

INSTITUTO GEOLÓGICO DE MÉXICO

DIRECTOR: JOSÉ G. AGUILERA

ESTUDIO HIDROLÓGICO

DE LA

REGIÓN DE RIOVERDE Y ARROYO SECO

EN LOS ESTADOS

DE

SAN LUIS POTOSÍ Y QUERÉTARO

POR EL ING.

TRINIDAD PAREDES



MÉXICO

IMPRESA Y FOTOTIPIA DE LA SECRETARÍA DE FOMENTO
Callejón de Betlemitas núm. 8

—
1909

INSTITUTO NACIONAL DE ESTADÍSTICA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

REGION DE BLOANDE Y ARROYO SECO

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA



ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTADÍSTICA DE LA AGRICULTURA

ESTUDIO HIDROLÓGICO
DE LA
REGIÓN DE RIOVERDE Y ARROYO SECO
EN LOS ESTADOS
DE SAN LUIS POTOSÍ Y QUERETARO
POR EL INGENIERO DE MINAS TRINIDAD PAREDES

(Lámina LVIII)

El Estado de San Luis Potosí es uno de los Estados en que se ha apreciado en su justo valor el aprovechamiento de las aguas por medio de presas y últimamente por medio de pozos artesianos. Muchos particulares, pero especialmente el ilustrado señor Gobernador, tienen un empeño decidido en aumentar los recursos de los campos y los pueblos, suministrándoles el preciado elemento, para transformarlos de pobres y estériles en ricos y fructíferos, haciendo así el verdadero progreso material del Estado. El Gobierno que ha secundado las altas miras del señor Gobernador, ha decretado una ley en que suprime las contribuciones á los predios donde se hace una presa ó un pozo.

Siguiendo este loable empeño, á propuesta del señor Gobernador, el Ministerio de Fomento, que no cesa de fomentar todo lo que tiende al adelanto de la República, resolvió que se hiciera un estudio para ver si en las cercanías de Rioverde y Ciudad Fernández había aguas

brotantes y si éstas serían potables. El Instituto Geológico me favoreció con tan honrosa comisión que sé es superior á mí.

El plano de que se hizo uso, es tomado de las hojas de 1 á 100,000 levantadas por la Comisión Geográfico-Exploradora; las alturas fueron tomadas con aneroide y los rumbos de que se hace referencia son magnéticos.

Debo hacer constar mis agradecimientos por su apoyo y buena voluntad en suministrarme datos, á las autoridades, al personal de la Estación Agrícola Experimental de Rioverde y á los propietarios en general.

La región de que voy á ocuparme la divido en dos partes; la primera se refiere al valle de Rioverde y la segunda al valle de San Ciro y Arroyo Seco.

PRIMERA PARTE

Geografía.—El valle de Rioverde forma una llanura amplia y plana que se extiende de N. á S. como 60 kilómetros, y de E. á W. alcanza de 25 á 30 kilómetros, á una altura media de 1,020^m. sobre el nivel del mar; comprendida entre los paralelos 21°45' y 22°15' latitud N. y los meridianos 0°45' y 1°15' al W. del de México.

En el valle de Rioverde se encuentra la población del mismo nombre que unida á la de Ciudad Fernández, como realmente están, tienen una población como de 12,000 habitantes.

Fisiografía.—Este valle está limitado por dos sistemas de montañas que corren de N.W. á S.E., juntándose hacia el Sur y hacia el Norte, más allá del valle de Cerritos.

Por el Oriente están las sierritas pequeñas de la Boquilla. Por el Poniente el sistema de sierras: de Diego Ruiz, Cieneguilla, San Diego y Jabalí, que se extiende mucho al N.S. y W.

Por el Norte está el cerro Vetado y los pequeños cerros de Angostura, y al Sur el cerro de la Campana y la sierrita de las Lágrimas. Al S.W. entre la sierra de San Diego y Jabalí, se encuentran las mayores alturas de la región: El Alisos, Catedral, Pedregoso y Bernalejo, que se levantan entre 1,900 y 2,200 metros sobre el nivel del mar.

Al Norte está el valle de Cerritos á unos 1,100 metros y separado del de Rioverde por los pequeños cerros de Angostura. Al Poniente está el valle de Gallinas y una serie de valles estrechos entre la sierra que se escalonan hasta el nacimiento del río Verde á unos 1,600 metros. Al Oriente está el valle estrecho y largo de Santa Rita y Sanguijuela, á unos 1,050 metros separado del de Rioverde por los cerros de la Boquilla; y al Sur y á una altura de 870 metros, están los valles escarpados de San Sebastián y San José del Tapanco, formados por el río Verde y el río Calabazas respectivamente. Estos dos valles están separados, uno del otro, por la sierrita de las Lágrimas que va de Norte á Sur y que á su vez separan el valle de Rioverde del de San Ciro y Arroyo Seco, que está á una altura de 920 metros.

El río Verde nace en los valles de Tolentino y Armadillo y otros de menor importancia, á una altura de 1,600 metros. Sigue un curso general de N.W. á S.E. hasta Ojo de Agua de Solano, habiendo drenado una extensión de cerca de 300 kilómetros cuadrados; aquí, en Ojo de Agua de Solano, entra al valle de Rioverde y

sólo desde allí lleva agua todo el año; sigue su curso de N.W. á S.E. drenando el valle en el que aumenta mucho sus aguas, tanto que al terminar la llanura, en Paso Real, se le tiene que buscar el vado. Desde Paso Real vuelve á ser escarpado y torrencial, sólo á trechos forma vegas, todas cálidas, profundas y enfermizas como la de San Sebastián, Vaqueros, Pinihuán y Guayabos; se reúne con el río de Santa María, un poco mayor que él, y forman el río de Tampaon ó río Tamuin, que á su vez se une con el Moctezuma y forman el río Pánuco que desemboca en el Golfo.

Al valle de Rioverde concurren las aguas del Norte, del Oriente y del Poniente; las del N. mueren en el valle y las que en las lluvias surcan la superficie, son captadas en Angostura y Pastora. Las del E., lo mismo, al desembocar en el llano se extienden y dejan de surcarlo, á lo más forman pantanos de poca duración. Las del W. se abren paso por dos cortes casi paralelos; por el río Verde que separa la sierra de Diego Ruiz, de los cerros del Volcán y todos los de Tecomates y Ojo de Agua, el único que ya se dijo entra al valle y lo surca en toda su extensión. Y el Arroyo del Caño que separa al Bernalejo y los cerros de Cieneguilla, de las sierras de San Diego y Jabalí, y que sirve de drenaje á una gran parte de estas sierras. En este arroyo hay construído un caño desde época lejana y que alcanza un desarrollo como de 10 kilómetros.

El desagüe de la parte S. de la sierra de Jabalí, se hace por el río Calabazas que limita al valle al Sur.

Geología.—Las rocas que forman el suelo y el subsuelo de esta región, son sedimentarias y eruptivas.

Las sedimentarias son: Pizarras; Calizas compactas

del Cretácico medio; Margas del Cretácico superior; Caliza compacta reciente; travertino y sedimentos actuales.

Las eruptivas son: Rhyolitas y Basaltos.

Pizarras.—Las pizarras afloran sólo en una pequeña fracción del lecho del cañón de la piedra de amolar en Cieneguilla; están muy plegadas, no se les ve fósiles, tienen una dirección general de 50° N.W. y 20° de echado al N.E., á una altura de 1,300 metros sobre el nivel del mar; sobre estas pizarras y al N.E. se ve una arenisca que el Sr. Dr. P. Waitz clasificó de "Psammita de granos de cuarzo en cantidad predominante, feldespatos y pequeños fragmentos de rocas diferentes;" esta roca tiene la dirección y echado de las pizarras; en el centro está la psammita de grano grueso con un espesor de cerca de cuatro metros y arriba y abajo una capa como de 2 metros de psammita de grano fino; roca que se utiliza como piedra de amolar y de allí el nombre del cañón.

Calizas.—Sobre las pizarras vienen las calizas compactas, fosilíferas, que se extienden en una gran extensión formando los cerros de San Bartolo y Angostura, los cerros de la Boquilla y todos los del Sur. En las sierras del W., la caliza forma la sierra de Diego Ruiz; y de Gallinas y de Ojo de Agua al Sur, forma la masa de las montañas dejada al descubierto por las rhyolitas en algunas de las cúspides, en varios cortes ejecutados por la erosión, y en muchos lunares pequeños rodeados de roca eruptiva.

En el cerro del volcán tienen las capas calizas una dirección de 80° N.W. y su echado de 10° S.W.; en este cerro existe, casi en la cima, una caverna de dirección

60° N.E., casi vertical, por la que sale una corriente de aire muy activa, y que, según dicen, algunas veces en el invierno toma el aspecto de una columna de humo, y de allí el nombre del Volcán. El Bernalejo es una de las eminencias de caliza de las que alcanzan 2,000 metros; la parte superior de la montaña tiene una forma cónica y las capas tienen una dirección general de 50° N.W. y 40° de echado al S.W. En el arroyo del caño hay un corte natural como de 60 metros de altura vertical, casi á pico, donde la caliza se presenta en gruesos bancos de 1^m.50 con una dirección general de 50° á 70° N.W. y un echado al S.W. de 8° á 35°. En el cañón de los Alisos se presenta otro corte, donde tiene la caliza una dirección general de 55° N.W. y 15° de echado al S.W. En el cañón de los López se presenta otro corte, la caliza tiene de 45° á 80° N.W. y de echado de 15° S.W. á 20° N.E. En la sierrita de las Lágrimas la caliza tiene una dirección general de 30° N.W. y echado de 16° á 50° al S.W. En la Boquilla las capas calizas tienen una dirección general de 30° N.W. y echado de 15° á 40° al N.E. El arroyo de la presa es un corte transversal á la dirección de las calizas y donde puede verse el carácter ondulado de las capas.

