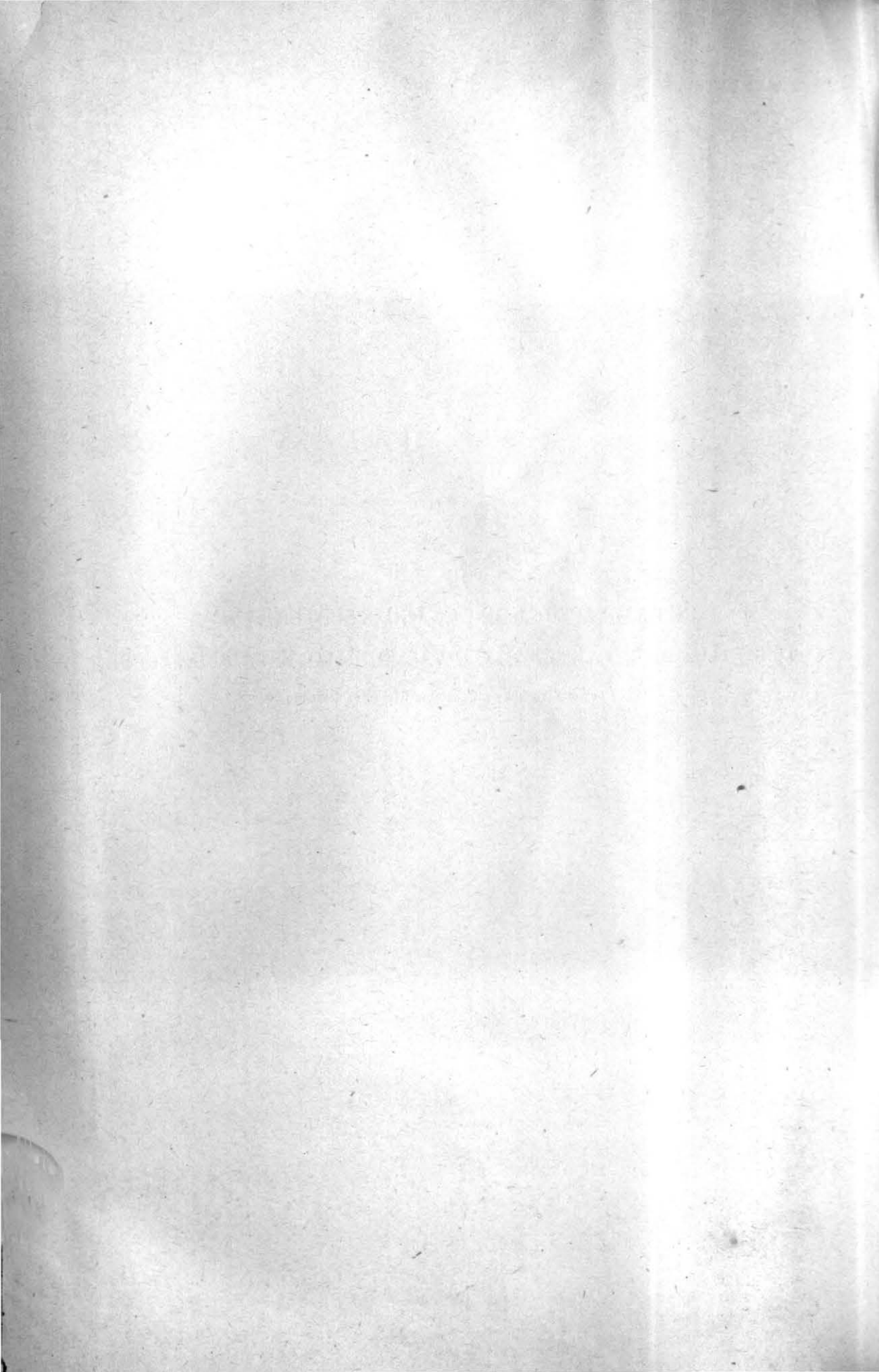
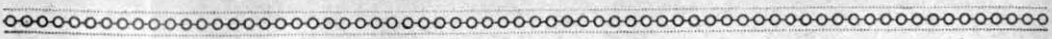


INFORME ACERCA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
DEL VALLE DE TECAMACHALCO O VALSEQUILLO, ESTADO DE PUEBLA

Por el ayudante de Hidrología Heriberto Gamacho





INFORME ACERCA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS DEL VALLE DE TECAMACHALCO O VALSEQUILLO ESTADO DE PUEBLA.

