que corre en las calizas silurianas resquebrajadas. Pero aquí no se pueden formar manantiales de estanque, porque el núcleo del sinclinal está formado por pizarras arcillosas. Así el agua será conducida en la veta estancante de dacita al sud, donde la cal siluriana no es más cruzada por la veta (véase fig. 5.^a y b). A causa de esto y estando

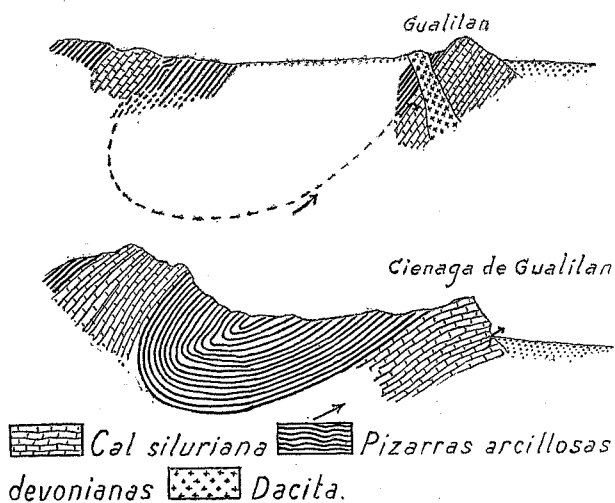


Fig. 5.

bajo presión hidrostática el agua surge, se estanca en los depósitos arcillosos apoyados y nace en el punto más hondo. Probablemente se podría aumentar mucho el caudal del agua haciendo zanjas estrechas en la cal bajo el nivel del rellnamiento del valle, particularmente porque también la cal, al este de la dacita, contiene

un poco de agua, como lo demuestran las minas de Gualilán y el pequeño manantial entre este punto y Ciénaga. Por medio de tal aprovechamiento del agua unido a una irrigación regular se podría regar y cultivar la mayor parte de este suelo. Hoy el agua corre donde quiere formando ciénagas.

Quiero todavía mencionar el interesante dato consignado por Bodenbender de que los manantiales de la Ciénaga de Gualilán desaparecieron durante seis días a causa del gran terremoto del 27 de Octubre de 1894 (1).

RESUMEN

Si consideramos todavía brevemente las relaciones del agua subterránea al pie de la cordillera sanjuanina y mendocina notamos entonces los resultados siguientes: el principal acarreo de agua subterránea proviene de las sierras, las precipitaciones de la llanura sólo ejercen una pequeña influencia sobre el régimen del agua subterránea. La entrada del agua cordillerana en el suelo de la pampa adyacente se verifica sea por infiltración inmediata de los conos de deyección, al pie de las sierras, sea por infiltración de los ríos y arroyos en el terreno de acarreo, que transforman así de corriente superficial en corriente subterránea o en fin sea por la bajada de las aguas en las mismas rocas de la margen de la sierra por medio de grietas, hendiduras o capas permeables, de donde pasan entonces a los depósitos modernos al pie de la sierra como manantiales subterráneos, extendiéndose en este punto. Las napas de agua más hondas, están, casi todas, bajo presión hidrostática, más o menos grande y parecen subir bastante hacia la línea de mayor depresión de las lagunas de Guanacache. Según las experiencias hechas hasta hoy se puede designar como zona más favorable, para la busca de agua artesiana, las regiones donde los depósitos gruesos de la región marginal pasan a los depósitos finos del centro de la cuenca, zona que coincide más o menos, con la línea del ferrocarril de Mendoza a San Juan, y desde allá al este. Pero el agua que se encuentra en estos puntos no siempre es potable y según los escasos resultados de las perforaciones hechas hasta ahora parece que, hacia la depresión más baja de la cuenca, haya principalmente agua salada. En muchas partes ha sido cortada, en la región al pie de la cordillera, una napa de agua freática. Se halla especialmente en la cuenca de la laguna de Guanacache, a menudo, bajo una capa arcillosa y debe ser, en muchas partes, fácilmente accesible (por ejemplo en Campo del Medio, alrededores de las lagunas, etc.). Las acumulaciones de acarreo en los valles merecen una atención especial para la provisión de agua a las estancias o poblaciones situadas al pie de la sierra, porque muchas veces llevan grandes cantidades de agua (por ejemplo las ciénagas de Chacrita, la pequeña llanura de El Salto etc.).

