

LA CONSTRUCCIÓN DE UN CANAL

DE BAHÍA BLANCA Á LAS PROVINCIAS ANDINAS, BAJO EL PUNTO
DE VISTA HIDROGEOLÓGICO

POR EL DOCTOR SANTIAGO ROTH

Á primera vista, el proyecto de unir las provincias andinas por medio de un canal con el puerto de Bahía Blanca, parece una utopía. Sin embargo, las condiciones naturales se presentan aquí más favorables que para el proyectado canal de Rosario á Córdoba, porque se podría llevarlo por un antiguo curso de río.

En el tiempo del litigio de límites con Chile, cuando tenía el encargo de estudiar las causas que motivaron el desvío del *divortium aquarum* continental, observé que todavía en tiempos postglaciales la cordillera de los Andes en el noroeste de la república, tenía su desagüe por un caudaloso río al Atlántico en Bahía Blanca, y que hoy estas aguas circulan subterráneamente. Ocupado más tarde en estudios de las aguas subterráneas de la formación pampeana me convencí que éstas pueden ser utilizadas para la alimentación de canales en regiones que carecen de corrientes superficiales.

En el año 1905, tenía el encargo de estudiar las condiciones de las aguas subterráneas en la región de Mar Chiquita, en Junín. Convencido que el proyectado embalse de las aguas de lluvia de estas lagunas, con que se quería alimentar el Canal del Norte, no iba á dar el resultado esperado, traté de demostrar que existe la posibilidad de proveer á éste con agua surgente. Las investigaciones detenidas, demostraron pues, que había existido aquí antes un gran estero ¹, que tenía una extensión ma-

¹ Según el diccionario de la Academia el nombre « Estero » deriva de la palabra latina *Estuarium*. En la República Argentina aquella palabra se emplea para parajes donde los ríos se transforman en bañados con lagunas é islas y no corren por un cauce. Yo la emplearé en este sentido. Estos parajes tienen mucha analogía con los estuarios, si bien no están en comunicación con el mar.

yor que el estero Patiño del Pilcomayo en el Chaco. En este estero desembocó en un tiempo el río Cuarto.

Este antiguo estero forma hoy un sistema de cañadas, que se ramifica en distintas direcciones. Durante gran parte del año, estas cañadas están secas y solamente en épocas lluviosas corre agua en algunas de ellas.

Una de las ramas principales atraviesa el partido de General Arenales, bifurcándose en ramas laterales. Aquí he hecho numerosas perforaciones, de las cuales resultó, que debajo de un banco de una especie de arenisca calcárea, de medio metro á uno de espesor, el subsuelo se compone de arena fluída fangosa, en la cual el agua circula con bastante fuerza, hallándose á menos de un metro bajo la superficie de la tierra y surgiendo en muchas partes en una altura de 80 á 86 metros sobre el nivel del mar (véase perfil I pl. II). Para ser navegable el Canal del Norte, el agua debe llegar en la primera trama á la cota de 75 metros, de manera que el agua surgente del partido General Arenales puede ser utilizada perfectamente bien para su alimentación. La objeción, que el agua de estas cañadas no es permanente y se agotaría, es infundada.

Aquí no se trata solamente de agua que proviene de las lluvias locales, sino también del agua del río Cuarto que circula subterráneamente, y está bien demostrado que es permanente. Todos los ríos y arroyos de la provincia de Buenos Aires que están alimentados por agua surgente de la misma naturaleza, como el arroyo del Medio, los ríos Arrecifes, Areco, Luján, etc., son de agua permanente y nunca se ha secado ninguno de éstos, ni en los tiempos más secos. Más serio que el problema de la provisión de agua es el de la permeabilidad del terreno entre Junín y Salto; pero no entro aquí en mayores detalles; la comisión nombrada el año pasado para practicar estudios suplementarios ha confirmado todas mis observaciones hechas á este respecto.

Las llanuras argentinas forman en su conjunto un inmenso sumidero del desagüe de las cordilleras y de las aguas pluviales. Los depósitos sedimentarios están saturados de agua de tal manera, que el nivel del agua subterránea llega en algunas partes casi hasta la superficie de la tierra. Demás es decir, que para explotar racionalmente esta riqueza de agua hay que darse cuenta de su procedencia y de las condiciones en las cuales se encuentra en el subsuelo.

Respecto á la influencia que tienen las aguas pluviales, se sabe, que el nivel de los pozos es más alto en los años lluviosos que en los tiempos secos; pero se observa también, que el agua de los pozos sube sin que en la respectiva localidad caigan lluvias y baja á pesar de lluvias locales. En ciertas regiones baja el agua en los pozos, cuando reina viento norte y vuelve al nivel normal, cambiando el viento. Es de sentir, que sobre este fenómeno no existan datos que se basen en mediciones exactas, como se hacen ahora en los ríos de la república. Yo había iniciado la medición

de una serie de pozos en distintas líneas del ferrocarril; pero cuando dejé el trabajo en el mapa hidrogeológico de la provincia de Buenos Aires, no se ha vuelto á medir.

No hay duda que aquí también las precipitaciones subterráneas desempeñan un gran papel respecto á las aguas que circulan en el subsuelo. Sabemos que todo cambio de temperatura produce sobre el aire cargado de vapor de agua que circula subterráneamente, el mismo efecto que en la superficie de la tierra. El señor Koenig cree que las precipitaciones subterráneas tienen sobre las aguas subterráneas, mayor influencia que las lluvias atmosféricas. Á este respecto, no se ha hecho estudio alguno en nuestro territorio.

En cuanto á las corrientes de agua de las sierras que infiltran al subsuelo se observan en la República Argentina fenómenos como no se ven en otras partes.

Para que el que no es geólogo pueda formarse una idea de las condiciones en que se hallan las aguas subterráneas en la llanura argentina, citaré algunos párrafos del curso de geología que dicté á los estudiantes de geografía en la Universidad de La Plata, referente al terreno cuaternario y de informes no publicados que se relacionan con la hidrogeología de la república.

En los terrenos cuaternarios predominan más que en los terciarios los sedimentos sueltos.

Los depósitos marinos cuaternarios están en toda parte limitados á las costas actuales y son de poca importancia, lo que demuestra, que la distribución de los mares y de la tierra firme no ha cambiado casi nada desde entonces. En cambio, se encuentran depósitos terrestres en todas las regiones de la tierra firme. Lo característico son las enormes masas de sedimentos de origen glacial, que cubren grandes zonas. Por eso se ha designado este período con el nombre « tiempo glacial ». Este acontecimiento es único en la historia de la tierra; todo lo que se ha escrito de depósitos de aspecto glacial y todo lo que se dice respecto de periodicidad de tiempos glaciales en distintas eras geológicas, no está suficientemente comprobado. En cambio, parece que en el período cuaternario ha habido entre épocas de más intensidad de frío, intervalos de climas más calurosos que los actuales.

Muchos geólogos, que se dedican especialmente al estudio de estos fenómenos, reconocen cuatro ó cinco épocas glaciales, separadas por intervalos interglaciales, y así hablan de tiempos glaciales é interglaciales. *En Patagonia se pueden distinguir por lo menos dos épocas glaciales*, que se distinguen perfectamente bien por la consistencia que presentan los depósitos de *moraines*. Las capas del primer tiempo glacial consisten en toda clase de detritus cimentados que forman un congló-

merado, parecido á una argamasa compacta, mientras que los depósitos del segundo tiempo forman sedimentos sueltos, como si fueran de *moraines* recientes. Las primeras *moraines* se depositaron en la precordillera al fin del plioceno. Los grandes lagos estaban helados y los ventisqueros transportaron el detritus á la región tabular. Después hubo un período de denudación, libre de hielo, en que se depositaron capas lacustres y fluviales. Luego volvió á cubrirse toda la región con hielo, y entonces se depositaron las capas de la segunda época glacial. Entre uno y otro de estos períodos hubo en esta región movimientos orogénicos. Las antiguas *moraines* se encuentran á veces en posición perturbada, y las del segundo tiempo están depositadas en discordancia contra las primeras que se encuentran en un nivel más alto. Muchos geólogos sostienen la unidad de la época glacial y explican los tiempos interglaciales por el avance y el retroceso periódico de los ventisqueros, como se observa en los actuales, que avanzan y se retiran, sin que se pueda constatar un notable cambio en la temperatura general. Pero todos los fenómenos que se observan en los depósitos cuaternarios, indican enormes cambios climatológicos, como no los hubo en otros períodos geológicos. Períodos de frío intenso se intercambiaban con otros de un clima como el actual; y hubo temporadas de mayor calor aún que el de ahora. Esto está demostrado por los repetidos cambios de la fauna y la flora en una misma localidad. Los efectos visibles de los períodos de frío se manifiestan en el avance de los ventisqueros de sus centros de desarrollo hacia los valles y las llanuras. En estos depósitos se encuentra una fauna y flora de carácter ártico, ó como las que se encuentran en grandes alturas, mientras que los depósitos interglaciales, de Alemania, por ejemplo, conservan una fauna y flora, como las que se encuentran solamente en regiones meridionales.

Mucho se ha discutido antes sobre la cuestión de saber si el período glacial se extendía contemporáneamente sobre los dos hemisferios. El profesor Koken, uno de los geólogos que se ocupa mucho de los fenómenos glaciales, ha escrito en el año 1893, en su libro *Die Vorwelt* que los fenómenos glaciales estaban limitados al hemisferio norte. En este tiempo se conocían en la República Argentina solamente los depósitos de los rodados patagónicos, de los cuales se dudaba que fuesen de origen glacial. Como se trata de materiales depositados por ríos, las capas presentan el mismo carácter, teniendo los ríos su origen en ventisqueros ó en montañas desprovistas de hielo. El doctor Moreno sostuvo siempre que en Patagonia existen depósitos glaciales, que corresponden al tiempo cuaternario. Esta afirmación ha sido muy combatida por algunos autores, que se ocuparon de la geología de Patagonia. Es cierto que el doctor Doering ha llamado los rodados patagónicos también rodados fluvio-glaciales, pero él no había visto las *moraines* cuaternarias, y siem-

pre existía la duda, si realmente había habido aquí una época glacial.