En estos lugares donde se presenta la caliza desnuda y fácil de observar, los lunares múltiples están como el conjunto de estas sierras, cubiertas de tierra vegetal y de exuberante vegetación; pero como se habrá visto por las anotaciones anteriores, puestas de relieve en el plano, las capas calizas forman anticlinales y sinclinales alternados con una dirección general, en la sierra del W. de 60° N.W.; y en la Boquilla de 20° N.W. Este carácter se manifiesta también por los cerros al pie de las se-

iranías; los Melones en Cieneguilla, y los cerros de la Capilla, la Calera y Palomas en Jabalí.

Margas.—Las margas inferiores del Cretácico Superior ó división Cárdenas del Dr. Böse, cubren en una pequeña extensión á las calizas en la parte N.E. de la sierrita de la Boquilla, es decir, en la dirección de Cárdenas.

Caliza reciente.—La caliza reciente, compacta, forma una costra como de 10 metros de espesor, como se ve en los flancos de la meseta de San Juan en el Obrajero; en la parte que forma, por decirlo así, el escalón entre los valles de Rioverde y los de San Sebastián y San José del Tapanco.

Travertino.—El travertino forma una costra que alcanza un espesor de 6 metros, como se ve en las riberas ó paredones del río y que se extiende desde San Bartolo hasta la extremidad Sur del valle, hasta la meseta de San Juan; observándosele un espesor mayor en los manantiales de Plazuela. En una gran parte esta costra está cubierta de tierra vegetal; pero bajo la capa delgada de tierra vegetal, se le ve como en los tajos ó canales hechos en Pastora, en algunos de Rioverde y en otros de la Boquilla. De Rioverde á Plazuela, está al descubierto, y en todo el camino forma una roca dura, áspera, con cavidades que en el llano de Jabalí están llenas de agua y forman una extensa ciénega en la que creció y se desarrolló una vegetación recia, especial hasta constituir bosques casi impenetrables, como se ve aún en la parte oriental de este llano, dirección en que avanza el desmonte que año por año la Hacienda emplea en sus poderosas calderas.

Sedimentos.—Los sedimentos actuales forman, se pue-

de decir, una muy pequeña extensión, concretándose á los conos de deyección de los arroyos en su desembocadura en el valle; como en los vallecitos de Cieneguilla, San Diego y el de la presa del Jabalí, cuencas reducidas, limitadas por el W. por los macizos de la sierra y al E. por los cerros pequeños, que son como las ondulaciones últimas de la caliza ó los estribos últimos de la sierra.

De estos conos de deyección, el único que se extiende algo y que tiene importancia en la hidrología de la comarca, es el de San Diego que avanza hasta Callejones formando algunos lechos permeables al agua.

Rhyolitas.—Las rhyolitas forman una capa extensa de dirección general de N.W. á S.E. que cubrió la formación cretácica en la Serie Pliocena ¹ dejando al descubierto algunas de las eminencias y llenando todas las barrancas y hondonadas preexistentes, algunas veces es de gran potencia, levantándose en partes hasta formar alturas como el cerro de los Alisos en Jabalí á más de 1,900 metros sobre el nivel del mar, y hacia el W. forma alturas mayores. Sigue á través del valle llenando una gran parte, sobre la que reposan las capas de travertino como se ve claramente en el cauce del río de Paso Real.

Del lado S.E. del valle, vuelve á levantarse con los mismos caracteres que en el W., cubriendo las calizas, pero dejándolas aflorar en los puntos que su espesor no llegó á cubrirlas, ó en las que la erosión y denudación posteriores han vuelto á descubrir.

La roca está surcada en algunos lugares de venas de

¹ Sr. Aguilera en "Distribución geográfica y geológica de los criaderos minerales de la República Mexicana."—Anuario de la Ac. Mex. de Ciencias, t. V, 1899.

Sr. Villarello en Hidrología de los alrededores de Querétaro.—Parergones del Instituto Geológico de México, t. I, núm. 8.

cuarzo y pedernal, como en el lugar conocido con el nombre de la Cuchillita. También tiene muchos núcleos, de muy variadas dimensiones, de una roca que el Sr. Doctor P. Waitz clasificó como "Obsidiana rhyolítica con esferolitas y cristales de sanidino, plagioclasa y cuarzo en base vidriosa fluidal."

Basalto.—Adelante de Estancia Nueva, en el arroyo del Caño, la erosión ha dejado al descubierto un dique de una roca maciza y compacta, que entre la rhyolita atraviesa la barranca y que el Dr. Waitz clasificó como "basalto de plagioclasa, con plagioclasa, augita y olivino (probablemente también sanidino) en vidrio muy obscuro."

Esta roca no derramó al exterior, sino que quedó entre la rhyolita bajo la forma de diqué de roca intrusiva con dirección N.S. y que la formación de la barranca ha venido á poner al descubierto en la parte que lo atraviesa.

De la caliza, en muchas partes marmorizada, no se obtiene ningún producto industrial fuera de la cal, que también la obtienen del travertino en Rioverde y Plazuela.

Entre la caliza sólo hay un pequeño yacimiento de hematita en el cerro del Almagre, al W. de Santa Rita. A una altura de 1,260 metros hay una cata como de 5 metros sobre una cinta de 0^m.30 que en el fondo sólo tiene 0^m.05 de espesor con una dirección de 70° N.W. y 80° de echado al S.W.

Con muchas dificultades y condiciones los guías se atrevieron á enseñarme dos minas, según ellos, en San Diego y Jabalí; las dos consistían en catas que no tendrían más de un metro y medio de excavación y en las

que debe haber habido algunos núcleos pyritosos en la rhyolita, pero sin importancia. En la proximidad del contacto de la rhyolita con la caliza, especialmente de Pescadito á la Manga se notan productos de alteración y metamorfismo sin que constituyan criaderos de substancias explotables, al menos en la actualidad; solamente se utiliza la "Piedra de fuego" que es una rhyolita kaolinizada y que emplean en las parrillas de los trapiches, y el barro, del que se obtienen muy buenas tejas y ladrillos en San Diego y Cieneguilla.

La roca más utilizada es el travertino, que en Rioverde llaman cantera; sirve como material de construcción, obteniendo losas muy resistentes de 1 metro por 1^m.50 por 0^m.25, que sirven para cubrir los puentes de los caños al atravesar las calles, y sirve también para la fabricación de la cal.

Hidrología.—En el valle hay varios manantiales;¹ pero los principales y los que desempeñan un papel muy importante en la hidrología de la región, son relativamente pocos: la Media Luna en Jabalí; Ojo de Agua de Solano y el Nacimiento de San Diego.²

Con el agua de la Media Luna se riega: parte de las Municipalidades de Ciudad Fernández y Rioverde, y una porción de la Hacienda de Jabalí, y además, el agua que forma las ciénegas entre Jabalí y el río.

Ojo de Agua de Solano suministra: agua para regar una porción de la finca de Ojo de Agua, la que sigue el curso exterior del río y la que camina entre la gruesa capa de arena del lecho del río.

1 Más bien resurgencias ó falsos manantiales de Martel.

2 El Huascamán no pertenece propiamente al valle de Rioverde.

El Nacimiento suministra agua para regar toda la porción plana de la Hacienda de San Diego.

La Media Luna toma su nombre de la forma del manantial de cuyas ramas extremas parten: por un lado los canales de Ciudad Fernández y Rioverde, y de la otra el río enterrado.

Según datos que adquirí, por informaciones de varias personas; por los canales citados se toma agua en la cantidad de 4,000 litros por segundo, de los que le pertenecen: á Rioverde, 1,800 litros; á Ciudad Fernández, 1,200, y el resto á la Hacienda de Jabalí; no pude averiguar qué cantidad se le había asignado al río enterrado para apreciar el gasto total; pero según esos datos, sólo por los canales pasan 345.600,000 de litros cada 24 horas.

Para admirar bien este manantial, es indispensable embarcarse en una canoa que poseen en Jabalí en el Canal de Ciudad Fernández que es el más al Poniente; á través del agua cristalina, ligeramente azulosa, se ven muy claramente todas las piedrecillas y plantas que tapizan el fondo; al llegar y entrar al manantial se siente una grande y viva impresión, de repente se pierde el lecho y sólo se ve un abismo azul sin fondo. En las cercanas orillas las plantas suben formando espesos tapices que cubren las paredes que sólo á trechos se encuentran desnudas, y entre la masa de agua, se ven en el lado W. unos acantilados de caliza estratificada que se abre y se desgarran formando la boca irregular de una caverna sinuosa y toda llena de agua.

Este manantial aparece en el valle como á 9 metros sobre el nivel de la Ciudad de Rioverde. Como á unos 500 metros al N.W. se levantan las colinas calizas de la Media Luna y la Calera que constituyen el cerro más

próximo. La llanura del valle se extiende al N.E. y alrededor, todo el piso es una gruesa costra de travertino de que ya se hizo mención; sobre esta roca va el río enterrado que á unos 1,500 metros ya está muy disminuído y donde se puede ver el proceso de crecimiento de la capa de toba caliza.

Las paredes en su crecimiento van formando como cornisas voladas bajo las que corre el agua, viéndose destacar un surco sinuoso como de lentes alargados, que á la vez que crece una pared contra la otra, crece hacia arriba. A trechos se juntan y forman puentes muy resistentes¹ hasta que esta capa es continua y desaparece todo vestigio de corriente de agua.