Hasta ahora no se ha hecho ningún uso de las aguas subterráneas para la irrigación de los campos y eso a pesar de la existencia de agua artesiana que, en ciertas partes, sale de las

(1) Bodenbender: Das argentinische Erdbeben.

bocas de las perforaciones, y de la napa de agua freática que existe a poca profundidad en una gran parte de la región aquí tratada. Sin embargo, no debe ser muy costoso sacar una cantidad de agua suficiente para el riego en pequeña escala por medio de instalaciones de bombas.

ANEXO

El anexo contiene varios análisis de aguas, superficiales y subterráneas que provienen de la región descripta y que he elegido de modo que se pueda formarse una idea de la composición química de las aguas. Los análisis 1, 3, 5-12 y 19-25 son extraídos del libro publicado por Pablo Lavenir y Enrique Herrero Ducloux, bajo el título: Contribución al estudio de las aguas superficiales y subterráneas de la República Argentina y que forma parte de los Anales del Ministerio de Agricultura (Sección Química Tomo II N.º 1). En este libro se encontrarán otros análisis sobre las aguas de la región tratada especialmente aguas de riego. Las muestras que han servido para efectuar los análisis 2, 4, 13-18, 31 y 32 han sido recogidas por el que suscribe y estudiadas en la Sección Química de la División de Agricultura, de donde provienen las notas adjuntas. Los análisis 26-30 han sido hechos por el doctor Kyle y publicados en los Anales de la Sociedad Científica Argentina en el año 1897.

	1. R. Tunas ‰	2. Arroyo Barraquero ‰	3. Arroyo Claro ‰	4. Arroyo Chupa- sangra ‰
Color.....	incolora	incolora	incolora	incolora
Aspecto.....	muy tur.	transpa.	lig. tur.	lig. tur.
Reacción.....	lig. alc.	alcalina	fuerte al.	alcalina
Densidad á 15° (= á 0°).....	—	—	—	—
Dureza total.....	11°5	6°82	47° 1/2	—
» permanente.....	7°5	—	43° 1/2	—
Materia en suspensión { Orgánica... ..	—	0.0060	—	0.0040
{ Inorgánica... ..	—	0.0100	—	0.0040
{ Total.....	0	0.0160	0.0188	0.0080
Residuo á 100°-105°.....	0.1696	—	0.9920	0.4390
» » 180°.....	0.1608	—	0.8928	0.4940
» al rojo.....	0.1184	—	0.8208	0.3760
Alcalinidad en H ² SO ⁴	0.0588	0.0588	0.1176	0.0392
Mat. Org. en 0 (Sol. alc.).....	0.0006	0.0013	0.0008	—
» » » (Sal. alc.).....	—	0.0018	—	—
Acido Sulfúrico en SO ³	0.0350	m. poco	0.3495	0.1920
» Clorhídrico en Cl.....	0	» »	0.0850	0
» Nítrico NO ³ H.....	0.0051	0.0003	0.0018	0.0006
» Nitroso NO ² H.....	0	0	0	0
» Sulfhídrico (SH ²).....	0	0	0	0
» Carbónico (CO ²).....	0.0264	0.0264	0.0528	0.0176
Sílice (SiO ²).....	—	m. poco	—	0.0240
Cal (CaO).....	0.0365	» »	0.0620	0.0616
Magnesio (Mg.O).....	0.0120	» »	0.0260	0.0204
Amoníaco.....	0	V	0	0.0001
Hierro y alúmina (Fe ² O ³ , Al ² O ³)...	—	m. poco	—	0.0080
Acido nítrico (NO ³ K).....	0.0085	—	0.0030	—
» Clorhídrico (Cl.Na).....	0.1300	—	0.1450	—