Los datos del doctor Moreno, sobre la existencia de *moraines* cuaternarias han sido confirmados plenamente por todos los geólogos del Museo de La Plata, que en el tiempo de la cuestión de límites con Chile tenían el encargo de practicar estudios geológicos en la cordillera patagónica. Hoy ningún geólogo que haya viajado en Patagonia pone en duda la época glacial en la República Argentina, pero parece que el frío era menos intenso que en el hemisferio norte. Las *moraines* están limitadas á la cordillera y la precordillera y en el norte se hallan solamente en grandes alturas. En Mendoza los ventisqueros no bajaron nunca á 2500 metros. Los efectos del tiempo glacial en las regiones montañosas se pueden reconocer por las formas de las peñas, aun en el caso que las *moraines* hayan desaparecido por la erosión.

En cambio, todo lo que se ha escrito sobre la existencia de *moraines* en la llanura pampeana resulta de la falta de conocimientos en cuanto á los fenómenos glaciales. Los efectos del tiempo glacial se notan solamente hasta el río Colorado.

Á todos los viajeros que atravesaron la Patagonia, les llamó la atención la manta de rodados patagónicos que principia en el río Colorado y se extiende muy uniforme sobre toda la región tabular. Algunos autores dicen, que no podían depositarse en esta forma si la región no se hallaba bajo el agua del mar, pero todos los hechos que se observan, hablan en contra de esta opinión. En el interior no se encuentran en ninguna parte vestigios marinos, y no cabe la menor duda que los rodados patagónicos son de origen fluvio-glacial, como lo he manifestado ya repetidas veces.

En el tiempo cuaternario existían todavía enormes lagos en la cordillera y la precordillera, y hubo períodos en que esta región se hallaba bajo una espesa manta de hielo. Los ventisqueros que se apartaron de la cordillera central, llenaron los valles y cuencas con hielo, extendiéndose algunos hasta sobre las planicies. Los cursos que tenían estos antiguos glaciares, están bien marcados por las *moraines* y los bloques erráticos. En la región del lago Buenos Aires hubo un ventisquero, que por su extensión se puede comparar con los más grandes que existían en Suiza. Este salió completamente afuera de la cordillera, como lo demuestran los bloques erráticos que se encuentran en la planicie entre el río Guenguel y el río Deseado. Otro gran ventisquero, el del lago La Paz, estaba unido en el río Corcovado con el que se encontraba en la depresión de la colonia 16 de Octubre; éstos se ramificaban en distintos brazos, llegando también hasta la región tabular. Del espesor del hielo se puede formar una idea, teniendo en cuenta las altas peñas enterradas en el hielo. En el lago Nahuel-Huapí, cerca de Puerto Blest, hay tres peñas llamadas Los tres hermanos, que se elevan á

unos 500 metros sobre el lago. Estos presentan las formas características de las rocas trabajadas por el hielo, conocidas en los Alpes por el nombre *Les roches moutonnées*. Sabido es que el hielo no forma una masa inmóvil, sino que corre lentamente. Así los ventisqueros transportaron el detritus de la cordillera á las planicies. De aquí los torrentes, ríos y arroyos que salieron de los ventisqueros llevaron el material sobre la región tabular hasta la costa del mar.

Mirando un mapa de Patagonia, se ve que la región tabular está cruzada por numerosos cañadones que se ramifican en todas direcciones. Si éstos hubieran existido ya en el tiempo glacial, se habrían llenado de rodados. Se observa que la capa de rodados fluvio-glaciales que se halla en una meseta á un lado de un cañadón, continúa en el otro lado en la misma altura, lo que demuestra que los cañadones se formaron después de haberse depositado ya los rodados patagónicos.

En estos cañadones que forman cortes naturales á través de las capas sedimentarias, se puede ver que los ríos y arroyos que depositaron estos rodados, no corrían por lechos encajonados, y que cambiaban continuamente de curso. Todavía en la actualidad se puede observar cómo los ríos de esa región desparraman el material sobre las planicies. El río Senguerr corre en su curso superior á la altura de la meseta; en los tiempos de crecientes desborda y se divide en numerosos pequeños brazos que desparraman el material sobre la planicie. Yo he atravesado una vez en el tiempo de derretirse la nieve en la cordillera, la meseta situada entre el río Senguerr y el arroyo Appeleg. La zona sobre que se extendía entonces el río, tenía más de quince leguas de ancho. El tránsito por esta región se hacía con mucha dificultad á causa de las numerosas zanjas que era necesario atravesar; en éstas el agua corría con gran velocidad, depositando detritus en todas partes. En esta forma se puede explicar la diseminación uniforme de los rodados patagónicos en la región tabular de Patagonia.

Al fin del período glacial hubo un levantamiento general de la costa de Patagonia; entonces los ríos y arroyos que antes corrían en todas las direcciones por las planicies, comenzaron á cavar cauces que, á medida de levantarse el terreno, se profundizaron cada vez más, formando con el tiempo los actuales cañadones.

En la mayor parte de ellos no corre hoy agua, porque los ríos se pierden al salir de la cordillera infiltrándose el agua en el subsuelo. El hecho que los cañadones y algunos de los actuales valles son de origen post-glacial tiene mucha importancia para la interpretación de los fenómenos hidrológicos que se observan hoy en Patagonia. Seguramente el último levantamiento de la costa atlántica fué uno de los motivos de que ríos que tienen su origen en las planicies de la precordillera, desaguan hoy en el Pacífico. No hay duda que el desvío del *divortium aquarum* tuvo

lugar en la región de la cordillera de Patagonia en el tiempo postglacial. En el curso del año pasado he explicado la manera cómo se abrieron las angostas quebradas á través de la cordillera central, por donde corren actualmente los ríos que desaguan en el Pacífico.

Se opina que las cuencas de los lagos de Patagonia, como los canales en la Tierra del Fuego y en la costa del Pacífico, fueron cavados por el hielo. Hay una teoría muy complicada sobre el origen de los fjords en el hemisferio norte que explica, cómo el hielo abrió estos angostos canales en la roca granítica; pero los geólogos suecos han demostrado últimamente que éstos no son de origen glacial. Tampoco las mencionadas cuencas y canales de la Patagonia están cavados por el hielo; ellos han existido ya antes del tiempo glacial. Con esto no quiero decir que la acción del hielo no haya influido en la construcción de la actual forma de los lagos. No hay duda alguna, que en la modelación del relieve de la región andina de Patagonia los acontecimientos glaciales tuvieron gran participación.

En cuanto á la desaparición de ríos en la Patagonia, esta no es un fenómeno local. Todos los arroyos y ríos menores que nacen en las regiones montañosas de Patagonia y no desaguan en un gran río, pierden su corriente superficial al recorrer un trecho más ó menos largo en la llanura. Si bien en cada localidad contribuyen circunstancias especiales, la causa principal consiste en un fenómeno general.

No hay duda que el principal motivo es el clima excesivamente seco que reina en esta región de la República Argentina. En las provincias de Buenos Aires, Entre Ríos, Santa Fe, etc., donde llueve con más regularidad, todos los pequeños arroyos y ríos que nacen y corren en las llanuras, tienen corrientes superficiales. En la Patagonia, cuando después del tiempo glacial reinaba todavía un clima húmedo, los ríos desaguaban superficialmente en el mar, lo que está demostrado por los numerosos valles y cañadones que se han abierto después del tiempo glacial. Luego que comenzó á predominar el actual clima seco, los ríos se perdían. Los ríos que desaparecen en la llanura por la infiltración no salen de lagos, es decir, no tienen fuentes que los alimenten durante todo el año. Generalmente deben su origen á la nieve que se derrite en la cordillera, ó á manantiales, y, por esto, llevan poca agua durante cierta estación del año. Por ejemplo, el río Ñirehuao, el Cherque y el Putrachoique, que mientras dura el derretimiento de las nieves forman ríos bastante caudalosos, están casi secos en el resto del año, perdiéndose en una extensa pampa. En el tiempo glacial se unieron aquí varios glaciares que acumularon mucho detritus de la cordillera y hoy todavía, al entrar en la llanura, los ríos depositan el material que acarrear de las serranías, elevando de este modo cada vez más el suelo. Si por este paraje pasara un río poderoso, como lo es por ejemplo el Limay, que está per-

manentemente mantenido por un lago, este río hubiera cavado un cauce á través de los depósitos sedimentarios y lo tendría siempre abierto. En tal caso los ríos mencionados desaguarían en él. Pero como los ríos y arroyos que desembocan en esta pampa, se alimentan casi únicamente por la fusión de la nieve y en la mayor parte del año son poco caudalosos, no tienen el poder erosivo suficiente para abrirse un cauce. En la primavera, cuando se derrite la nieve, el agua se esparce en todas direcciones; habitantes de esta región me han dicho que el valle de Genua se transforma á veces en una inmensa laguna.

El río Ñirehuao que, en frente de Casa Contrera donde entra en la llanura, tiene todavía un cauce bien formado, con altas barrancas, se divide á medida que avanza en la pampa en pequeñas zanjas, donde el agua corre muy despacio y se infiltra por fin toda en el subsuelo.

Otro tanto sucede con los ríos Cherque y Putrachoique que forman el valle de Genua. Este valle que tiene más de una legua de ancho está seco durante la mayor parte del año. Como el subsuelo se compone de guijarros gruesos que facilitan mucho la circulación del agua, se forman aquí verdaderas corrientes subterráneas. En la parte superior del valle aparecen repentinamente, en hondas zanjas, fuertes corrientes que á poca distancia vuelven á perderse en el subsuelo ó en bañados.