El agua tiene una temperatura de 22°5. A continuación pongo dos cuadros de análisis de aguas procedentes de este manantial que se deben á la bondad del personal de la Estación Agrícola Experimental de Rioverde.

Las muestras de que se hicieron estos análisis fueron tomadas en las cercanías de Rioverde, es decir, como á unos 9 kilómetros del manantial, pero servirán para dar idea de la composición de sus aguas.

La muestra de los Alonsos se tomó al llegar el canal á la ciudad, y la de la Cruz Verde, cuando el agua ha pasado por la ciudad y ha recibido algunos albañales.

Análisis físico

| AGUA DE LOS ALONSOS | AGUA DE LA CRUZ VERDE |
|------------------------|-----------------------|
| Reacción neutra..... | Reacción neutra. |
| Color cristalino..... | Color cristalino. |
| Sabor malo..... | Sabor malo. |
| Olor ninguno..... | Olor ninguno. |
| Temperatura 23° C..... | Temperatura 25° C. |

¹ Yo ví pasar carros cargados como con 2 toneladas sobre una capa como de 30 centímetros.

Análisis químico¹

| | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Dureza total..... | 70°h. | 76°h. |
| Dureza temporal..... | 28°h. | 38°h. |
| Dureza permanente..... | 42°h. | 40°h. |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (solución ácida)..... | 0 ^{gr} -0040 | 0 ^{gr} -0100 |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (solución alcalina)..... | 0 .0010 | 0 .1695 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (solución ácida)..... | 0 .0010 | 0 .0240 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (solución alcalina)..... | 0 .0025 | 0 .0429 |
| Materia orgánica (solución ácida). | 0 .0080 | 0 .0199 |
| Materia orgánica (solución alcalina) | 0 .0020 | 0 .3380 |
| Anhidrido carbónico total..... | 0 .2904 | 0 .2760 |
| Anhidrido carbónico libre..... | 0 .2768 | 0 .1977 |
| Acido sulfúrico..... | 0 .1330 | 0 .3796 |
| Cal..... | 0 .1723 | 0 .1154 |
| Magnesia..... | 0 .0495 | 0 .1483 |
| Carbonato de cal..... | 0 .0309 | 0 .1957 |
| Sulfato de cal..... | 0 .3780 | 0 .0140 |
| Sulfato de magnesia..... | 0 .1500 | 0 .4500 |
| Residuo á 110°..... | 16 .2000 | 16 .0000 |
| Acido nítrico..... | Trazas. | Trazas. |
| Acido nitroso..... | Trazas. | Trazas. |
| Azoe amoniacal..... | 0 ^{gr} -0001 | 0 ^{gr} -0058 |
| Azoe orgánico..... | 0 .0001 | 0 .0025 |
| Cloro..... | 0 .0158 | 0 .0294 |

¹ Datos relativos á 1 litro de agua, tomando como unidad de peso el gramo.

| | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Hidrógeno sulfurado..... | 0 ^{gr.} 2771 | 6 ^{gr.} 2900 |
| Potasa..... | 0 .0179 | 0 .0270 |
| Sosa..... | 0 .0013 | 0 .0010 |
| Acido fosfórico..... | 0 .0008 | 0 .0154 |

En relación con la Media Luna existe al S.W., como á 500 metros, la laguna de Tlacotes; una depresión del terreno siempre llena de agua, que parece ser como otro orificio ó boca de la misma caverna. Allí se observa un descenso en el nivel del agua después de las sequías prolongadas.

Este manantial es del verdadero tipo de las fuentes de las calizas ó Vauclusianas, muy abundante, constante y de agua muy clara en todo tiempo.

Circula por una gruta ó caverna subterránea entre la caliza, de la que no se conoce el trayecto y sólo se conoce su salida, y que proviene de drenar una gran porción de las sierras y mesas y valles que se extienden al W.

Porque por ejemplo: El Arroyo de los Alisos tiene su nacimiento en la meseta del cerro de Catedral que se eleva á más de 2,000 metros sobre el nivel del mar, sigue su curso escarpado sobre la roca eruptiva hasta el punto conocido con el nombre de Paso de los Alisos adonde llega aproximadamente con 300 litros por segundo, y que según me dijeron estaba muy cercano de su gasto mínimo anual; allí en ese lugar entra á la formación caliza y á unos 30 metros sólo una cantidad insignificante de agua sigue por el cauce exterior del arroyo, la mayor parte sigue un curso subterráneo que se manifiesta por los orificios no sumergidos. En el primero fácilmente se puede introducir una vara y hasta los dedos; está en los

lechos de las capas calizas y sigue en el sentido de la estratificación, en la parte visible.

En el cerro del Pedregoso, del Puerto de las Azules, baja un arroyo que al llegar al punto El Resumidero, desaparece; es un hoyo como de 4 metros de profundidad y en la boca tiene como 4 metros por 1^m-50, el agua en el fondo sigue por grietas estrechas; á pocas centenas de metro de curso subterráneo, el agua vuelve al exterior para desaparecer adelante siempre entre la caliza y no se le vuelve á ver más.

Y así varios cursos pequeños de agua que ví, se mantienen al exterior mientras caminan sobre la roca eruptiva y desaparecen en la caliza que tiene muchas grietas y cavernas que absorben todos los cursos de agua normales. Sólo en las lluvias los orificios en los lechos de los arroyos no son suficientes para absorber toda el agua y el excedente sigue el curso exterior hacia el valle. Probablemente todos estos trayectos subterráneos se reunen con otros mayores y más largos, y ya unidos tienen su desembocadura al exterior por la galería inundada de la Media Luna.

El Ojo de Agua de Solano aparece al pie de un cerro de caliza; es menos abundante que la Media Luna, vierte sus aguas directamente al río, la salida está rodeada de una mampostería que levanta el agua y le da una sobrecarga, por lo que no es posible ver nada del orificio de salida, y desde este punto es de donde el río lleva agua todo el año. Este manantial es del mismo carácter que la Media Luna; uno de los orificios de esta caverna subterránea está en el cerro del Volcán y otro en la cueva de los Organos. Todo lo que se ha dicho de la circulación

de las aguas de la Media Luna, puede decirse de la de Ojo de Agua.

La comparación de sus análisis muestra la semejanza en sus componentes, y por lo tanto la semejanza de sus orígenes.

Análisis físico

| OJO DE AGUA DE SOLANO | RIOVERDE |
|-----------------------|--------------------|
| Reacción neutra..... | Reacción neutra. |
| Color cristalino..... | Color cristalino. |
| Sabor bueno..... | Sabor malo. |
| Olor ninguno..... | Olor ninguno. |
| Temperatura 29° C.... | Temperatura 23° C. |

Análisis químico

| | | |
|---|-----------------------|-----------------------|
| Dureza total..... | 74°h. | 94°h. |
| Dureza temporal | 10°h. | 68°h. |
| Dureza permanente..... | 64°h. | 26°h. |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (solución ácida)..... | | 0 ^{gr} .0004 |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (solución alcalina)..... | | 0 .0004 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (solución ácida)... | | 0 .0009 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (solución alcalina). | | 0 .0010 |
| Materia orgánica (solución ácida)... | | 0 .0070 |
| Materia orgánica (solución alcalina)..... | | 0 .0079 |
| Anhidrido carbónico total..... | 0 ^{gr} .9808 | 0 .4038 |
| Anhidrido carbónico libre..... | 0 .0594 | 0 .0099 |
| Acido sulfúrico..... | 0 .4985 | 0 .1308 |
| Cal..... | 0 .4022 | 0 .4954 |

| | | |
|--------------------------|-----------------------|-----------------------|
| Magnesia..... | 0 ^{sr} .0129 | 0 ^{sr} .2680 |
| Carbonato de cal..... | 0 .1236 | 0 .2884 |
| Sulfato de cal..... | 0 .8120 | 0 .8120 |
| Sulfato de magnesia..... | 0 .0375 | 0 .0875 |
| Residuo á 110°..... | | 17 .2000 |
| Acido nitroso..... | | Trazas. |
| Acido nítrico..... | | Trazas. |
| Azoe amoniacal..... | | 0 ^{sr} .0006 |
| Azoe orgánico..... | | 0 .0004 |
| Cloro..... | | 0 .0156 |
| Hidrógeno sulfurado..... | | 0 .2941 |
| Potasa..... | | 0 .0386 |
| Sosa..... | | 0 .0162 |
| Acido fosfórico..... | | 0 .0126 |

El Nacimiento de San Diego es una fuente que al principio en su formación es parecida á las anteriores; aquí el agua no alcanza profundidad, porque encuentra el lecho impermeable de las pizarras que tienen su afloramiento al N. muy cercano, y luego la circulación subterránea es interrumpida por el dique de basalto que le sirve de barrera, que tiene su afloramiento un poco abajo al E: atravesando el arroyo antes de llegar á Estancia Nueva.

Este manantial es muy variable en su gasto, en las lluvias da un caudal muy respetable y en las sequías casi se agota; su salida aparece entre blocks desordenados en varios puntos, casi puede llamarse una fuente de curso temporal. En la época que lo ví, la Hacienda de San Diego aprovechaba como una cuarta parte que recogía un caño muy antiguo construído para el efecto, y que llega hasta la Hacienda; las otras tres partes siguen el curso exterior del arroyo infiltrándose entre las arenas del lecho la mayor parte, y la restante que avanza

hasta el valle, la capta San Diego y la emplea en el riego.

El agua infiltrada probablemente sigue las arenas del delta del arroyo que son en su mayoría provenientes de la roca eruptiva que cubre las calizas y llega hasta Callejones, donde alimenta los lechos acuíferos sembrados de norias que surten de agua potable á Rioverde y Ciudad Fernández.