	26	27	28	29	30
	Jocolí	Jocolí	Ramblon	Retamito	Gualilau (19 m.)
En 100.000 partes de agua					
Materias salinas por litro.....	3.316	3.740	1.890	1.484	2.660
Grado hidrométrico.....		185°	34°2	26°4	74°
Oxido de calcio.....	85,9	84,4	14,8	8,2	35,2
» de magnesio.....	13,1	15,1	2,8	5,2	5,6
» de sodio.....	38,9	61,8	69,2	55,8	81,1
Cloro.....	29,8	50,1	16,0	21,6	74,5
Anhidrido sulfúrico.....	168,5	163,6	80,0	52,6	67,9
» carbón, combinado.....	—	5,9	10,2	9,7	7,9
» » libre.....	=	5,9		10,1	
Sílice.....					
Anhidrido nítrico.....					
Composición de las materias salinas en solución en 1000 cm ³					
Carbonato de calcio.....	—	0.090	0.218	0.088	0.039
» de magnesio.....	—	=	—	—	—
» de sodio.....	=	=	—	—	—
Sulfato de calcio.....	2.088	1.928	0.063	0.084	0.801
» de magnesio.....	=	—	—	—	—
Cloruro de magnesio.....	0.312	0.359	0.055		
» de sodio.....	0.107	0.434	0.194	0.357	1.228
Sulfato de sodio.....	0.809	0.899	1.351	0.844	0.369
Nitrato de sodio.....	—	—	—	—	—
Silicato de sodio.....	—	—	—	—	—
Sílice.....	—	—	—	—	—

	31. Tosca	32. Travertina
	Barcala	Qu del Durazo Cacheuta) (C)
Calcio (CaO).....	% 2.23	54.35
Sílice (SiO ²).....	» 64.40	—
Hierro y alúmina (Fe ² O ³ , Al ² O ³).....	» 21.40	1.25
Acido carbónico (Go ²).....	» 1.75	42.72
» fosfórico (Oh ² O ⁵).....	» 0.15	—
Magnesio (MgO).....	» 0.50	—
Sodio en Na Cl.....	» 0.55	—
Agua.....	» 6.80	—
Humedad.....	» —	1.20
Residuo insoluble.....	» —	0.40
No dosado y pérdidas.....	» —	0.08
	» 100.00	100.00

OBSERVACIONES A LOS ANALISIS

Anál. 2. — El análisis es demasiado incompleto, debido a la escasez de la muestra, para poder decir si esta agua es potable o no y si es adecuada para el riego y la alimentación de las calderas. Parece, sin embargo, poco cargada de sustancias minerales y es probablemente adaptable para los fines apuntados.

Anál. 4. — Contiene un exceso de sustancias minerales en solución y entre las cuales predominan el sulfato de sodio 1.154, el cloruro de sodio 0.255; presenta también una reacción fuertemente alcalina debido a la presencia de bicarbonato de sodio. No se puede recomendar para el consumo del hombre; no es apta para el riego; puede servir para la alimentación de las calderas de vapor.

Anál. 14. — Agua muy alcalina que contiene una proporción elevada de bicarbonato de sodio que se puede avaluar a 11 gramos 35 calculado en carbonato neutro por litro. Además se nota la presencia de 3 gramos 50 de cloruro de sodio por litro así como bicarbonato de calcio y de magnesio. Es inapta para el consumo, no sirve para el riego, pero puede utilizarse para las calderas a vapor.

Anál. 15. — Agua alcalina, reacción debida a la presencia de bicarbonato de calcio y magnesio. No es apta para el consumo del hombre; no sirve para el riego, pero puede utilizarse en las calderas a vapor.

Anál. 16. — Contiene pocas sustancias minerales en solución, es apta para el consumo, el riego y la alimentación de las calderas.

Anál. 17. — Algo cargada de sustancias minerales en solución en las que predominan el sulfato de calcio 1.30 por litro, el sulfato de sodio 0.211 y el cloruro de sodio 0.161. Esta agua es inapta para el consumo; tampoco se puede recomendar para el riego y para la alimentación de las calderas.

Anál. 18. — Agua alcalina, reacción debida a la presencia de una pequeña cantidad de bicarbonato de sodio, contiene sobre todo sulfato de calcio y cloruro de sodio. No es apta para el consumo, es poco adecuada para el riego y para la alimentación de las calderas porque es incrustante.

PERFILES DE PERFORACIONES

Borbollón I.

- 0,00 — 1,00 m. arena, piedritas y loes.
- 2,50 » arena, pocas piedritas, pero mucho loes.
- 3,50 » cantos rodados finos y cascajos, endurecidos.
- 5,00 » capa de tosca muy dura, muy calcárea.
- 11,50 » arena muy fina con mucho loes hasta loes con arena fina.
- 20,00 » arena muy fina con mucho loes.
- 35,55 » arena feldespática bastante gruesa.
- 35,70 » arena feldespática gruesa.
- 45,75 » cascajo fino; los fragmentos alcanzan hasta 5 mm de diámetro y se componen esencialmente de egrauvaca y pórfido cuarcífero.