Análogas condiciones se presentan también en el río Deseado. En el paraje llamado Sarasan, 50 leguas de la costa del mar, el río no tiene cauce; el agua corre por pequeñas zanjitas que se apartan de un hondo zanjón y se derraman más abajo en un bañado sin desagüe. El zanjón, que tiene cinco á diez metros de ancho y es tan hondo que no se puede cruzar á caballo, está alimentado por un arroyo que sale de un pequeño valle lateral. Pasando este arroyo, no hay agua en el valle hasta unas dos leguas más arriba, donde principian otra vez los pantanos y las lagunas, alimentadas por otro arroyo que sale de un valle lateral. El mismo fenómeno se observa cada vez que entra un nuevo afluente al valle. Unas quince leguas antes de llegar al lago Buenos Aires, entra al valle un río considerable que también se pierde en la forma descripta. Á este afluente llaman río Deseado, pero el valle principal tiene la dirección hacia el lago Buenos Aires y en su mayor parte no corre agua. Aproximadamente seis leguas más arriba de este afluente, hay un pequeño lago que ocupa casi todo el ancho del valle y que está alimentado por un arroyo, cuando pasé yo por esa región no tenía desagüe. La parte superior del valle forma una extensa llanura rodeada de colinas de *moraines* de la primera y segunda época glacial y se extiende desde el pequeño lago hasta el río Fénix. Por los sedimentos que afloran en las barrancas del río Fénix se ve que se trata de un antiguo fondo de lago, que hoy forma un *divortium aquarum* continental. El terreno es muy llano, casi sin declive por ningún lado. Los pequeños arroyos que

nacen en las *moraines* vecinas cruzan la planicie en todas las direcciones; se puede encontrar un arroyito que corre al Pacífico y á poca distancia hay otro, que corre en dirección al Atlántico. Aquí se hizo una sangría al río Fénix, de modo que una parte del agua corría por el valle del río Deseado y otra parte hacia el lago Buenos Aires.

Actualmente el nivel del lago Buenos Aires está unos 300 metros más bajo que el antiguo valle del río Deseado, sin embargo, todavía en tiempos postglaciales este lago desaguaba en el Atlántico por este paraje. En la época glacial se depositaron aquí enormes masas de detritus glacial. Después de retirarse los ventisqueros, el agua quedó represada adentro de la cordillera y hubo un tiempo en que el nivel del lago Buenos Aires se hallaba 400 metros más alto que ahora, lo que está demostrado por los depósitos lacustres postglaciales que existen en las faldas de las montañas que rodean el lago. El agua se abrió paso á través de las *moraines* y corría por el valle del río Deseado. Luego que se abrió la angosta garganta á través de la cordillera, por donde corre hoy el río Las Heras, comenzó á desaguar por el lado del Pacífico.

En esta forma muchos de los majestuosos lagos de la cordillera se han secado por completo. Hemos visto que la mayor parte de los numerosos cañadones que cruzan la región tabular de Patagonia, se han abierto después del tiempo glacial. La gran actividad erosiva de aquel tiempo, cesó cuando se secaron los lagos que alimentaron los ríos. Las llamadas pampas, que se hallan en la cordillera y precordillera, no son otra cosa que antiguos fondos de lagos (véase pl. I).

Muchas de estas pampas, que se encuentran en el lado este de la cordillera, forman hoy el *divortium aquarum* continental. Los ríos que nacen en las serranías vecinas dejan el material que acarrear en estas planicies, y la mayor parte del agua se infiltra en el subsuelo. En estos parajes los ríos generalmente no tienen cauces encajonados; en los tiempos de crecientes el agua se derrama en todas las direcciones, formando una especie de esteros que son los resumideros que alimentan los mantiales de la región tabular.

En el norte de la república las condiciones geológicas son distintas. En la llanura donde se pierden los ríos más importantes, faltan los depósitos glaciales, como ya se ha dicho. Hubo también en tiempos geológicos ¹, inmensos lagos que han desaparecido, pero aquí la desaparición de los ríos, al correr un trayecto más ó menos largo en la llanura pampeana, no está relacionada con la desaparición de los antiguos lagos. En Pata-

¹ La gran llanura Abra Pampa en la cordillera en el norte de la provincia de Jujuy, es un antiguo fondo de lago, como lo demuestran los depósitos lacustres que afloran en muchas partes. El lago de Cuayatayoc es el resto de este inmenso lago.

gonia los ríos de agua permanente, como ser el río Santa Cruz, río Chubut, río Negro, etc., corren por cauces bién formados, mientras que en la región norte de la República, con excepción del río Paraná y del río Tercero, ningún río de las serranías conserva un verdadero cauce bien definido en todo su trayecto por la llanura pampeana.

El río Pilcomayo, que nace en Bolivia, se divide en el Chaco en numerosos brazos y se pierde en grandes esteros, presentando el aspecto no ya de un río, sino de un delta. En estos esteros nacen nuevos brazos, que toman distintas direcciones y desembocan en el río Paraná.

Lo mismo sucede con el río Bermejo; éste, después de correr un corto trecho en la llanura, se ramifica en varios brazos que toman distintos rumbos, formando también numerosos esteros, en los cuales se forman nuevos ríos que se internan en distintas direcciones en el Chaco, perdiéndose algunos de ellos por completo.

El río Salado que recibe grandes afluentes de las serranías de Salta, solamente en los períodos de lluvia en el Chaco lleva agua por todo su trayecto; durante la mayor parte del año, su cauce está seco en una extensión de más de 600 kilómetros, porque las aguas del curso superior se pierden en el Chaco de la provincia de Santiago del Estero. Recién en el curso inferior vuelve á formarse un río de agua permanente, por las aguas que circulan subterráneamente.

En las sierras de Tucumán nacen numerosos ríos y arroyos, de los cuales muchos se pierden ya en los valles. La gran masa de agua de estas serranías, que forma el río Salí, que más abajo toma el nombre de río Dulce, se pierde por completo cerca de la provincia de Córdoba. También los ríos Primero y Segundo desaparecen y no llegan ni hasta Mar Chiquita. Esta gran laguna está alimentada por agua de filtración. El único río que conserva su cauce hasta desembocar en el río Paraná, es el río Tercero que toma en su curso inferior el nombre de Carcarañá. El río Cuarto forma un poco al este de la Carlota un gran estero, lleno de médanos y lagunas.

Aquí se observa el fenómeno, de que en tiempos de grandes lluvias en las sierras de Córdoba, el agua del río Cuarto corre por cañadones hasta cerca de Rufino; y cuando llueve mucho en este último paraje, el agua de lluvia corre por los mismos cañadones hacia el río Cuarto. También el río Quinto, que en Mercedes es todavía un río caudaloso, se pierde en unos bañados, al sur de La Cautiva.

De la cordillera de los Andes en el noroeste de la república, donde existen grandiosos ventisqueros, que dan origen á caudalosos ríos, no llega agua ninguna por corrientes superficiales hasta el mar. El agua de los numerosos ríos y arroyos de las serranías de Catamarca se infiltra ya en los valles, adentro de la cordillera en el subsuelo; solamente las corrientes más importantes, como el río Colorado, llegan hasta la lla-

nura de la Rioja. Lo mismo se puede decir de los ríos y arroyos que nacen en las sierras de esta provincia. Más al sur se pierden importantes ríos como el Bermejo, Zanjón, San Juan, Mendoza, Tunuyán, Diamante, Atuel, en bañados y lagunas, parecidos á los esteros del Chaco, y en éstos también nacen otra vez corrientes de agua; pero todos ellos vuelven á perderse á poco andar.

El río Salado nace en el bañado donde se pierden los ríos Tunuyán y Diamante, perdiéndose más abajo en otro bañado, donde se pierde también el río Atuel. En este bañado nace el pequeño arroyo Chadi-Leufú, que desemboca en la laguna Urre-Lauquen. Según los mapas nace en esta laguna el río Curacó que desagua en el río Colorado; pero en realidad no hay tal río; se trata de un pequeño Saladillo, que solamente en tiempos de lluvia local lleva agua. En su lecho seco se encuentran algunas excavaciones, donde mana agua muy salada. He examinado el terreno y su composición indica bien claro que en tiempos modernos no ha corrido ningún río de importancia por este paraje.

No cabe duda alguna que todos estos ríos andinos eran afluentes de uno de los más importantes ríos de la república, que todavía en tiempos postglaciales desembocaba como he dicho en el Atlántico, pero no por el río Colorado sino mucho más al norte.

En la región andina del norte de la República, los depósitos sedimentarios cainozoicos han sido poco estudiados.

Los geólogos que viajaron en esta parte, se ocuparon más de la tectónica y de las formaciones antiguas; cuando tratan de los depósitos terciarios y cuaternarios, mencionan principalmente la formación pampeana. Sólo en los últimos tiempos se prestó más atención á estas enormes masas de sedimentos modernos, que se encuentran depositados contra las rocas antiguas y que llenan los anchos valles. El doctor Schiller observó en la provincia de Mendoza capas sedimentarias de cerca de 300 metros de espesor, que probablemente son cuaternarias, y el doctor Keidel ha fotografiado depósitos fluviales del mismo tiempo, que tienen aproximadamente 500 metros de espesor. En las serranías de las provincias del norte se ve en toda parte, que los ríos actuales han cavado sus lechos á través de capas sedimentarias, depositadas por los mismos ríos en el tiempo neogeno. Citaré un solo ejemplo: la línea del Ferrocarril Central Norte sigue entre Güemes y Salta por el valle del río Mojotoro; aquí se puede observar cómo este río ha cavado su actual cauce á través de enormes masas de sedimentos fluviales, muy modernos; en algunas partes existen barrancas completamente á pique, de 300 á 400 metros de altura. Estos depósitos presentan la estratificación característica de los sedimentos fluviales, y no se trata simplemente de detritus acumulado en la falda de la montaña. Son muy interesantes

también las terrazas de sedimentos modernos en la línea de Jujuy á Bolivia.