En su trayecto á través de las arenas, las aguas han sufrido una filtración; pero al llegar á Callejones y avanzar al E. se mezclan y se contaminan con las aguas infiltradas de los riegos que se hacen con agua de la Media Luna.

Hay otros manantiales pequeños: Puentecitos, Arroyo Hondo, Las Higueras, San Antonio, Ojo de Agua en Ciudad Fernández y otros muchos, todos en la ribera W. del río ó sea del lado de donde está la parte regada, todos están casi al mismo desnivel de la planicie concordando también con la capa de agua de los pozos de las casas que en Ciudad Fernández están á 7^m.60 y en Rioverde á 2^m.50; todas las aguas de los manantiales y pozos tiene 23°.5 á 23°.7 C., por lo que es de suponer que toda esta capa de agua es proveniente del agua infiltrada del riego que se hace con la de la Media Luna. Se ha dado el caso que suprimiendo el agua en las acequias se agote el agua de los pozos próximos; debido también á que entonces se hace una extracción más activa en ellos; algunos manantiales salen entre el travertino y otros los cubre la tierra vegetal; los pozos atraviesan la tierra vegetal, y luego se encuentra la costra de toba caliza. Los análisis de algunos de estos manantiales son los siguientes:

Análisis físico

| | Arroyo Hondo | Las Higueras | Ojo de agua de C. Fernández |
|------------------|--------------|--------------|-----------------------------|
| Reacción..... | Neutra.... | Neutra..... | Neutra. |
| Color..... | Cristalino. | Cristalino. | Cristalino. |
| Sabor..... | Bueno..... | Bueno..... | Bueno. |
| Olor..... | Ninguno... | Ninguno... | Sulfuroso. |
| Temperatura..... | 23° C..... | 23° 5 C..... | 23° 5 C. |

Análisis químico

| | | | |
|-----------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Dureza total..... | 50°h. | 116°h. | 82°h. |
| Dureza temporal..... | 14°h. | 4°h. | 6°h. |
| Dureza permanente..... | 36°h. | 112°h. | 76°h. |
| Anhidrido carbónico total.. | 0 ^{gr} .1977 | 0 ^{gr} .0371 | 0 ^{gr} .0621 |
| Anhidrido carbónico libre.. | 0 .0742 | 0 .0098 | 0 .0395 |
| Acido sulfúrico..... | 0 .2655 | 0 .8478 | 0 .4995 |
| Cal..... | 0 .2071 | 0 .7099 | 0 .3996 |
| Magnesia..... | 0 .4495 | 0 .1650 | 0 .1287 |
| Carbonato de cal..... | 0 .1547 | 0 .0618 | 0 .0515 |
| Sulfato de cal..... | 0 .2940 | 1 .2460 | 0 .7980 |
| Sulfato de magnesia..... | 0 .1500 | 0 .2500 | 0 .1950 |

Como á 6 kilómetros al S.E. de la Media Luna existe un pequeño manantial con 30° de temperatura, de agua cristalina y que parece estar cargada de sales de cal.

La capa de agua en Callejones está á 6^m.50 en Callejones de arriba y á 3^m.40 en Callejones de abajo, su temperatura es de 22° á 23° y se le encuentra entre lechos de arena; en las sequías prolongadas, desciende su nivel.

Siguen tres análisis proporcionados todos por la Estación Agrícola Experimental. La noria de San Balandrán que está en Callejones de abajo, la noria Municipal en Callejones de arriba, y del agua de esta misma noria en el depósito de la Ciudad de Rioverde después de un trayecto como de 4 kilómetros entre un tubo de barro.

Análisis físico

| | San Baladrán | Noria Municipal | Depósito en la ciudad |
|----------------|---------------------------|-----------------|-----------------------|
| Reacción..... | Neutra..... | Neutra.... | Neutra. |
| Color..... | Ligeramente ambarino.. | Cristalino. | Cristalino. |
| Sabor..... | Bueno..... | Bueno..... | Bueno. |
| Olor..... | Ninguno..... | Ninguno.. | Ninguno. |
| Temperatura... | 22° C..... | 22° 5 C.... | 21° C. |

Análisis químico

| | | | |
|---|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| Dureza total..... | 23°h. | 17°h. | 17°h. |
| Dureza temporal..... | 7°h. | 2°h. | 3°h. |
| Dureza permanente..... | 16°h. | 15°h. | 14°h. |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (sol. ácid.)..... | 0 ^{gr} -0005 | 0 ^{gr} -0007 | 0 ^{gr} -0005 |
| Permanganato gastado para oxidar la materia orgánica (sol. alcal.)..... | 0 .0040 | 0 .0004 | 0 .0006 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (sol. ácid.)..... | 0 .0001 | 0 .0002 | 0 .0001 |
| Oxígeno gastado para oxidar la materia orgánica (sol. alcal.)..... | 0 .0010 | 0 .0001 | 0 .0001 |
| Materia orgánica (solución ácid.)..... | 0 .0009 | 0 .0002 | 0 .0009 |
| Materia orgánica (solución alcal.)..... | 0 .0039 | 0 .0008 | 0 .0011 |
| Anhidrido carbónico total.. | 0 .0507 | 0 .0750 | 0 .1795 |
| Anhidrido carbónico libre.. | 0 .0098 | 0 .0277 | 0 .0099 |
| Acido sulfúrico..... | 0 .1059 | 0 .0327 | 0 .0248 |
| Cal..... | 0 .1077 | 0 .0708 | 0 .0836 |
| Magnesia..... | 0 .0124 | 0 .0083 | 0 .0069 |
| Carbonato de cal..... | 0 .0927 | 0 .1030 | 0 .1339 |
| Sulfato de cal. | 0 .1400 | 0 .0280 | 0 .0210 |

| | | | |
|--------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|
| Sulfato de magnesia..... | 0 ^{gr} 0375 | 0 ^{gr} 0250 | 0 ^{gr} 0128 |
| Residuo á 110°..... | 3 .6000 | 0 .2800 | 0 .2100 |
| Acido nitroso..... | 0 .0000 | 0 .0000 | 0 .0000 |
| Acido nítrico..... | 0 .0000 | 0 .0000 | 0 .0000 |
| Azoe amoniacal..... | 0 .0002 | 0 .0001 | 0 .0007 |
| Azoe orgánico..... | 0 .0001 | 0 .0001 | 0 .0002 |
| Cloro..... | 0 .0337 | 0 .0227 | 0 .0249 |
| Hidrógeno sulfurado..... | 0 .0000 | 0 .0000 | 0 .0000 |
| Potasa..... | 0 .1266 | 0 .0067 | 0 .0212 |
| Sosa..... | 0 .0427 | 0 .0030 | 0 .0030 |
| Acido fosfórico..... | 0 .0016 | 0 .0002 | 0 .0002 |

No es posible dar datos ni formarse idea sobre las lluvias que abastecen estas comarcas y comparar con el gasto del río y las fuentes y los manantiales, por carecer casi por completo de estaciones meteorológicas; hasta en la actualidad en Rioverde, la Estación Agrícola Experimental está haciendo observaciones y como aun está en vías de formación, en los pocos meses que lleva de registros de lluvias faltan otros como los de evaporación, que debe ser muy activa como hacen suponerlo la alta temperatura y las lluvias que no son muy abundantes en la comarca. Pongo á continuación un cuadro de temperaturas y lluvia, debido también á la Estación Agrícola Experimental.

| | Temperatura media mensual | Cantidad de lluvia |
|-------------------|---------------------------------|--------------------------|
| | — — o | — — mm |
| 1907. Agosto..... | 19.4 | 45.9 |
| Septiembre..... | 24.3 | 54.7 |
| Octubre..... | 20.9 | 30.7 |
| Noviembre..... | 18.5 | 31.0 |
| Diciembre..... | 12.8 | 23.0 |
| 1908. Enero..... | 15.8 | 53.5 |
| Febrero..... | 17.8 | |
| Marzo..... | 20.7 | |

Abastecimiento de agua.—El abastecimiento de agua puede hacerse por medio de pozos profundos y pozos no profundos.

Pozos profundos.—Los pozos profundos pueden ser brotantes ó artesianos y no brotantes. Los pozos con aguas brotantes pueden obtenerse en una pequeña extensión del valle al N.W. de la parte estudiada, y marcada en el plano adjunto como zona probable de aguas brotantes, necesiéndose hacer como 300 metros de perforación. Los no brotantes serán más numerosos y pueden perforarse con buen éxito en una mayor extensión, quizá en todo el valle, pero necesitarán del establecimiento de bombas para la extracción del agua.

Según nos lo indica el corte geológico correspondiente, anexo al plano, un taladro después de atravesar la capa delgada de tierra vegetal y la costra de travertino, probablemente encontrará la rhyolita en algunos lugares, después la caliza y luego las pizarras inferiores. Contando con estos elementos, vamos á analizar las probabilidades que existan para que el agua sea brotante. En su obra clásica Mr. Chamberlin¹ dice, que se necesita:

1.º Un estrato permeable para permitir la entrada y paso del agua.

2.º Un lecho impermeable inferior para evitar el escape del agua hacia abajo.

3.º Un lecho impermeable superior para evitar el escape del agua hacia arriba.

4.º Una inclinación de estos lechos, de tal manera, que

1 T. C. Chamberlin. The requisite and qualifying conditions of artesian wells. Fifth Annual Report U. S. Geol. Survey.

el nivel del afloramiento de la capa en que el agua entra sea más alta que la boca del pozo.

5.º La zona superficial de infiltración debe estar de manera de recibir una cantidad de agua suficiente.