Borbollón II.

- 0,00 — 2,50 m. arena y piedritas.
- 11,60 » loes arenoso.
- 21,00 » arena muy fina con mucho loes.
- 30,00 » loes arenoso.
- 37,00 » arena muy fina.
- 40,20 » arena feldespática de grano mediano.
- 44,10 » arena feldespática más gruesa.
- 53,00 » loes.
- 58,00 » arena feldespática con loes.
- 89,00 » arena muy fina con loes.
- 94,55 » arena feldespática de grano fino hasta mediano.

Camino de los Algarrobos I.

- 0,00 — 0,50 m. loes arenoso.
- 3,00 » loes con arena muy fina.
- 5,18 » pedregullo.
- 15,50 » loes.
- 18,50 » arena muy fina con loes.
- 25,70 » arena con loes, algo más gruesa.
- 36,00 » loes.
- 59,00 » arena muy fina.
- 68,00 » loes.
- 80,00 » arena muy fina.
- 95,00 » tosca dura muy calcárea.
- 107,85 m marga arcillosa (Fonmergel).
- 130,00 » arena feldespática gruesa.

Camino de los Algarrobos II.

- 0,00 — 10,00 m arena muy gruesa gris.
- 14,70 » arena feldespática gris amarillenta de grano fino.
- 27,50 » arena muy gruesa gris.
- 41,00 » loes muy arcillosos, muy calcáreo (greda).
- 49,60 » arena gris-amarillenta muy fina.
- 63,00 » arena feldespática grs micácea de grano mediano.
- 65,00 » cascajo fino arenoso gris.
- 75,00 » arena amarillenta fina conteniendo loes.
- 100,00 » arena feldespática gris de grano mediano.
- 115,00 » loes calcáreo.
- 150,00 » loes muy arenosos (Löss sand) gris claro.
- 167,50 » marga algo arenosa fina gris clara.
- 200,00 » arena feldespática amarillenta de grano mediano.
- 204,00 » loes mul calcáreo, muy arcilloso (greda).
- 250,00 » arena feldespática gris de grano mediano.
- 259,00 » arena muy fina gris-amarillenta conteniendo loes.
- 272,00 » marga parduzca.
- 285,00 » arena fina gris-amarillenta conteniendo loes, algo endurecido.
- 325,00 » arena muy fina gris-amarillenta conteniendo loes.
- 329,00 » arena muy fina margosa.

Alto Grande, Panquehua.

- 0,00 — 20,00 m. arena.
- 105,00 » arena muy gruesa con numerosos fragmentos de cal siluriana.
- 228,00 » arena finísima conteniendo loes.
- 244,00 » cantos rodados gruesos.

Los Cerrillos.

- 0,00 — 3,05 m. terreno de acarreo.
- 30,05 » ripio.
- 50,00 » arena fina amarillenta, bastante firme.
- 55,00 » arena muy gruesa obscura.
- 60,40 » arena gruesa obscura.
- 100,00 » arena muy gruesa obscura.

Ramblón ¹⁾.

- 0,00 — 6,50 m. arcilla con arena.
- 9,75 » cascajo.
- 13,00 » arcilla con arena y capitas de arena pura.
- 15,00 » pedregullo.

(1) El perfil de esta perforación me ha sido comunicado por la administración del Ferrocarril del Pacífico, Sección Cuyo; no he podido ver las muestras de tierra.