Darwin suponía que estas capas se hayan depositadas en angostos canales, parecidos á los que se encuentran en la costa del Pacífico y en la Tierra del Fuego, y que, debido á levantamientos en la cordillera, los ríos se abrieron paso á través de estas formaciones modernas. Esta hipótesis carece de fundamento; no se trata de depósitos marinos, sino terrestres. Sabemos que los ríos obran en dos formas, acumulativa y erosiva; pero ésto no nos explica por qué motivo los ríos en la cordillera actuaron durante un tiempo en forma acumulativa y después en forma erosiva.

De este fenómeno que se observa también en otras regiones del globo se ocuparon Drew y Penck muy detenidamente; Drew ha estudiado las condiciones de las terrazas fluviales de los valles del Himalaya, las cuales presentan mucha analogía con las andinas, y Penck las que existen en la Europa central. Los dos llegaron casi á un mismo resultado ambos creen que el fenómeno no proviene de cambios de la pendiente de los ríos, debidos á levantamientos del terreno, sino que la actividad acumuladora de los ríos fué, durante el tiempo cuaternario, mucho mayor que después. Debido á los fríos, la denudación en las sierras era tan fuerte, que los ríos no podían transportar todo el material, que se acumulaba en los valles. Luego que la denudación en las montañas fué menor y los torrentes y arroyos no acarrearón ya tanto material á los valles, los ríos comenzaron á actuar en forma erosiva.

No hay duda que, durante el tiempo cuaternario, la denudación en la cordillera también era periódicamente muy fuerte; pero si la acumulación de material fué mayor en el tiempo cuaternario que antes y después, también el poder erosivo de los ríos era mayor. Sabemos que los ríos establecen primero sus curvas de pendiente normal (*thalweg*) y entonces levantan sus lechos. Para que un río pudiera cortarse localmente 200 á 400 metros en su propio lecho, debe haber habido dislocaciones después de haberse depositado estos sedimentos. Darwin tenía razón de atribuir el fenómeno á movimientos orogénicos, pero no se puede explicar por qué este eminente observador tomó estas capas fluviales por marinas.

Movimientos orogénicos muy recientes han sido constatados en la cordillera ya hace mucho tiempo, pero se han considerado las serranías de Tucumán, Salta, Jujuy, etc., como montañas muertas, lo mismo que las de Córdoba, San Luis y de la provincia de Buenos Aires; es decir, que en períodos geológicos modernos, no hubo movimientos orogénicos, sino solamente denudación.

Pero en realidad, aquí también hay depósitos fluviales modernos en posición perturbada. En Tucumán, Salta y Jujuy he visto estas capas

frecuentemente dislocadas, lo que demuestra que hubo movimientos orogénicos en tiempos modernos.

Aquí hay un gran campo de estudios para los jóvenes argentinos que quieran dedicarse á la geología. No se trata solamente de resolver problemas científicos, sino también problemas de gran importancia económica. Estos depósitos forman el resumidero de gran parte de las aguas de la cordillera y cada región requiere un estudio especial, para que se pueda explotar racionalmente esta gran riqueza de agua.

Es sabido que muchos de los ríos actuales son tan antiguos como las cadenas de montañas que cruzan. Al mismo tiempo que se formaron las montañas por el dislocamiento de las capas, la actividad erosiva abrió nuevas salidas, cavando así los valles que frecuentemente tienen una dirección contraria al eje del plegamiento.

La acción de los ríos no es la misma en las regiones montañosas como en las llanuras. La corriente que en el curso superior, cave su lecho verticalmente en la roca compacta, conserva la dirección primitiva durante largos períodos, sin desviarse sensiblemente. Á medida que el río avanza hacia la llanura, la erosión disminuye en sentido vertical y se extiende en sentido horizontal. En el terreno llano, el río en vez de ahondar su cauce, lo levanta por la acumulación de materiales que acarrea de las sierras, tratando de ensancharse lateralmente. El ensanche está motivado por las curvas que los ríos describen en su curso por la planicie. La actividad de la erosión es en su modo negativa. El material que la corriente saca en un lado, lo vuelve á depositar á corta distancia en el lado opuesto, y, junto con el detritus que acarrea de las montañas, levanta continuamente el lecho. Parte del material fino que las corrientes depositan á lo largo de su curso por las llanuras, es dispersado por los vientos sobre las comarcas vecinas, formándose así los depósitos eólicos. Á causa de los continuos cambios de su curso, un mismo río ha vuelto á pasar varias veces por el mismo paraje, pero cada vez en un nivel más alto. Así se explica que en las perforaciones se observan con frecuencia dos y tres ó más capas fluviales, depositadas por un mismo río separadas por capas de sedimentos eólicos.

Estos antiguos lechos de ríos son los verdaderos conductores de las aguas subterráneas; los depósitos eólicos también conducen agua, pero, debido á su gran capilaridad, la absorben y la retienen, de modo que no circula tan libremente como en la arena y los quijarros depositados por los ríos. Para explotar racionalmente las aguas subterráneas hay que estudiar en primer lugar las condiciones en que se encuentran los antiguos lechos fluviales. Estas capas acuíferas son tan abundantes que en cualquier paraje de la llanura donde se practican perforaciones, se encuentran á mayor ó menor profundidad (véase perf. 2, pl. II).

En la forma descripta, los ríos que durante largos períodos geológicos

cruzarón la región pampeana, depositando incesantemente el detritus de las serranías, terraplenaron completamente los valles y perdieron su curso superficial.

Por la acumulación continua de materiales á lo largo de su curso, el río llegó á correr en un nivel más alto que el de las comarcas vecinas; en las crecientes se abren bocas falsas por donde el agua se derrama á los terrenos bajos, formándose así estos bañados conocidos bajo el nombre « esteros ».

He tenido la ocasión de observar un fenómeno de esta naturaleza. En el año 1891, en una creciente, el río Colorado abrió una boca falsa un poco más arriba del fortín Mercedes inundándose por el lado sur más de cincuenta leguas cuadradas de terreno. El cauce del río que antes había que pasarlo en bote ó balsa, estaba seco, mientras que el tránsito por la parte inundada se hacía con mucha dificultad á causa de las zanjas que se habían formado y en las cuales el agua corría con mucha velocidad. Más tarde los propietarios del terreno cerraron la boca falsa y el río volvió á correr por su cauce antiguo. Si no se hubiera cerrado esta boca, se habría formado un estero y el lecho se hubiera borrado.



Corte de un Zanjón en un Estero

Fig. 1

En los parajes, donde hay esteros, los ríos no tienen un curso definido se dividen en brazos de los cuales se apartan zanjas por donde el agua se echa á los terrenos más bajos, transformándolos en bañados con lagunas, pantanos é islas. En estos bañados se forman zanjones que mueren á poca distancia; á veces se reúnen en un brazo principal, que se aparta completamente del estero, para perderse en los terrenos secos. En algunos esteros de zanjas que arrancan de los pantanos y lagunas, renace nuevamente el río en la parte inferior, con un cauce bien definido. De los sedimentos que los ríos depositan en los esteros, se forman médanos y albardones de arena. Los médanos presentan el aspecto de islas; los albardones se hallan generalmente á lo largo de los zanjones, formando fajas longitudinales de terreno seco. De este modo el agua en las lagunas y pantanos puede mantenerse á una altura superior á la del fondo de los zanjones, como lo indica el corte adjunto (fig. 1).

En las zanjas se puede observar como el agua de las lagunas vecinas filtra por las capas permeables. En los esteros que tienen desague por

un río ó arroyo, se observan á veces en zanjones hondos verdaderas vertientes.

El señor ingeniero Gunardo Lange opina que el estero de Patiño del río Pilcomayo se ha formado en un lago. No he estado en aquel estero; pero, de los numerosos esteros antiguos y modernos que he estudiado en la llanura pampeana, ninguno se ha formado en un lago; en todos ellos faltan las estratificaciones lacustres. Las capas inferiores se componen generalmente de depósitos eólicos, como es el caso en el antiguo estero de General Pinto (véase perfil 1, pl. II), y las capas superiores son depósitos palúdicos.

En los esteros del Chaco, se encuentran frecuentemente troncos con raigones de quebrachos y de otras maderas duras enterradas en la posición en que han crecido los árboles. Este hecho prueba que el terreno antes estaba seco, porque el quebracho no crece en terreno anegadizo. El señor Adalberto Schmied jr. que ha explorado la región del estero Patiño, opina también que este estero no se ha formado en un lago. El ha descubierto un brazo que atraviesa el estero poniendo en comunicación el curso superior y el inferior del Pilcomayo, y cree que se podría navegar con embarcaciones menores desde el río Paraguay hasta Bolivia; ha constatado además que el río Confuso está en comunicación con la laguna Chajá. Este gran estero tiene, pues, por lo menos, dos salidas ó desagües directos al río Paraguay.

El río Pilcomayo es muy ilustrativo para el estudio del régimen de los ríos que cruzan la llanura argentina. Citaré uno de los párrafos de la publicación del señor Lange referente al estero Patiño ¹.

«Habíamos llegado á donde el río Pilcomayo muere en el estero, desparramando sus aguas en la capa porosa que yace sobre plano casi horizontal de tosca impermeable ², definida por la altura de la cresta del Salto Palmares que á su vez trabaja continuamente, para ubicarse más y más al poniente, atravesando, poco á poco en un lecho profundo, toda la extensión del gran estero.

«Puede ser que se repita este morir y renacer de las aguas, hasta concluir el plano más ó menos horizontal del estero, aunque esto se encuentra en contradicción con las tradiciones de los indios, que declaran que

¹ G. LANGE, *Río Pilcomayo desde la desembocadura en el río Paraguay hasta el paralelo 22 sur*, Buenos Aires, 1906.