6.º Una cantidad de lluvia suficiente para suministrar este abastecimiento en la zona superficial de infiltración, y

7.º Ausencia de cualquier escape para el agua á un nivel inferior de la boca del pozo.

La primera condición la encontramos satisfecha; siendo la caliza nuestro medio permeable, que posee una permeabilidad en grande á causa de las múltiples lito-clasas y á la no exacta adaptación de los estratos, producido todo esto, como nos lo dicen los Sres. Aguilera y Ordóñez,¹ á la falta de elasticidad cuando la presión lateral que determinó el carácter orogénico de la formación caliza en anticlinales y sinclinales de que ya se ha hecho referencia al hacer la descripción geológica de la región; y después á los fenómenos de disolución de la caliza por las aguas cargadas de ácido carbónico.

Mr. Chamberlin dice en su obra ya citada, que “esta acción se ejerce, principalmente, por las aguas superficiales, y antes de penetrar éstas profundamente, se ha agotado ya su poder disolvente,” y adelante dice: “sin embargo, las perforaciones hechas en las calizas que han sido alguna vez expuestas á esta acción superficial y por consiguiente fisuradas y canalizadas y después cubiertas bajo un manto grueso de limo cuaternario, tienen algunas veces éxito. No pocos pozos brotantes se han

¹ Aguilera y Ordóñez.—Los derrumbes de Santa Catarina, *Diario Oficial* 16 de Enero de 1896.

derivado de esas calizas," y las muestras estuvieron expuestas desde la época de su emergencia, y el cretácico superior, hasta el plioceno que fueron cubiertas por las rhyolitas y después éstas por la costra de travertino y los sedimentos actuales; y estos dos factores reunidos, las múltiples litoclasas y lo cavernoso de las calizas, nos aseguran la existencia del medio permeable.

La segunda también la tenemos satisfecha, puesto que se ha visto que las calizas están soportadas por las pizarras.

La tercera que es aún más importante que la anterior, como lo sugieren autoridades como Chamberlin y Lapparent, necesita mucha atención. Nuestro medio permeable está cubierto superiormente por la corriente rhyolítica. Las rhyolitas pueden considerarse en parte como impermeables, especialmente donde adquieren un gran espesor, y en parte pueden ser también de permeabilidad en grande, por las diaclasas y paraclasas que pueden existir, y en algunos casos estas rhyolitas aun pueden faltar en algunas de las partes superiores de las ondulaciones de las calizas, de una manera semejante á como se observa en los pliegues de las sierras.

Si la corriente rhyolítica en el subsuelo del valle fuera continua y gruesa, casi tendríamos asegurado que el agua sería brotante, dadas las demás condiciones. Pero ya se dijo que el manantial de la Media Luna aparece en el valle como á 9 metros sobre la Ciudad de Rioverde, y la salida es una caverna formada de caliza estratificada, como se ve á través de la masa de agua, es decir, aquí se ve que la rhyolita no es continua. El río que surca el valle que es el único tajo que existe, camina sobre arena y sobre el travertino, en su mayor extensión,

sin dejar ver la formación inferior; sólo al salir del valle, donde adquiere fuerte pendiente va sobre la rhyolita, y por lo mismo en el valle, que es la parte esencial, no nos suministra datos para fijar de una manera precisa, si esta cubierta se puede considerar continua, y como sólo podemos compararla á lo que se observa en los límites del valle al W. y al E., se puede decir que no es continua.

Podíamos deducir el carácter de esta cubierta si poseyéramos datos de lluvias y de evaporación en el valle y en la cuenca del río, para comparar con los gastos de todos los manantiales y el del río al salir del valle, para ver qué cantidad de agua pudiera aparecer en el lecho del río y deducir su procedencia; porque si el agua artesiana ascendiera por algún lugar donde faltara la rhyolita, hasta la costra de travertino, que ya se dijo es gruesa y extensa, y siguiera un trayecto, quizá largo, por entre esa costra, no sería extraño que perdiera su temperatura de agua artesiana; y por eso el agua, al llegar al canal del río, ya no se manifiesta como manantial termal, pero carecemos de todos esos datos con los que podríamos conjeturar sobre la procedencia del exceso, si lo había, dadas las relaciones de lluvias con las aguas consumidas por la vegetación y la evaporación.

El mismo caso podría suceder si la rhyolita, siendo continua, estuviera sembrada de paraclasas que permitieran el escape de toda el agua con presión hasta el travertino y allí se extendiera y perdiera su temperatura de agua artesiana.

La 4.^a está satisfecha como lo muestra el corte referido: al W. el valle está limitado por anticlinales que se levantan hasta 500 metros con gargantas á 150 y 200

metros sobre el valle, y al E. también por un anticlinal que se levanta hasta 200 metros y á uno y otro lado siguen los pliegues cada vez más elevados.

La 5.^a y la 6.^a, también se encuentran satisfechas, al N. y W. hay extensos afloramientos de la caliza, y donde, presumiendo por el cuadro de lluvias dado antes, ésta debe bastar para alimentar el medio permeable.

La 7.^a no es forzoso que se verifique en la forma expresada anteriormente, sino que Mr. Daubrée ¹ nos la expresa mejor, diciendo "que el agua será brotante si la boca del pozo está bajo la superficie piezométrica."

Tenemos otro dato que señala Mr. I. C. Russell,² quien hablando de las indicaciones superficiales para la existencia del agua bajo presión ó brotantes, dice: "La presencia de condiciones artesianas es más frecuentemente inferida de la estructura de una cuenca, pero la confirmación de la suposición de que existe el agua bajo presión, puede frecuentemente tenerse de la presencia de fuentes termales," y nosotros tenemos: al S.E. de la Media Luna, Ojo Caliente, pequeño manantial con 30° de temperatura, y fuera del valle, al W., y muy cerca de San Sebastián, Ojo Caliente de San Sebastián, manantial abundante con 31° de temperatura.

En vista de todo lo anterior, vemos que: de todas las condiciones indispensables requeridas para la existencia del agua bajo presión, sólo la 3.^a es dudosa, y por consecuencia es mayor el número de probabilidades que existen para que el agua subterránea sea brotante; especialmente al N.W. de Rioverde; porque al S.W. mu-

1 A. Daubrée.—Les eaux souterraines à l'époque actuelle.

2 I. C. Russell.—Preliminary report on artesian basins in Southwestern Idaho and Southeastern Oregon.—Water Supply and Irrigation paper, núm. 78.

chas de las aguas infiltradas en las calizas de la sierra y que pudieran aumentar la presión del agua inferior, son drenadas por los canales subterráneos que desaguan por la Media Luna, y para esta región hemos calculado la profundidad aproximada de 300 metros; porque suponemos que las calizas siguen el carácter ondulado, y dado el echado en sus afloramientos últimos como en los cerros de los Melones, la profundidad á que se encontrarán las pizarras no distará de los 300 metros en esa región; por el E. de Rioverde éstas se encontrarán más bajas probablemente, puesto que estas calizas se aproximan al cretácico superior ó división Cárdenas.

Pero las aguas de estos pozos profundos, brotantes y no brotantes, estarán cargadas de sales de cal, puesto que toda su circulación tiene que haber sido entre las calizas, y lo probable es que el agua no sea potable, y por lo mismo inconveniente para la alimentación de los habitantes, dado el alto grado hidrotimétrico que en la localidad tienen todas las aguas que han circulado extensamente entre las calizas; á menos que de una manera muy casual, el taladro tropezara con alguna paraclasa de la rhyolita en la que el agua hubiera tenido un trayecto extenso, suficiente para que éstas, en su continuado movimiento ascendente, fueran depositando sus sales de cal en los respaldos de la paraclasa y así, empobreciéndose hasta llegar á ser potables; pero esto sería como, se ha dicho, muy casual.

Pozos no profundos.—Los pozos no muy profundos que se hagan de Callejones hacia San Diego y al pie de toda la sierra del W. del valle, suministrarán agua potable, y en general, todos los que sus aguas no hayan tenido una extensa circulación entre las calizas. Debien-

do tenerse gran cuidado al cavar un pozo de éstos de que en sus cercanías no existían letrinas, albañales y alguna vez algún cementerio y demás focos de infección para evitar que se contaminen las aguas, debiéndose hacer lo posible por establecer filtros apropiados para estar más seguro de la pureza de dichas aguas.

SEGUNDA PARTE

Geografía.—El valle de San Ciro y Arroyo Seco, está comprendido entre los paralelos $21^{\circ}45'$ y $21^{\circ}25'$ de latitud Norte, y los Meridianos $0^{\circ}45'$ y $0^{\circ}30'$ de longitud W. de México. Se extiende de N.W. á S.E. como unos 28 kilómetros y su anchura es como de 12 kilómetros á una altura media sobre el nivel del mar de 920 metros.

En este valle se encuentra el pueblo de San Ciro en su parte septentrional, que pertenece al Distrito de Rioverde, S. L. P., y el de Arroyo Seco en su extremidad Sur, del Distrito de Jalpan, Estado de Querétaro. Está comprendido entre dos sistemas de montañas que corren de N.W. á S.E.; el sistema del W. se extiende mucho al N.S. y W. y es prolongación S. de la Sierra del Jabalí en Rioverde.

Como ya se dijo, al N. se encuentran los valles estrechos de San Sebastián y San José del Tapanco que lo separan del de Rioverde; al E. siguen los valles profundos y escarpados que forma el río Verde; al Sur los muy profundos que forma el lecho del río de Santa María, y al W. se extiende la sierra.

No existe ninguna corriente superficial que lleve agua siquiera algunos meses del año. Los torrentes que bajan

del W. y S.W. en las lluvias, al llegar al valle, se amortigua su corriente y se convierten en talwegs que terminan en las diferentes lagunas de que se hablará después.