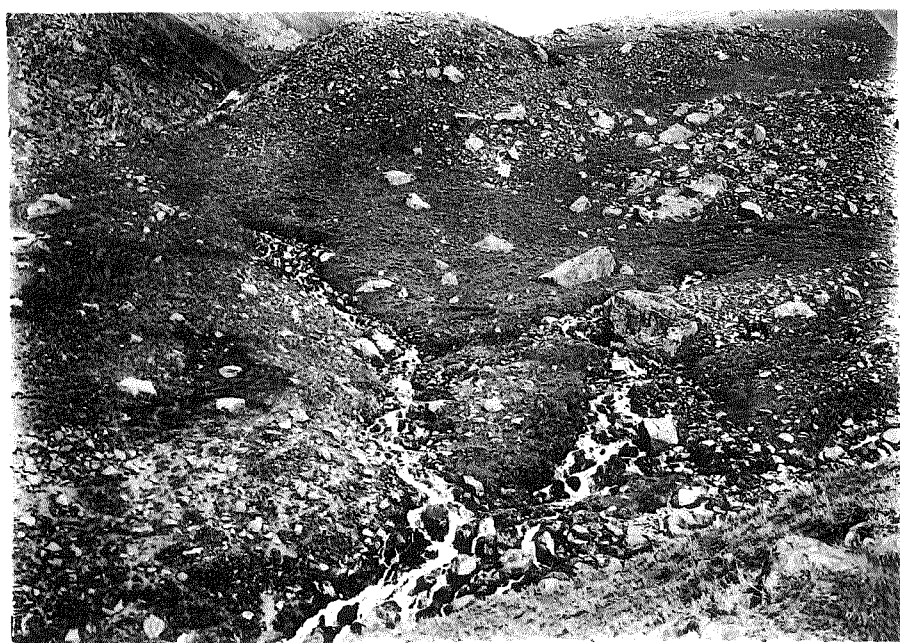
- 15,00 — 17,50 » arcilla con arena.
 - 25,00 » arcilla plástica.
 - 31,90 » arcilla con arena.
 - 34,00 » cascajo algo grueso.
 - 38,20 » arcilla con arena.
 - 40,00 » cascajo algo grueso.
 - 42,50 » arcilla.
 - 44,00 » arena con agua salada.
 - 48,50 » arcilla con capitas de piedras.
 - 51,00 » pedregullo.
 - 51,80 » arcilla.
 - 53,20 » cascajo fino.
 - 55,00 » » grueso.
 - 62,50 » arcilla.
 - 68,00 » arena gruesa.
 - 72,00 » arcilla.
 - 72,50 » « piedra dura » (tosca ?).
 - 78,00 » arcilla.
-

Indice

	Páginas
I.—Introducción.....	5
II.—El agua subterránea al pie de la cordillera mendocina y sanjuanina.....	5
1.—Generalidades.....	5
A.—Clima.....	5
B.—Vegetación.....	7
C.—Topografía.....	8
D.—Hidrografía.....	9
E.—Geología.....	10
F.—Los depósitos sueltos importantes para la circulación del agua subterránea.....	11
a.—Desmoronamiento.....	11
b.—Depósitos glaciales.....	12
c.—Depósitos fluviales y eólicos.....	12
G.—Origen de las aguas subterráneas.....	13
2.—Descripciones regionales.....	14
A.—La región al sud del río de las Tunas.....	14
B.—El cono de deyección de Tupungato y su área de infiltración.....	17
C.—La región del Carrizal.....	19
D.—La región del Río Blanco.....	19
E.—El anfiteatro de Cacheuta.....	21
F.—La zona fracturada de Mendoza.....	29
G.—El cono de deyección de Mendoza.....	33
H.—La falda de la Precordillera y las partes vecinas de la llanura pampeana.....	37
a.—Alrededores de Borbollón.....	37
b.—Región de Salagasta.....	39
c.—Región entre Jocolí y San Juan.....	41
d.—Región de Angaco. Sales.....	44
e.—Lagunas de Guanacache. Tosca.....	49
f.—Travesía de Moquina, Mantiales sulfurosos. Vetas de Azufre.....	54
g.—Valle de Matagusanó.....	58
h.—Región de Jachal.....	58
i.—Gualilán.....	60
III.—Resumen.....	61



Fig. 1. Loes arenoso cerca de Tupungato, formando paredes verticales



Werner & Winter, Francfort 5/M.

Fig. 2. Dos de los manantiales del Rio Blanco. (El agua brota de las antiguas morenas de la Quebrada del Rincon de los Vallecitos)