² Quiero hacer aquí presente que lo que se señala por tosca no son capas impermeables; por lo contrario en los bancos de tosca el agua circula con mucha facilidad. En los pozos de la llanura pampeana se encuentran con frecuencia en el nivel de la primera napa de agua bancos de tosca, ésto lo saben todos los pozeros. La presencia de esta clase de bancos en la primera napa de agua es debido á un proceso químico cuya explicación nos llevaría demasiado lejos.

más arriba no se corta el agua. Nuestros descubrimientos posteriores demostraron que esta tradición no es verídica.

«Se supone, como lo más probable, que el estero anteriormente, ha sido un gran lago formado por una depresión extensa casi horizontal en la capa impermeable de tosca, y que poco á poco se ha llenado con los detritus traídos por las corrientes de las aguas que actualmente entran en el estero como en una gran esponja, saliendo de éste por el arroyo Dorado, el brazo sur del río Pilcomayo y probablemente por el brazo norte del mismo río y otros arroyos y ríos más al norte.

«*El hecho que se encuentran troncos de palo duro, en el fondo de los zanjones del estero mismo* puede explicarse del modo siguiente: anteriormente cuando fuese más bajo el nivel del estero mismo propiamente dicho, los doblados ú ondulaciones más altas en la capa impermeable formaban islas ó albardones, donde creció la arboleda.

«Poco á poco se ha levantado en las crecientes grandes el nivel general del estero y se ha cubierto con tierra fangosa, estos lugares más elevados, los árboles han muerto y, más tarde, las corrientes de agua han cortado surcos ó zanjones en la capa superior más blando descubriendo otra vez estos troncos vestigios de una vegetación extinguida.

«Como se ha puesto más arriba, la naturaleza misma se ocupa del desagüe ó drenaje progresivo del gran estero y se presenta como una posibilidad de poder acelerar la confección de esta gran obra, ayudando á la naturaleza en la profundización de los cursos de agua actuales aprovechándose del desnivel existente, entre el lecho del Pilcomayo en la junta del Dorado, y la parte occidental del estero, donde como veremos más tarde, se presentan otra vez los zanjones y arroyos con barrancas en partes altas y bien definidas; pero se precisan estudios bien detenidos para ilustrar y resolver esta cuestión ».

El río Pilcomayo es uno de los pocos ríos que después de pasar los esteros tiene agua permanente en su curso inferior. La mayor parte de los ríos que nacen en las sierras pierden su curso superficial en los esteros, por hallarse éstos en terrenos más altos que el nivel del agua subterránea en las comarcas vecinas.

En los ríos de agua permanente se puede observar que el nivel del agua subterránea es más alto á cierta distancia que en la orilla del río. En San Nicolás, por ejemplo, el agua de los pozos comunes está á un kilómetro de distancia del río, 8 metros más alto que en la barranca, como lo demuestra el perfil adjunto (fig. 2).

En sondajes que he hecho en regiones de esteros, he encontrado á una distancia de dos kilómetros del terreno anegadizo, el nivel del agua subterránea 6 metros más bajo que en las inmediaciones del estero. Esta circunstancia nos explica la enorme pérdida de agua por infiltración. Se entiende que ésta depende también mucho de la naturaleza del

subsuelo. Si éste se compone de depósitos de arena, la infiltración es cuatro veces mayor que en el *loess*.

Se pueden distinguir en la llanura pampeana tres sistemas de ríos con esteros :

1° Ríos que desembocan en esteros, donde toda el agua infiltra en el subsuelo y circula subterráneamente, como es el caso en los ríos Quinto, Segundo, Primero, Dulce, Horcones, etc.;

2° Ríos que tienen en su trayecto uno ó más esteros en que se vuelven á formar corrientes superficiales permanentes, como el río Pilcomayo y el río Bermejo;

3° Ríos que se pierden en esteros con desagües superficiales temporáneos; á estos pertenecen el río Cuarto y el Salado, en la provincia de Santiago del Estero.

El río Salado, que está destinado á perder su curso medio, presenta un ejemplo muy instructivo del modo cómo se forman los esteros en la

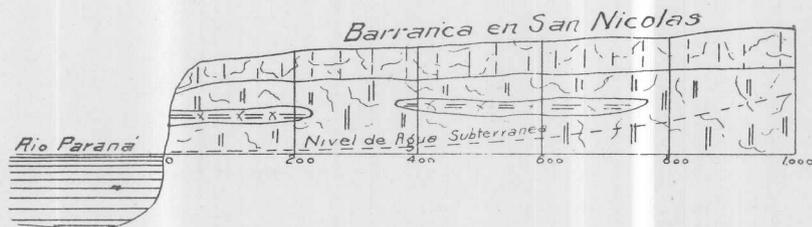


Fig. 2

actualidad. Este río lleva cada año menos agua y, como he dicho antes, está seco durante ciertas estaciones del año en una extensión de unos 600 kilómetros. El curso del río cambia casi todos los años la dirección, como lo demuestran los siguientes hechos :

El plano adjunto, plancha III, que presenta el curso del río Salado entre San Miguel y Anatuya, está basado en el mapa de la provincia de Santiago del Estero, publicado en el año 1906 por el ingeniero señor Francisco David, quien me aseguró que el curso del río ha sido trazado según datos muy exactos, tomados en el terreno. Hoy el curso ya no es el mismo; en parajes donde debería pasar el río, no hay vestigios ni de su cauce, y donde antes había poblaciones, hay bañados y lagunas.

Hace unos años no más que el Ferrocarril Central Norte levantó un plano del río en frente de Anatuya. Yo he vuelto á trazar el curso en este paraje en el año pasado, y resulta que los dos planos son distintos.

Datos muy importantes sobre este río me ha facilitado el ingeniero señor Luis Rapelli.

En el límite de las provincias de Salta y Santiago del Estero, el río Salado deja de correr por un cauce definido. En esta región se ha for-

mado un estero de unas 16 leguas de largo, extendiéndose desde San Miguel hasta Santo Domingo. Al entrar en la provincia de Santiago, el río se divide en dos brazos : uno toma la dirección al oeste y el otro al este. En el último se han formado varias aberturas ó boquerones por los cuales el agua se derrama en todas las direcciones, formando un bañado con pantanos, lagunas é islas. Aquí hay hondos zanjones que se apartan del brazo principal y vuelven á juntarse con él después de un cierto recorrido. Una de estas zanjas que se aparta en el lado este, forma grandes lagunas que se extienden unos diez kilómetros afuera del lecho del río. Hay que temer que por este lado se forme una comunicación con el cauce seco de uno de esos antiguos ríos, llamados por los chaqueños ríos muertos, que se halla distante solamente á dos kilómetros de la laguna. En este caso es probable que el río Salado tome el rumbo por este lado y se pierda en el Chaco.

El bañado que se halla entre Cruz Bajada y San José del Boquerón es muy nuevo. En el mapa de David están marcadas en este paraje numerosas poblaciones que hoy se hallan en el medio del estero. Por el material que acarrea el río, el terreno se levanta siempre más, y el agua se extiende sobre una superficie mayor. Acerca de la formación de este estero dice el informe que me facilitó el señor Rapelli textualmente lo siguiente :

«Según los datos recogidos sobre el lugar, parece que en 1884 empezó el río á consecuencia de una gran creciente á desviarse las causas de esta desviación opinamos deben ser muy complejas, la pendiente insignificante que tiene el terreno, el limo que en épocas de crecientes deben traer las aguas de este río que cruza más arriba terrenos muy salitrosos, las ramas y los árboles llevados por las crecientes han producido un paulatino embancamiento del cauce.

«Los desbordes naturales del río ó los á propósito producidos por los pobladores á efecto de riego no han hecho sino extender este enlame en toda la región que antes bañaba el antiguo cauce ; así que una pequeña causa debe haber bastado luego para que las aguas busquen su salida por otra parte echándose donde actualmente se encuentran.

«Que el enlame haya sido grande y el cual deja la imposibilidad de llevar de nuevo las aguas por donde antiguamente pasaban, lo demuestra el hecho de no distinguirse más dónde este cauce haya existido, sino por las hileras de sauces que se levantan sobre una y otra orilla. Los montes que existían á los costados, solamente asoman unas copas secas á la superficie del terreno ; hemos visto de los horcones de antiguos ranchos que formaban las poblaciones de Torouan, Yolonasi y Mistolito, solamente las horquetas ; un mojón de dos metros de alto (como nos decía un propietario de allí), reducido á poco más de veinte centímetros. Este embancamiento ocupa un ancho aproximado de siete kilómetros y