Este valle, por su producción, puede dividirse en tres partes: una parte muy plana de tierras muy negras y muy gruesas, otra parte que en los años de grandes lluvias se convierte en lacustre y pantanosa, las dos notables por la abundancia de sus cosechas y la tercera pedregosa y casi nada utilizable.

Geología.—Las rocas que existen son sedimentarias y eruptivas. Las sedimentarias son calizas, margas y sedimentos actuales, y las eruptivas son rhyolitas y basaltos.

Calizas.—Las calizas del Cretáceo medio¹ son las mismas de que se trató al hablar del valle de Rioverde, forman todas las serranías y cerros aislados; son compactas, fosilíferas; tienen multitud de grietas, de resumideros, de cavernas y hasta derrumbes extensos.

Margas.—Las margas cubren á las calizas en los cerros del S.W. del valle y algunos del E.

Sedimentos.—Los sedimentos actuales cubren la parte N.W. del valle, la S.E. que forma el lecho del Arroyo Seco y está llenando la parte lacustre.

Rhyolitas.—Las Rhyolitas sólo se ven entre la sierra del W. formando una capa delgada, y por lo mismo muy alterada, que cubre algunas cañadas, pero en el valle ya no vuelve á aparecer, lo mismo que por el N., el W. y el S.

Basalto.—El “Basalto de plagioclasa, con plagioclasa, augita (de titanio?) y olivino en vidrio obscuro,” según

¹ Aguilera y Ordóñez.—En los derrumbes de Santa Catarina.

clasificación del Sr. Dr. P. Waitz, aparece desde la esquina N.W. del valle en forma de una corriente hasta un poco al Sur de San Ciro; allí se extiende cubriendo toda la anchura del valle y se levanta formando las lomas de Galván á un poco más de 1,000 metros sobre el nivel del mar; sigue al S.E. pasando por Arroyo Seco hasta Concá; y de allí sigue formando el lecho del río de Santa María, obligando á la corriente á cavar su cauce algunas veces entre el contacto del basalto y la caliza, y otras en el basalto solo.

De puerto Martínez al Sur, el basalto forma una especie de dique á las aguas, obligando á todos los talwegs á reunirse para dejarse atravesar por ellos en un solo punto, donde los efectos mecánicos de las corrientes han formado un arroyo con saltos y hoyos en su lecho, que en la localidad utilizan como depósitos de agua llamados albercas. Allí se ve al basalto formando capas horizontales hasta de 3 metros de espesor, semejando una estratificación en bancos.

El pueblo de Arroyo Seco está á la mitad de la cañada entre los cerros de la Cantera al W. y los cerros de la Sanguijuela al E., todos de calizas. La corriente basáltica ocupa de Arroyo Seco al W. hasta el pie de los cerros de la Cantera; de Arroyo Seco al E. el piso es todo de acarreo transportado por el arroyo en sus avenidas.

Al Sur de Arroyo Seco la cañada se estrecha y toda viene á estar ocupada por la corriente basáltica; aquí está la bajada al río de Santa María á 580 metros de altura sobre el nivel del mar. En el brusco descenso del arroyo al río se ve el basalto muy desgarrado formando agujas, columnas y acantilados inaccesibles, algunos

hasta de más de 100 metros de altura, y como desde Arroyo Seco hasta el río existe el basalto, puede asignarsele aquí un espesor entre 350 á 400 metros.

Al traspasar el anticlinal oriental que limita al valle, por la mayor parte de los lechos de las barrancas se continúa la corriente basáltica, teniendo en algunos lugares unos pocos de metros de ancho y limitada á uno y otro lado por la formación caliza, que se levanta en algunos lugares formando escarpados muy elevados. Así está en dirección de Vaqueros y en dirección de Lagunillas y Pinihuán; y de allí á Rayón hasta Tablas, al N.W. de Cárdenas. Es decir, á unos 50 kilómetros de San Ciro y á unos 1,150 metros de altura.

Pinihuán es una vega del río Verde que tiene como 500 metros de ancho, toda está cubierta por el basalto, en un punto la corriente tiene como 25 á 30 metros de anchura, de allí se recoge y ha cavado su cauce ya profundo entre el basalto, estrechándose tanto, que subiéndose á una pequeña loma, desaparece el río y sólo se ve una faja ondulada más obscura entre las piedras casi negras del basalto; allí se pasa el río por un puente que sus estribos no distarán ni cinco metros uno del otro.

De las calizas se obtienen cal solamente, y aunque existen bancos de mármol, éstos para nada se les tiene en cuenta.

Del basalto se tiene un buen material de construcción; en San Ciro obtienen de los lechos inferiores, es decir, de los del contacto con la caliza, losas grandes ni muy pesadas, ni muy duras.

Al S.W. de Arroyo Seco, en el cerro de la Cantera, existe una toba basáltica que también se usa como material de construcción; un poco al Sur de este yacimien-

to se han extraído entre la caliza algunas galenas; pero aquello está cubierto de vegetación y tierra vegetal y derrumbado el punto preciso, lo que no permite ver nada.

El agua en la comarca tiene cuatro orígenes: 1.º y principal, agua de lluvia estancada en depósitos; 2.º, agua de pozos poco profundos; 3.º, agua de manantiales, y 4.º, agua de manantiales de cavernas de curso temporal.

Agua de lluvia.—El agua de lluvia se conserva en depósitos públicos llamados albercas y en depósitos particulares llamados aljibes; cada casa tiene el suyo, los más están en el basalto revestido con mezcla.

Pozos.—En San Ciro hay muy pocos pozos; yo ví uno cercano á la población, propiedad del Sr. Pedro López, está en la orilla N.W. de la laguna del Quelital con el agua á 7^m.50 de la superficie, con una temperatura de 20°, es potable; este pozo probablemente es alimentado por una lente muy reducida de arena, porque á unos 10 metros de distancia, no han encontrado el agua á una profundidad de 15 metros y con una extracción activa se agota. Entre la tierra vegetal al W. de San Ciro, sí hay varios pozos, pero aun aquí, sólo en muy reducidos casos constituyen una fuente de abastecimiento de agua, á pesar de ser potable y estar á 5 ó 6 metros de profundidad.

En Arroyo Seco los pozos sí constituyen la fuente principal de abastecimiento de agua después de la de depósitos. Al S.E. del pueblo hay varios pozos, uno en la orilla E. del lecho del arroyo con agua á 8 metros y 20° de temperatura; más al E. de este pozo hay otros tres con agua entre 7 y 9 metros de profundidad, todos

se agotan en las sequías. Están alimentados por lechos arenosos permeables entre capas de conglomerado y limos.

En San Rafael existen dos norias que producen bastante agua, están en el arroyo S.E. de la laguna de Patos, al pie del cerro, la capa freática está á 28 metros de profundidad, la temperatura del agua es de 22°. Estos pozos atraviesan primero una capa de tierra vegetal como de 10 metros y después siguen entre las margas en las que vienen los lechos acuíferos; á unos 5 metros más abajo está la roca caliza compacta, como se ve en dos norias distantes de las anteriores unos 50 metros.

Manantiales.—En San Ciro, como á unos 500 metros al Sur, existe el Ojo de Agua de Santiago, una fuente entre las grietas del basalto frente á la laguna del Quelital que la mayor parte de sus aguas se va por entre la tierra que cubre aquello. Existen obras y ruinas de que antes el agua salía al exterior y era aprovechada en varios usos; en la actualidad el agua se encuentra en dos pozos á 5 metros de profundidad de la superficie con una temperatura de 23°, potable, y sólo una gran necesidad hace que la autoridad y el pueblo se ocupen de esta fuente.

Por Arroyo Seco, sólo en Sanguijuela existe un pequeño manantial; también el agua va entre el basalto sirviéndole de lecho una arcilla plástica que separa el basalto del conglomerado compuesto de guijarros de caliza, arena y caliche; este manantial sí es aprovechado por los moradores en todo tiempo, su temperatura es de 20° y su altura sobre Arroyo Seco es de 80 metros.

En el valle, estos son los únicos manantiales constantes. En la parte Norte los moradores se proveen de agua

de Bielma; estos manantiales están fuera del valle, casi en la orilla del río de Calabazas; van entre la caliza, son constantes, de agua muy cristalina, con una temperatura de 23°5, deben estar cargadas de sales de cal, á su salida forman los pantanos del Tule y de Cocolixtle; hasta este lugar llegan á ir por agua en las grandes sequías, los habitantes de San Ciro.

En la parte S.W., los habitantes del Sótano y las cercanías se proveen de agua en la estación seca, del Limoncito, manantial que aparece entre el basalto y las margas calizas, ya en la brusca pendiente del río de Santa María.

Los Pericos son tres manantiales de agua potable que existen en el lecho del río de Santa María, al pie de la bajada de Arroyo Seco; estos manantiales probablemente son las salidas de las aguas subterráneas que se han infiltrado en la mayor parte del valle, especialmente en las cuencas de los arroyos que pasan á uno y otro lado del pueblo de Arroyo Seco.

El más abundante de estos manantiales, está bañado por las aguas del río, y cuando éste lleva sus aguas turbias, como cuando estuve allí, se ve claramente emerger el manantial con sus aguas cristalinas.

En la extremidad Sur del valle y fuera de él, existe el Nacimiento de Concá, es un manantial abundante, sus aguas están cargadas de sales de cal; por todos los canales que corre, se ha formado una capa dura de travertino; este manantial debe ser semejante en su formación y composición á los de la Media Luna y Ojo de agua en Rioverde.