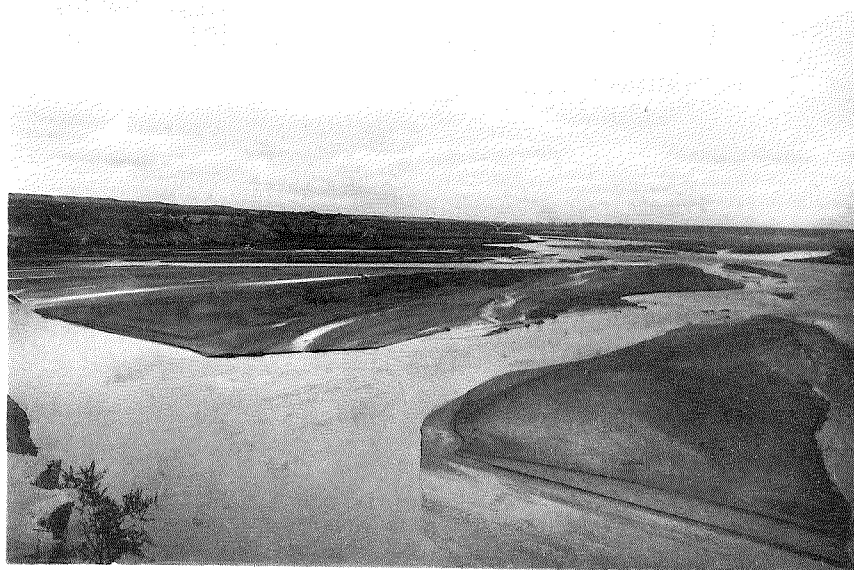
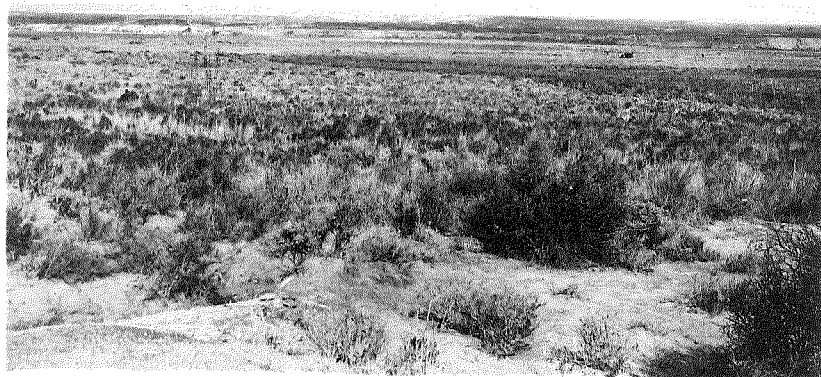


Fig. 1. Acumulaciones de arena en el lecho del Rio Tunuyán, aguas arriba de Carrizal



Werner & Winter, Frankfurt 3/M.

Fig. 2. Paisaje de terrados bajos (arcilla y arena) en la orilla del Rio Tunuyán, enfrente de Carrizal



Fig. 1. La cuenca de las Lagunas de Guanacache. El suelo que se vá secando, se divide en pedazos poligonales



Werner & Winter, Frankfurt 5/A.

Fig. 2. Paisaje típico de la cuenca de las Lagunas de Guanacache. Escasa vegetación, terreno salitroso pequenos médanos y grietas de disecación

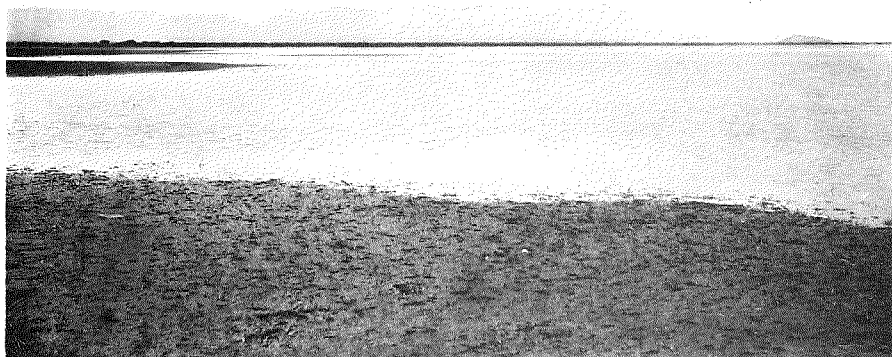


Fig. 1. La Laguna del Portezuelo. En el fondo la cadena oriental de la Precordillera (C. de Pocito). El C. de Valdivia á la derecha



Werner & Winter, Frankfurt 3/M.

Fig. 2. Laguna del Portezuelo. Plantas halófilas en la orilla de la Laguna

Lam. V



Werner & Winter, Frankfurt 3/M.

Sitio favorable para la construcción de un dique de embalse en el Arroyo Santa Clara. Dep. Tupungato.
Provincia de Mendoza