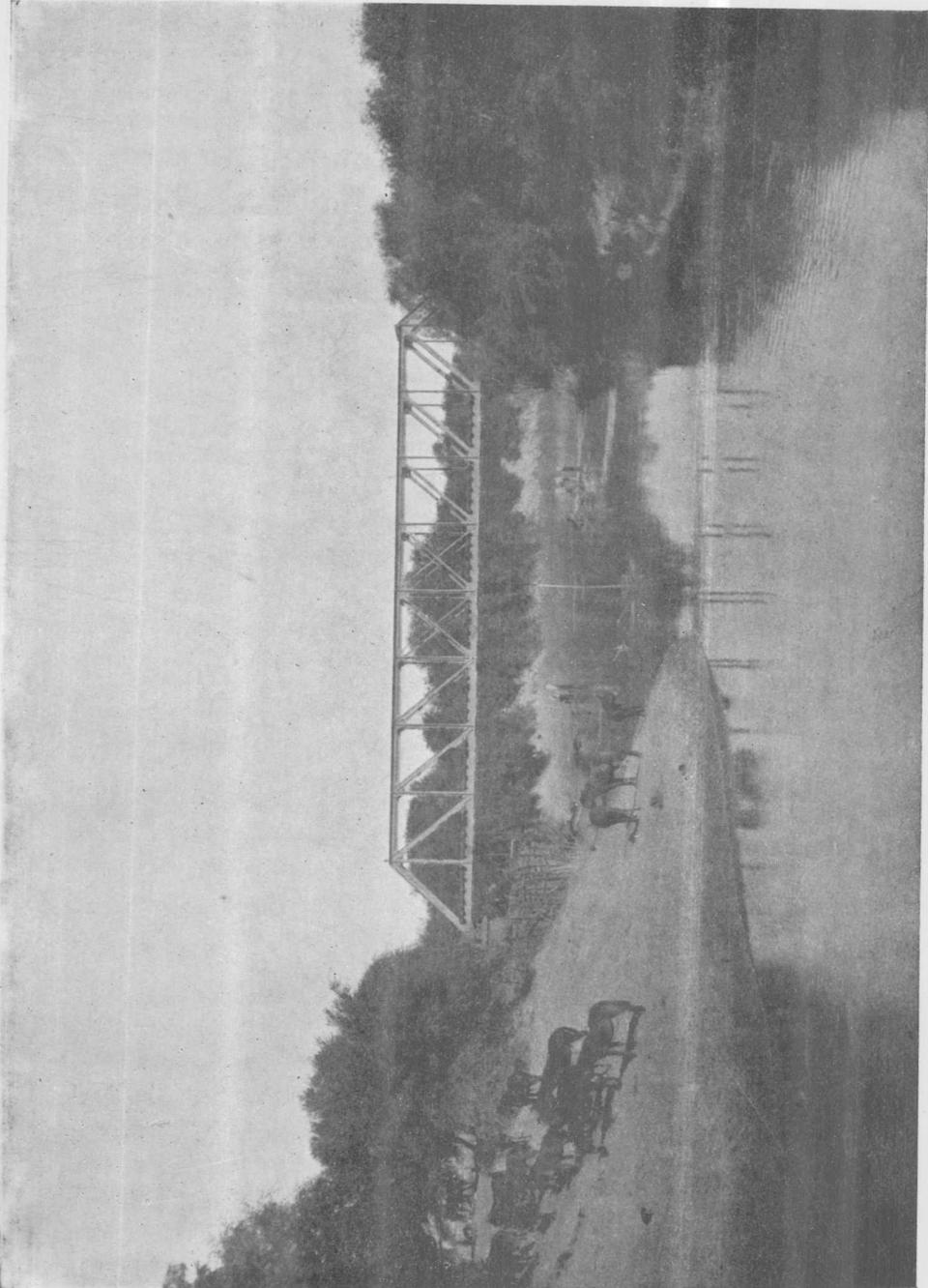


Fig. 3. — Río Salado en Suncho Corral en tiempo de creciente

donde antes había montes hermosos de algarrobos y quebrachos ahora hay sunchales extensos.

« Es claro que si bien las aguas de estas lagunas y arroyos recién formados caen otra vez al río, la cantidad de agua que se pierde es enorme, teniéndose en cuenta el terreno muy arenoso bañado y la extensa superficie de evaporación. »

El brazo del río Salado que se aparta en San Miguel, y que se dirige al oeste, echa su agua en un enorme bañado, donde en tiempos de lluvia se forma una laguna de unas dieciseis leguas de largo por una de ancho. Cerca de Santo Domingo el agua de este bañado se junta por medio de zanjones en un cauce que se une con el brazo este. De aquí el agua corre en una extensión de más de cien kilómetros por un cauce bien definido, con barrancas de cuatro á cinco metros de altura, teniendo unos cincuenta metros de ancho. El curso del río, en este trayecto, es muy sinuoso y en algunas partes se divide en brazos que á poco andar vuelven á juntarse. El río, que en la época de lluvia en el Chaco es muy correntoso, en tiempos normales lleva muy poca agua en este trayecto. En ciertas estaciones del año el lecho está en gran parte seco; solamente en las partes más hondas, en los llamados remansos hay siempre agua. No se trata de agua estancada como creen los lugareños. Del examen del lecho resulta que el agua subterránea circula á muy poca profundidad y como los remansos se hallan á mayor profundidad que el nivel del agua subterránea, hay en esta parte siempre agua.

Según el mapa de David, un poco más al sud de Santo Domingo debería desembocar el río Horcones al río Salado, pero gente que conoce bien este paraje me aseguró que no existen ni vestigios de un tal río. Actualmente el río Horcones forma cerca de Nueva Esperanza un estero y si antes desembocaba al río Salado, lo que es muy probable, se ha borrado hasta el cauce. Este estero es uno de los más típicos de los ríos pampeanos, presentando todos los caracteres de un estuario. (En la misma región se pierden otros ríos importantes que nacen en las sierras, como por ejemplo, el río Ureño ó del Remate.)

En la región de Figueroa, el río Salado vuelve á formar un nuevo estero. Cerca de Uritu Huasi se divide en dos brazos; uno toma la dirección al oeste, pasando por San Pablo; el otro se divide en el paraje Los Piruas en dos hondas zanjones, que echan el agua en bañados. En tiempos normales existen aquí tres lagunas; las dos más grandes, la de Maco y la de Jumi Esquina, tienen agua casi en todos los tiempos, aun cuando el río Salado más arriba está seco. En tiempos de crecientes se forma en este estero una enorme laguna, de unos cuarenta kilómetros de largo por siete á ocho de ancho. La laguna Maco está en comunicación por medio de zanjones con el brazo del río que sale de la laguna Jumi Esquina. Cerca de Figueroa este brazo se une con el del este, y desde aquí

el río corre otra vez por un cauce bien definido hasta cerca de Anatuya. Durante una parte del año el río no lleva agua en esta parte; solamente en los llamados remansos hay agua, alimentada por las aguas subterráneas, que circulan á medio metro de profundidad. En las épocas de lluvia en el Chaco, cuando viene la creciente del norte, se llenan los bañados y lagunas de agua, y en la región de Figueroa éste retrocede por un largo trecho al noroeste, echándose en la enorme salina que se halla á pocas leguas al este del río Salado; recién cuando se llena este bajo corre el agua por el cauce principal que pasa por Suncho Corral. La administración del ferrocarril Central Norte ha tratado de cerrar la entrada del agua á la salina, pero para remediar este mal hay que hacer una obra que demanda grandes gastos.

En Suncho Corral me han asegurado que á mitad del camino entre Santo Domingo y Cordón Esquina, el río Salado ha abierto otro boqueron, por el cual en las crecientes mucha agua se echa por el lado este en un río muerto, que se pierde en el Chaco; pero los datos son algo contradictorios, lo que nada de extraño tiene, dado que el curso del río cambia en esta región continuamente. En el trayecto, desde Figueroa hasta cerca de Anatuya, donde el río Salado corre por un cauce definido, éste es muy encajonado; las barrancas son á pique y tienen en término medio siete metros de altura, en algunas partes alcanzan hasta trece metros. El ancho es en Suncho Corral aproximadamente de 30 metros. De Suncho Corral hacia Anatuya las barrancas van bajando, ó mejor dicho, el cauce es menos profundo; unas cuatro leguas más arriba de Anatuya no hay más barrancas. El terreno es muy llano en esta región, con un declive gradual hacia Anatuya. La diferencia de nivel entre este último paraje y Suncho Corral es de veintidós metros y la distancia de ochenta y cuatro kilómetros.

En un plano levantado por el Ferrocarril Central Norte, las curvas de nivel de un metro presentan solamente en frente de la estación Melera una pequeña loma de dos metros de altura. El terreno en el borde de la barranca del río tiene la misma altura como en la línea del ferrocarril que pasa á una distancia de ocho á diez kilómetros. El río tiene aquí el aspecto de un canal tortuoso, cavado á través de un bosque; no hay señas de valle; el monte llega hasta el mismo borde de la barranca. Los antiguos valles, aunque completamente terraplenados, se conocen fácilmente por la vegetación. En estos lugares no crecen montes, hay solamente á veces uno ú otro grupo de arbustos ó hileras de sauces, faltando los montes de quebrachos por completo. En el Chaco de Santiago del Estero se ven numerosas fajas de terreno, desprovistas de bosques, que no son otra cosa que antiguos valles, por donde anteriormente corrían ríos y arroyos; en algunas partes existen todavía las señales de los cauces. Estas abras, como las llaman los chaqueños, tienen á

veces un ancho considerable. Á pesar de que no presentan en el nivel casi ninguna diferencia con las comarcas vecinas, se ve que son antiguos valles rellenados, por componerse el subsuelo de sedimentos fluviales, mientras que el terreno poblado por montes consiste en depósitos eólicos. Por sondajes, que he practicado en esta región, he podido establecer en algunas partes las antiguas barrancas de los valles.

Entre Figueroa y Melero, el río Salado ha abierto su cauce en tiempo relativamente reciente á través del terreno más alto; recién un poco más arriba de Anatuya entra en un antiguo valle. He examinado los sedimentos de las barrancas en distintos lugares y resultó que la parte inferior se compone de capas fluviales de la edad cuaternaria. En su gran parte son depósitos de marga, más ó menos arenosa, en que abundan caracoles de agua dulce y que alternan con arenas fluviales. Raramente se encuentran depósitos de *loess* eólico. Como se puede ver en el perfil figura 4 los depósitos fluviales neopampeanos ocupan en Suncho Corral más que la mitad de la altura de la barranca; encima de éstos siguen en posición discordante capas de aluviones, en su mayor parte de origen eólico. En unos pocos lugares existen capas fluviales, depositadas por ríos y arroyos que tenían una dirección distinta de la del actual río.

Las condiciones geológicas, que el terreno presenta, demuestran que el río, al fin de la época cuaternaria, tenía su curso por Suncho Corral; después se desvió y, en tiempos muy recientes, ha vuelto á abrirse su antiguo cauce.

En Anatuya, donde el río corre por un antiguo valle, las condiciones son muy distintas. Tanto las capas del horizonte neopampeano, como las postpampeanas y los aluviones modernos, son de origen fluvial, lo que prueba que, desde los tiempos terciarios hasta la actualidad, el río siempre ha corrido por este paraje.