Manantiales de cavernas de curso temporal.—Los manantiales de cavernas de curso temporal, son varios;

por muchos lugares al pie de las serranías y entre sus gargantas aparecen manantiales en las grandes lluvias; pero uno de los principales y casi notable, es el del Encantado: Es una caverna que está como á 3 kilómetros del llano en el cañón de la Tinaja de la sierra del W.; su dirección es de 35° N.W. y 85° echado al S.W.; la boca está algo estrecha, aunque este estrechamiento debe ser aparente y consistir en que los enormes blocks derrumbados, se han cimentado y unido con la caliza que se desprende de las aguas al salir al exterior; á unos 5 metros adentro, la caverna se ensancha irregularmente, tiene agua constantemente como á unos 25 metros de profundidad hasta donde llegan á ir por ella en las prolongadas sequías; dicen que en los años de grandes lluvias el agua sale á torrentes por la boca y otros varios puntos entre los blocks, formando un río de agua que llega á la llanura y allí se extiende.

Como á unos 600 metros arroyo arriba, hay otro manantial temporal en el que se ve un grueso banco de travertino dejado por el agua y que muestra que en épocas pasadas debe haber sido abundante.

En esta región debe de haber existido en épocas anteriores, una gran cantidad de manantiales con aguas incrustantes, á juzgar por el número de restos, de una manera semejante á como existían en el Norte de Francia hace 2,000 años, según Gosselet.¹

La manera como se han formado estos manantiales en cavernas, lo mismo que los resumideros de las lagunas y los derrumbes de que se hablará después, la encontra-

¹ Gosselet. Les Nappes aquifères du Nord de la France. Bulletin de la Soc. Géologique de Belgique. Tomo II, pág. 39.

mos explicada por los Sres. Ings. J. G. Aguilera y Ezequiel Ordóñez en "Los derrumbes de Santa Catarina," derrumbes verificados en la formación caliza al N.E. del valle de San Ciro y Arroyo Seco.

Régimen lacustre.—Como ya se ha dicho, el valle está limitado por dos sistemas de montañas paralelos, es decir, ocupa el eje de un sinclinal llenado con sedimentos actuales y la poderosa corriente basáltica. Todas las aguas de entre la sierra del W. y del S.W. al llegar al valle, amortiguan su corriente, y como el anticlinal del E. no les da salida exterior, se forma el sistema lacustre de que se ha hecho referencia, constituido por las lagunas del Quelital y de Patos, como principales, y como secundarias la de Conca, el Charco del Milagro, la laguna del Tepeguaje, la lagunita del Aire y otras.

Estas lagunas sólo se forman en los años de grandes lluvias y son una bendición para la comarca, porque les proporciona agua para muchas de sus necesidades, especialmente para sus animales y les da humedad para las siembras que hacen á la orilla de las lagunas á medida que disminuye el agua, y también porque es señal de que han tenido una cosecha abundante y por lo mismo hay prosperidad en la región.

La laguna del Quelital está limitada al N.W., W. y S. por las corrientes basálticas que le forman paredes de 6 á 10 metros de altura. Del lado E. y N. está limitada por la formación caliza en la que hay varios resumideros que no dejan subir el agua después de cierto nivel, uno con especialidad es el más grande y la autoridad tiene que vigilar que esté tapado con mezcla y piedra para evitar que se desague la laguna. El piso está cubierto

por una capa gruesa de tierra vegetal y limo que lo hacen impermeable.

La laguna de Patos es semejante; del lado W. está el borde de basalto que quizá encontró la masa de agua y no pudo avanzar. Al N.E. y S. está la formación caliza.

Al Sur, al pie de los cerros de caliza, existe un resumidero entre los estratos, en el que se puede meter la mano; las capas calizas tienen una dirección de 40° N.W. y 20° echado al N.E. Rodeando el resumidero, el propietario ha construído una especie de torre ó paralelepípedo de cuatro caras de mampostería que se eleva como á 6 metros con una ranura cubierta con un tablón; este tablón que le sirve de compuerta, tiene el objeto de dejar inundada ó desaguar la laguna á voluntad. El lecho de esta concavidad está llenándose de limos.

Las demás lagunas son depresiones pequeñas en la capa basáltica de poca importancia, que reúnen agua, alrededor de las que hay algunas chozas.

En el Sótano hay varios resumideros entre el basalto, que no son otra cosa que grietas formadas al tiempo del enfriamiento de la roca en su parte terminal; por las que el agua penetra á la formación caliza donde sigue su curso al río de Santa María, apareciendo en el Limoncito entre el basalto y las margas calizas.

Hundimientos.—La laguna de Concá, al N. de Arroyo Seco, es distinta en su formación de las anteriores; ocupa el hueco de un hundimiento en la caliza, semejante al derrumbe descrito por los Sres. Aguilera y Ordóñez; de este derrumbe sólo existen los bordes superiores de las paredes, que al N. y S. se han mantenido acantiladas, porque están formados por caliza compacta y cuya

altura es de 12 metros; al E. el borde está denudado, apareciendo como una ondulación del terreno cubierta de tierra vegetal, y del lado W. está la corriente basáltica que fué detenida hasta allí cuando no se había verificado el hundimiento y aquello era una colina terminal de calizas por donde existía la desembocadura de una caverna que daba salida á aguas cargadas de carbonato de cal.

En esta cavidad se reúnen las aguas de una pequeña cuenca, cuyo mayor nivel está limitado por las paredes calizas del N. y S., teniendo por lechos los limos que han rellenado la cavidad.

A unos 800 metros al N.E. de San Ciro, sobre el eje del anticlinal que limita al valle, existen dos hundimientos más recientes que el de la laguna de Conzá. En la localidad les llaman las joyas ó los volcanes; son dos especies de conos huecos con la base hacia arriba, contiguos, el mayor es el del N.W.; tendrá 100 metros de profundidad y un diámetro de menos de 200 metros; el del S.E. tiene sus paredes ya más abiertas y su profundidad es menor; pero se sujetan en todo á las observaciones de los Sres. Aguilera y Ordóñez en "Los derrumbes de Santa Catarina."

Transcribo aquí algunos párrafos de dicha Memoria, que explican de una manera muy fundada, varios fenómenos en relación con los manantiales en cavernas, los resumideros de las lagunas y los derrumbes de que acabo de hablar.

"La cadena que ha sido formada por plegamientos sucesivos paralelos, originados por fenómenos de presión lateral, que han dispuesto los elementos orográficos en series paralelas, cuyas direcciones dominantes son

10° N.W. y N.S. A consecuencia de estos plegamientos las capas se encuentran dislocadas y las hay enteramente verticales y con inclinaciones que varían entre 85° y 30° hacia el W. y el E., y puede verse ahora el desgaste de las crestas de los anticlinales, que más ó menos abiertos, coinciden con frecuencia con los elementos orográficos de la región.

“En el fenómeno de plegamiento de este grupo sedimentario poderoso formado de estratos de diferentes espesores y resistencias, éstos están sujetos á movimientos en que se pone en juego la plasticidad de la roca y es natural que no se produzca en todos, para una misma intensidad de presión, un plegamiento igual; sino que algunas capas menos plásticas, sufren una ruptura que da lugar á una falla, y ésta, á su vez, inicia la posibilidad de formación de una larga cavidad subterránea que venga á ser posteriormente, primero un receptáculo y después un trayecto para la fácil circulación de las aguas, recogiendo todas aquellas que se infiltran durante la estación de lluvias, por las numerosas grietas de las rocas que se han producido, como consecuencia de haber pasado el límite de elasticidad en cada uno de los estratos y de la no exacta é inmediata adaptación á las posiciones á que han sido llevadas por los plegamientos. Las aguas de infiltración, siguiendo los planos de estratificación y las numerosas grietas de que hemos hecho mención, ejercen en estas formaciones su acción destructora mecánica y química de una manera no interrumpida y esta agua arrastra mecánicamente la parte arcillosa de las pizarras y que disuelve el carbonato de cal de las calizas y cuya acción mecánica y química intensificada con el aumento de presión y la presencia de

substancias en disolución, se labra cada día canales de más fácil circulación en la masa misma de la montaña hasta alcanzar cavidades ó huecos originados ya por la formación de fallas, ya por los intervalos que dejan los estratos que no se aplican exactamente uno sobre otro.

“Acumuladas en estas oquedades las aguas, continúan su acción destructora sobre el fondo de esas mismas oquedades, á favor de la presión de las aguas y de su energía de disolución, nuevamente regenerada y aumentada por la atmósfera de ácido carbónico que cubre y se haya disuelto en parte en las aguas, todo lo cual tiene por efecto aumentar las dimensiones de las cavidades y determinar, como consecuencia forzosa, el debilitamiento de los bordes subterráneos que ensanchándose constantemente, sin disminuir de una manera notable su sobrecarga, llegan con el tiempo á la ruptura de equilibrio, y toda la masa de rocas que sobre ella descansaba, se desploma en unos casos súbitamente, en otros se derrumba de una manera lenta y gradual.....”

“La presencia de cavidades longitudinales correspondiendo á las crestas de los anticlinales, y perfectamente indicados en el terreno por la existencia de hundimientos verificados en épocas pasadas, permitían al agua acumularse en grandes cantidades y facilitaban, por consiguiente, la apertura de canales inferiores que ponían en comunicación estas cavidades subterráneas con el río Verde adonde salían bajo la forma de manantiales, después de un trayecto subterráneo bastante largo.”

Al describir el derrumbe, objeto de su estudio, dicen:

“La cavidad tiene la forma cónica, elíptica, con paredes acantiladas que se aproximan á la vertical y gran-

des taludes en el fondo del lado N.W. y N., y hacia el Sur una oquedad que continúa por debajo del cerro y que indudablemente está ligada con manantiales que salen al río.