El antiguo valle, que tiene aquí una á dos leguas de ancho, se ha llenado de sedimentos de tal manera que ya no tiene el aspecto de un valle sino de un bañado, con zanjones y lagunas que durante la mayor parte del año no tienen agua. La diferencia de nivel entre la parte más baja del bañado y la parte más alta de las comarcas vecinas es apenas 1^m50; sin embargo se pueden distinguir bien los límites del valle por la vegetación, llegando el bosque hasta el borde de las antiguas barrancas, donde termina como cortado. Aquí el río no tiene un cauce definido, sino se divide, como en los esteros, en numerosos brazos que cambian continuamente el curso. De los brazos principales se apartan zanjones y el agua se derrama en bañados, formando lagunas y pantanos.

Con el motivo de proveer á Anatuya de agua, he hecho el año pasado en este paraje muchos sondajes. Es sabido que en el ramal del Ferrocarril de Anatuya á Tintina no se encuentra agua potable; hay que

llevar ésta en trenes desde Anatuya, no solamente para los pobladores sino hasta para las máquinas de los grandes aserraderos que existen en esta línea. Cuando el río Salado no lleva agua en Anatuya, hay que



Fig. 5. — Tren aguatero en Anatuya

traerla desde Aurora. Así se ha tenido que llevar, por ejemplo, en el año pasado, el agua por una numerosa población durante muchos meses en trenes hasta una distancia de 400 kilómetros.

En Anatuya las aguas subterráneas se presentan en condiciones bastante favorables y las hay en cantidad suficiente para proveer á toda

la línea del Chaco aun en los tiempos en que no corre agua por el río Salado.

En mis investigaciones he encontrado en esta región numerosos antiguos cauces del río Salado, que están completamente borrados y se pueden conocer solamente por la calidad de los sedimentos. En estos cauces circula una agua que si bien no es de primera calidad al menos es tan buena ó más sana que la del río, y se puede utilizar tanto para el uso doméstico como para la alimentación de las máquinas. Se trata solamente de construir pozos adecuados á las condiciones del terreno.

De Anatuya hacia el sur, el antiguo valle se ensancha considerablemente; en frente de Icaña tiene tres leguas de anchura y cerca de la estación Pinto se une con el estero, en que se pierde el río Dulce.

En todo este trayecto ya no hay río, sino pequeños riachuelos y lagunas que tienen agua solamente cuando llueve. En Tostado vuelve á formarse un arroyo de agua permanente, pero también éste se pierde más abajo en bañados. Entre Tostado y San Cristóbal se han conservado en muchas partes las barrancas del antiguo valle. También en La Petronilla y San Justo hay barrancas. En esta región vuelve á formarse el río Salado por arroyos que nacen en bañados, para desembocar en Santa Fe al río Paraná.

El Salado es un río que está destinado á perder su curso superficial sino se hacen las correcciones necesarias. Hemos visto que en tiempos normales el agua se pierde en los esteros y solamente en las épocas de lluvia el río lleva agua en todo su trayecto.

El mismo régimen presentan casi todos los otros ríos de importancia que cruzan la llanura pampeana.

De lo dicho se ve que los esteros son los principales sumideros de las aguas de la cordillera y que son ellos que alimentan las aguas que circulan subterráneamente.

Una de las causas principales que han contribuído á la formación de esteros son los movimientos seculares que se han producido en la costa del Atlántico. En el tiempo cuando se depositaron las capas de *loess* del horizonte neopampeano hubo una transgresión, lo que está demostrado por las capas marinas intercaladas entre los depósitos terrestres de este horizonte. Si bien el mar no ha penetrado muy al interior del continente (su nivel era unos diez metros más alto que ahora), no obstante se ha producido un cambio en el curso de los ríos; el agua quedaba represada en el interior de la llanura, formándose grandes lagunas en los terrenos bajos. En ellas se depositaron las capas palúdicas conocidas por el nombre: «*piso pampeano lacustre*», y en sus alrededores se formaron los médanos cuaternarios que se encuentran en muchas partes de la provincia de Buenos Aires. Durante la transgresión, los ríos actuaron aquí solamente en forma acumulativa y cuando entró un período de re-

gresión, muchos de ellos cambiaron su curso. Al terminar el período cuaternario hubo una nueva transgresión de mayor importancia que la anterior. El mar entró por el delta del Paraná hasta San Pedro, donde se mezclaba el agua dulce con el agua salada y donde se depositaron los bancos de conchillas de *Azara labiata* que viven solamente en agua salobre. El agua de los ríos quedaba nuevamente represada en el interior de la llanura pampeana, y los bajos por donde corría antes, se llenaron de aluviones. En éstos se encuentran depósitos aluviales, que tienen hasta veinte y más metros de espesor. Esto trajo por consecuencia, que los ríos en vez de correr por lechos, inundaron grandes zonas, donde depositaron el material que acarrearón de las serranías. Los médanos que se hallan en los partidos de Junín, General Arenales, Bragado, Lincoln, General Pinto, etc., provienen en gran parte del material que acarrearón en aquel tiempo los ríos Cuarto y Quinto. Cuando entró el último período de regresión, los ríos no abrieron nuevos cauces, sino que sus aguas se perdieron en grandes esteros. Así es que los ríos que nacen en las sierras acumularon únicamente material y perdieron en la llanura completamente la actividad erosiva. Los cauces de los antiguos ríos se han borrado por completo, pero se puede conocer todavía la dirección que tenían por las cañadas, que á veces se pueden distinguir del terreno vecino solamente por la calidad del pasto que crece en estos lugares. Á causa de la acumulación de materiales en los esteros, el terreno se eleva siempre más, lo que tiene por consecuencia que éstos se retiren hacia las regiones de las montañas. El río Cuarto, por ejemplo, que en los tiempos postpampeanos desembocaba en el estero que existía en el partido de General Arenales, desemboca hoy en el estero que se ha formado á unas pocas leguas de Carlota.

Solamente en la región litoral se nota una actividad erosiva de las aguas. Saliendo de Buenos Aires en cualquiera dirección hacia el interior es interesante de observar, como al principio el terreno es ondulado, las líneas del ferrocarril pasan continuamente por cortes y terraplenes, presentándose los campos siempre más llanos á medida que uno se aleja de la costa. Después de retirarse el mar, las corrientes que salieron de los bañados se abrieron nuevos cauces, formando sus pendientes normales (*thalweg*) hasta el río Paraná ó directamente hasta el mar. Algunos de estos ríos y arroyos se abrieron paso á través de sus antiguos lechos, como por ejemplo, los ríos Luján, Areco, Arrecifes, etc.; otros han abierto sus cauces á través de los depósitos de *loess* de los horizontes neopampeano y mesopampeano, como los arroyos Ramallo, del Medio y Pavón, etc.

El régimen de estos ríos y arroyos es muy distinto del de las corrientes menores que se hallan en la cordillera. Estas últimas tienen en su curso superior más agua que en el inferior y muchas de ellas se pierden

ya en las quebradas, no llegando ni hasta los valles principales. Por ejemplo, en el cordón de montañas que se halla al oeste de la ciudad de Tucumán, existen numerosas quebradas, donde corren arroyos alimen-



Fig. 6. — Manantial en una quebrada en Tafi Viejo

tados por manantiales; algunas de éstas, que se hallan en una roca de micacito arcaico, brotan con mucha fuerza casi en las cumbres de los cerros y forman torrentes de alguna consideración. He visto en las quebradas de Tafi Viejo, arroyos que nacen casi arriba de las montañas y á pesar de la fuerte corriente se pierden por completo al llegar al valle.

El valle de Taffi Viejo está relleno de enormes masas de escombros, en que el agua infiltra y circula con mucha rapidez. Debido á esta circunstancia ninguno de estos arroyos desemboca superficialmente al río Salí.

De algunos de estos arroyos se provee á Tucumán de agua corriente, pero las instalaciones resultan ser insuficientes.

En estas quebradas se pierde una enorme cantidad de excelente agua al subsuelo, cargándose luego de sales que la inutilizan para el uso doméstico. Haciendo las captaciones adecuadas se obtendría agua corriente que podría ser utilizada hasta para fuerza motriz.

En cambio, los ríos y arroyos que nacen en la Pampa, se pierden en su curso superior, verificándose este proceso en tiempo relativamente corto, se puede decir, á nuestra vista.

En el noroeste del partido Pergamino ha habido un gran bañado que se extendía hasta la provincia de Santa Fe y del cual se apartaban varias cañadas en distintas direcciones. En las cañadas existían grandes lagunas que tenían agua durante todo el año, porque estaban alimentadas por las aguas subterráneas: de ellas salían el arroyo del Medio, el arroyo Pergamino y el arroyo Salto. En los años de 70 del siglo pasado el arroyo del Medio arrancaba de las lagunas de Cardoso, que se hallaban en la cañada Leones. Actualmente el arroyo principia unas ocho leguas más al este. La cañada Leones se junta cerca del pueblo Colón (antes Fortín Mercedes) con la cañada de Rojas. Aquí había una laguna, en la cual nació el arroyo Salto, que hoy principia cerca del pueblo Rojas. El arroyo Pergamino salió antes de la laguna Juncal Grande, que se hallaba en el centro del bañado mencionado. En el tiempo de cuarenta años, que yo lo conozco, se ha borrado el cauce en una extensión de más de seis leguas y el bajo, por donde corría, se ha transformado en una cañada, donde hay agua solamente cuando llueve.

En el paraje, llamado Los Manantiales en el partido de Pergamino, existió unos veinticinco años atrás, otro gran bañado con lagunas de agua permanente y de éstas salía un arroyo que desembocaba al arroyo Ramallo; hoy éste ha desaparecido en casi todo el trayecto y en las lagunas apenas hay agua cuando llueve mucho.

En las inmediaciones del pueblo Pergamino ha habido hace pocos años varios afluentes del arroyo Pergamino, con agua permanente, porque estaban alimentados por las aguas subterráneas; hoy no hay ni vestigio de estos arroyos y se siembra maíz en esos sitios.

El fenómeno que los ríos y arroyos se pierden en su curso superior se observa en toda la parte de las provincias Santa Fe y Buenos Aires. Las lagunas, donde antes nacían, se han secado casi por completo y en los bañados apenas se junta hoy un poco de agua en los tiempos de lluvia. Esta particularidad no se puede atribuir á un cambio climatológico. En los últimos treinta años las lluvias eran más regulares y no ha

habido prolongadas secas como antes. Los bañados no se secaron por falta de lluvia, sino por la acumulación de material en estos lugares. En el tiempo, cuando en las lagunas nacían los mencionados arroyos, ellas se hallaban en el nivel de las aguas subterráneas y por esta razón eran de agua permanente. Pero como en los bañados hay siempre una abundante vegetación que retiene el material que los vientos traen de las comarcas vecinas, el terreno se eleva paulatinamente, llegando con el tiempo á un nivel más alto que las aguas subterráneas. Para que se pueda formar una capa de tierra vegetal, basta que el lecho de un arroyo llegue á quedar en un nivel un poco más alto que hasta donde alcanza la presión hidrostática de las aguas subterráneas. Esta capa aumenta tan rápidamente que el arroyo se transforma en pocos años en una cañada, donde no corre agua en la superficie.

La presión hidrostática de las aguas que circulan en la formación pampeana cambia á cortas distancias. Se pueden observar en las barrancas de los ríos y arroyos pequeñas cavernas y zanjitas donde el agua brota en muchas partes en un nivel superior á la altura de la corriente en tiempos normales.

Todas estas circunstancias hacen posible la construcción de canales navegables, por comarcas donde hoy no corre agua en la superficie. Para alimentarlos no hay necesidad de construir represas de las aguas de lluvia, como se les había proyectado para el Canal del Norte. En las cañadas el agua subterránea circula á muy poca profundidad y con ésta se pueden alimentar los canales en todo tiempo. Dificilmente se encontrará otra región como la de las provincias Santa Fe y Buenos Aires, donde las condiciones naturales del terreno se presentan tan favorables para esta clase de obras.

Pero antes de trazar un canal hay que estudiar no solamente las condiciones de las aguas subterráneas sino también la constitución geológica en general de la respectiva región. La permeabilidad del terreno es un problema tan importante como la provisión de agua para asegurar el éxito.

En cuanto á la construcción de un canal de Bahía Blanca á las provincias andinas, yo no he practicado estudios bajo el punto de vista de aprovechar las aguas subterráneas para la alimentación, pero tomando en cuenta el número de caudalosos ríos que se pierden y circulan subterráneamente, no cabe duda para mí que hay agua en cantidad suficiente para proveer un sistema de canales en esta región.

Los sondeos que se han hecho en el puerto de Bahía Blanca y en sus alrededores nos han revelado la historia de un sistema de ríos de los más vastos que hubo en la República Argentina, y que por su magnitud es comparable con él del Paraná.

En una de las perforaciones, hecha hasta la profundidad de doscientos treinta metros, se han atravesado cinco formaciones fluviales, separadas por cuatro depósitos de *loess* eólico, lo que demuestra que un mismo río ha pasado en los tiempos terciarios cuatro veces por este paraje, pero en distintas épocas. En el período cuaternario cuando se produjo la transgresión que dió origen á las capas marinas mencionadas, intercaladas en el *loess* del horizonte neopampeano, el río desembocó aquí en el mar. En la regresión consecutiva se desvió, volviendo á desembocar en esta bahía en los tiempos postpampeanos. Todavía hoy se puede conocer perfectamente bien su antiguo lecho en Bahía Blanca. Cada vez que he cruzado esta región me llamó la atención el bajo que se extiende del puerto hacia el noroeste por la semejanza que tiene con el estuario del Río de la Plata y cada vez me convencí de nuevo que todavía en tiempos muy recientes debe haber desembocado un gran río en esa bahía. Dicho bajo está relleno por sedimentos fluviales postpampeanos, como el delta del río Paraná. En muchas partes el curso que el río tenía está borrado por médanos de arena; sin embargo, se pueden ver todavía las antiguas barrancas. Todo indica que el río ha perdido su curso superficial cuando entró el último período de regresión, como ha sucedido también con el río Cuarto, el río Quinto y otros. No he seguido nunca su antiguo curso por larga distancia, pero he cruzado la Pampa Central en distintas regiones y en muchas partes he visto bajos, donde afloran depósitos sedimentarios de aspecto moderno, como los acarrear solamente ríos de mayor importancia. En el bajo de Cuchillo Có, por ejemplo, un pequeño arroyo ha lavado las arenas movilizadas y ha desnudado los depósitos de un antiguo lecho de río en los cuales el agua circula casi en la superficie. No puedo decir si aquí se trata de un afluente ó del río principal. Á este sistema pertenecían todos los ríos de la cordillera de Mendoza, San Juan, La Rioja, Catamarca y gobernación de Los Andes.

Las condiciones hidrológicas son más complicadas en esta región que en el norte de la República, porque aquí se nota la influencia de las acciones glaciales. Los depósitos fluvio-glaciales llegan hasta la Pampa Central; el detritus glacial es muy permeable y el agua circula en él con mucha facilidad. En la Pampa Central y en las provincias San Luis y Mendoza encontramos esteros como los que existen en el norte, pero debido á la acumulación de enormes masas de rodados fluvio-glaciales, los ríos que salen de la cordillera presentan más el régimen de las corrientes de Patagonia, como lo he descripto en el río Deseado; el río principal pierde su corriente superficial en la llanura y renace cada vez que recibe un nuevo afluente de la cordillera, ó mejor dicho, que se forma una especie de estero. Conozco personalmente solamente las condiciones de la parte inferior y no se tiene datos sobre la constitución

geológica del terreno de la parte superior de esta región. No se sabe si los movimientos orogénicos muy modernos, que se han constatado en la cordillera de Mendoza y San Juan, se extendían también á la llanura, lo que sería muy importante de saber. Juzgando por lo que he visto en la Pampa Central y en otras regiones de la República considero las condiciones hidrológicas favorables para la construcción de canales. Á mi parecer los esteros que forman los sumideros de las aguas de esta parte de la cordillera pueden ser aprovechados con gran ventaja para regularizar el agua de los canales en los tiempos de creciente, problema cuya solución toca al ingeniero y no al geólogo.

Está fuera de toda discusión que los ríos que nacen en la cordillera de las provincias Mendoza, San Juan, etc., formaron antes un río caudaloso que ha perdido su curso superficial en la forma descripta en este trabajo. Aquí se trata en primer lugar de investigar si el agua de estos ríos que infiltra al subsuelo y se carga de sales nocivas se puede conducir por terrenos donde no infiltra. Estas investigaciones preliminares tiene que hacer el geólogo y no el ingeniero. Un ingeniero que afirma que el río Limay se insinúa por su mayor longitud en uno de los pliegues más hondos, cuando en realidad corre en todo su trayecto por un valle de erosión y que habla de esquistos silíceos y cristalinos y de parajes donde á intervalos corren ríos afluentes encajonados hasta descubrir con profundas erosiones los bancos inferiores de granito ó de antiquísimos conglomerados, en una región donde las formaciones más antiguas que afloran son mesozoicas y donde predominan las rocas de origen volcánico de la edad terciaria, está expuesto á deslizarse y hacer deducciones que pueden costar millones. Frecuentemente se comete el error de confundir el *loess* con la arcilla. Un ingeniero, ocupándose de la segunda napa de agua de Buenos Aires, dice que ésta se halla debajo de una capa de arcilla pampeana *impermeable*, de cuarenta metros de espesor. En realidad la capa que cubre los depósitos de arena acuífera, que forman la llamada segunda napa de agua de Buenos Aires, no es arcilla y mucho menos es impermeable, sino es *loess* que es muy permeable. Es sabido que en los resumideros cavados en el *loess* pampeano el agua infiltra en seguida al subsuelo. La permeabilidad del *loess* es 1674 y la de la arcilla 0,7, quiere decir : que mientras en la arcilla infiltra un litro de agua, por el *loes* pasan en el mismo tiempo 1700 litros. El mismo autor dice que la capa de arena de la segunda napa de agua en Buenos Aires se eleva paulatinamente hacia el oeste, llegando á flor de tierra en Junín y Bragado, donde forma cordones de médanos, de los cuales proviene el agua de esta napa. Con toda seguridad puedo afirmar empero que los médanos de Junín y Bragado no tienen ninguna relación con las arenas de la segunda napa de agua de Buenos Aires ; los primeros son depósitos eólicos cuaternarios y post-



Pampa de Corintos (Chubut)



MAPA HIDROGRAFICO
 DE LA
REPUBLICA ARGENTINA
 con indicaciones orográficas
 por el
DR. SANTIAGO ROTH
 Consultado según sus indicaciones
 por
ENRIQUE DELACHAUX
 1901

pampeanos, como lo he demostrado, y los segundos son capas fluviales terciarias, depositadas por el río Paraná; éstas contienen los mismos rodados calcedónicos que se encuentran en los depósitos terciarios en la provincia de Entre Ríos. El agua que circula en la segunda napa en Buenos Aires y La Plata es agua de filtración del Río de la Plata, como lo demuestra bien claro la hidrostática que corresponde al nivel del agua del río. Se ve por este ejemplo á qué conclusiones erróneas se puede llegar, cuando faltan los conocimientos de la verdadera naturaleza del terreno.

Se entiende que la construcción de canales es obra de ingeniería, pero en los estudios preliminares se debe consultar en primer lugar al geólogo. Muchas tentativas infructuosas, trabajos inútiles y enormes gastos que origina el revestimiento de los canales para impedir la infiltración del agua se pueden evitar si se practica primero un reconocimiento geológico de las localidades correspondientes.