“Los hundimientos de Santa Catarina no han tenido lugar una sola vez, sino que el fenómeno se ha verificado muchas veces y en épocas remotas, pues que los vecinos de la región no tienen recuerdo de un fenómeno igual, pero las huellas dejadas en el terreno no son bastante numerosas, claras y geológicamente muy recientes. En un trayecto de 10 kilómetros y en dirección aproximada de N. á S., se cuentan más de diez hundimientos de forma circular más ó menos perfecta, que son de dimensiones iguales y aun superiores á las del que nos ocupa, algunos enteramente cerrados, en los cuales se recoge el agua de lluvia en el fondo, otros más ó menos abiertos y situados á diferentes niveles, pues los hay en la meseta que corona algunos cerros, en las cañadas y talwegs, etc., habiendo venido estos hundimientos á modificar, de una manera perceptible, la topografía de la región.”

La sucesión del ahondamiento del curso subterráneo de las aguas en las calizas de esta región, por efecto de la presión y de la acción disolvente del agua cargada de ácido carbónico, entre diaclasas y huecos dejados entre los estratos por la no adaptación entre ellos, debido á su desigual elasticidad cuando el plegamiento lateral; se ve claramente en la fuente que salía en la colina, caliza cuyo derrumbe formó la laguna de Concá. Esa fuente nos dejó sus restos en una costra de toba caliza que avanza hasta Arroyo Seco, porque como nos

dice Mr. Dupont: ¹ “Pero cuando el curso de agua, encerrando á su vez sal disuelta, llega al aire libre al estado de fuente, el obstáculo al escape de gas en exceso no existiendo ya, la caliza se precipita, y se cría un montón de toba, forma bajo la cual la producción de la caliza tiene entonces lugar.”

La costra de toba cubre el conglomerado y el basalto como puede verse en los cimientos de la torre del templo y en el pozo más cercano al pueblo.

Pero la acción disolvente de las aguas, dicen los señores Aguilera y Ordóñez, “ensanchaba sus cavidades de depósito, trabajando incesantemente por alcanzar niveles más bajos.” Por eso la fuente dejó de salir en este punto y fué á aparecer en las Mesas donde dejó nuevos restos, no existiendo ya.

Estas fuentes desaparecidas no alcanzan por toda esta parte el cauce del río á pesar de estar tan próximo, sino que tienen que seguir la dirección N.W. á S.E. “de cavidades longitudinales,” y el contacto oriental de la corriente basáltica con la caliza y va á salir en la actualidad en el nacimiento de Concá; bella fuente semejante á la Media Luna y á la de Ojo de Agua de Solano de Rioverde, á unos 6 ú 8 metros sobre el nivel del río y á 524 metros sobre el nivel del mar, donde sigue depositando sobre el conglomerado el basalto y la tierra vegetal, la costra de toba caliza que depositan sus aguas.

Abastecimiento de agua.—El suelo del valle es una

¹ Les Phénomènes généraux des cavernes en terrains calcaireux et la circulation souterraine des eaux. Bull. de la Soc. Belge. Géol. Paléont. et Hydrog. Tomo. VII, pág., 218.

caliza agrietada y cavernosa en sumo grado, surcada por ríos cercanos bajos y profundos que le sirven de canales de drenaje á las aguas superficiales y á las aguas subterráneas infiltradas en las calizas; estos canales son: el río de Calabazas y el río Verde que limitan al valle por el N.E. y el E. y pasan como á 100 metros abajo; y el río de Santa María al S., como á 400 metros de profundidad; en los que el agua subterránea se precipita apareciendo en sus riberas bajo la forma de manantiales y haciendo casi imposibles los pozos artesianos ó brotantes en el valle elevado.

El abastecimiento de agua en San Ciro puede hacerse dándole atención á la fuente del Ojo de agua de Santiago, ó por medio de pozos comunes, amplios y bien cuidados en el lado W. de la corriente basáltica, y en mayor escala, para abastecer no sólo á la población sino hasta para regar la fértil llanura, por medio de presas en los arroyos de La Tinaja y Codornices que ningún año dejan de bajar agua en las lluvias.

Para el pueblo de Arroyo Seco, no es de aconsejarse que se caven pozos del lado W., porque probablemente encontrarían la corriente basáltica muy gruesa. Del lado E. los pozos darían poco resultado, porque aunque se encuentran varios lechos acuíferos intercalados entre los limos y el conglomerado semejantes á los que alimentan los pozos actuales, suministrarán poca cantidad de agua por lo pequeño de la cuenca abastecedora, y la cantidad de lluvias que parece no es muy abundante; cantidad de agua que tal vez no compensaría los gastos de perforación y conservación que demandaría un terreno de tan poca consistencia. Para alcanzar la capa ascen-

dente de agua, de que nos habla Mr. François,¹ y que desagua por los Pericos, se tendrán que perforar unos 130 metros con resultados dudosos, porque probablemente se alcanzarían las calizas y ya se ha visto que el agua en estas calizas circula por grietas y cavernas longitudinales á las que se necesitaría llegar para encontrar bastante agua.

El establecimiento de galerías de captación en las calizas del E., sería muy costoso por varios motivos: 1.º, por la longitud que necesitarían tener; 2.º, porque siendo la roca compacta, el valor del cuele sería alto; 3.º, se tendría que revestir el piso de estas galerías con cemento, porque cada junta de los estratos sería un fácil conducto de escape á las aguas ya captadas, y 4.º, la conducción del agua por tubería ó canal de mampostería, á través del terreno calizo y del de acarreo; todo lo cual requeriría un gasto que el pueblo no podría soportar.

El único medio seguro y más económico es el establecimiento de una presa; parece que el lugar más conveniente está al S.W. y muy cerca del pueblo, donde existe un estrechamiento de la corriente, allí hay amplitud para el vaso, el suelo de basalto es impermeable en esa parte, como ya está probado, y se tiene á la mano material de construcción en abundancia. En la presa misma podría establecerse una división separada del conjunto del vaso por un filtro de arena que se mantendría tapado y en condiciones convenientes para evitar los perjuicios de cualquiera contaminación del agua.

Una gran parte de la cuenca abastecedora de esta co-

1 François.—Le régime des eaux de la région de Dombasle-sur-Meurthe. Bull. de la Soc. Belge de Géol. Paléont. Hydrol. Bruxelles. Tomo VII.

rriente, tiene por piso la formación basáltica, de manera que aun en los años algo escasos de lluvias, basta un aguacero para que el agua corra sobre su lecho impermeable y pueda alimentarse la presa, además de que la presa podría almacenar la cantidad suficiente para dos ó tres años de consumo de agua.

México, 1908.



PROYECTO DE
CARTAS GEOLOGICAS
DE LA REGION DE
QUERETARO
S. L. P. Y ARROYO SECO
ESCALA 200000

PROYECTO GEOLOGICO

DE LA REGION DE

QUERETARO S. L. P. Y ARROYO SECO

ESCALA 200000

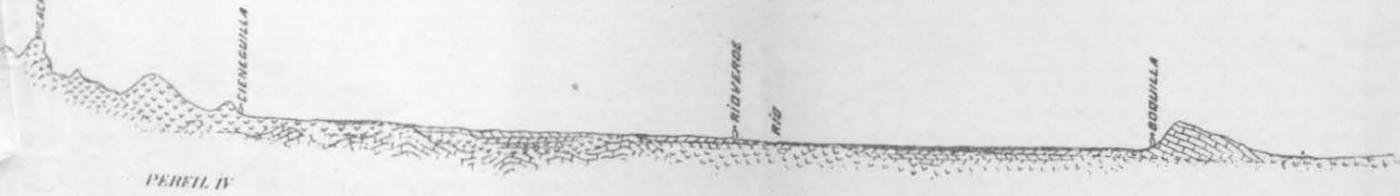
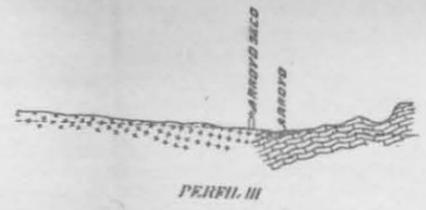
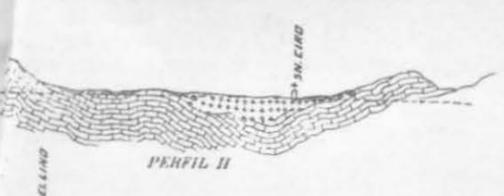
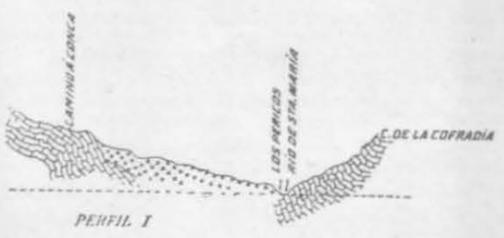
- 5 ACARDO Y TIERRA VERDE
- 4 CALIZA
- 2 TRAVERTINO
- 2 RHODITAS
- 1 BASALTO



CROQUIS GEOLÓGICO
 DE LA REGIÓN DE
RÍOVERDE, S. L. P. Y ARROYO SECO,
QUERÉTARO.
 ESCALA $\frac{1}{200000}$.



- Φ..... MANANTIALES
- [Pattern] BASALTO
- [Pattern] RHYOLITAS
- [Pattern] TRAVERTINO
- [Pattern] CALIZA
- [Pattern] SACARROD Y TIERRA VEGETAL



ESCALAS: HOR-1:200000, VEH-1:50000