INTRODUCCION

Habiendo solicitado de la Secretaría de Agricultura y Fomento los hacendados del Valsequillo, que una comisión estudiara las condiciones hidrológicas de la región, con el fin de resolver el urgente problema de irrigación en ese valle, el señor Director del Instituto Geológico de México tuvo a bien nombrar al Sr. Ingeniero José Hajar y Haro y al suscrito, para que procediéramos al estudio mencionado, siendo el resultado de él el que a continuación exponemos.

El Valsequillo está ocupado por terrenos de labor, muy ricos en humus, de grande espesor, en los que las cosechas se pierden por la falta de lluvias en toda la región. Las causas meteorológicas que producen esa sequía tan acentuada, se mencionarán en el capítulo correspondiente. El objeto del estudio hidrológico en el Valsequillo fué el de captar agua subterránea para la irrigación, pues para el abastecimiento de los poblados se cuenta con la cantidad suficiente de líquido. Además, en el Valsequillo no pueden construirse presas porque éstas no almacenarían volúmenes de consideración que compensaran los gastos de construcción. Los pozos ordinarios alcanzan profundidades de 58 a 74 metros en Santa Inés (parte alta del Valsequillo) y no resulta económico el bombeo para estas profundidades. El manto acuífero subterráneo en estos lugares carece de presión hidros-

tática y es un caudal muy reducido, pues cualquiera bomba agotaría los pozos en las condiciones actuales. El problema hidrológico queda enunciado ya en términos generales. Precisemos ahora el lugar de nuestros trabajos y hasta dónde fueron llevados a cabo.

Situación geográfica.—El Valsequillo, nombre que remonta su origen a los tiempos coloniales, se aplica al valle que de la sierra de Tepeaca se extiende hacia el SE. en dirección de Tecamachalco, Tlacotepec y Tehuacán; está dividido convencionalmente en dos secciones: el Valsequillo alto y el bajo. Nuestros estudios se limitaron al primero, es decir, al Valsequillo alto, de las faldas de la sierra de Tepeaca a Tlacotepec. Queda comprendido políticamente en la casi totalidad de su superficie, dentro del Distrito de Tecamachalco, cuya cabecera, Tecamachalco de Guerrero, a 2,055 metros sobre el nivel del mar, se asienta en las faldas meridionales del cerro basáltico denominado Cerro Colorado o Cerro Chico. Las coordenadas geográficas de esta población de 3,000 habitantes son: 18° 52' 51" latitud N. y 1° 24' 15" longitud E. del meridiano de México; y está a 66 kilómetros de la ciudad de Puebla, ligado a ella por el Ferrocarril Mexicano del Sur. La población vive de la agricultura; principalmente se cultiva el maíz en el Valsequillo y cebada y trigo en el valle de El Salado o Quecholac, que

pertenece a Tecamachalco. La producción de maíz es de cuatrocientos por uno en los buenos años.

Las vías ferrocarrileras se localizan en el fondo de los synclinales, como la vía del Mexicano del Sur que liga a Puebla con Oaxaca, o bien siguiendo el thalweg de los ríos en los valles de fractura, como el ferrocarril de Esperanza a Tehuacán, que sigue el curso del río Salado en la barranca denominada Cañada Morelos.

FISIOGRAFÍA

Las cadenas montañosas que a la vista se presentan no dan al relieve el carácter abrupto y accidentado de otros lugares; el valle de Tecamachalco orientado de NW. a SE., con anchura media de 15 kilómetros y una longitud de 40 kilómetros en la sección Tepeaca-Tlacotepec, tiene un suave descenso en el sentido indicado de 7 al millar; rellenan ese amplio valle ricas tierras vegetales con espesor de 23 a 26 metros; son permeables y provienen de la desintegración de las rocas eruptivas de las faldas sud-orientales de la Malinche. Está limitado al N., por el Cerro del Monumento o Cerro Grande, que se alinea de Tecamachalco a Tehuacán, y al S., por la pequeña cordillera de Tetzoyuca que paralelamente corre al anterior, y que divide al Valsequillo del valle en que se asientan las haciendas de San Gerónimo, San Lucas y los Aranzazú, cuyas tierras de labor se extienden hacia el flanco del anticlinal llamado sierra del Tentzo, que separa al Distrito de Tecali del de Tepeji de Rodríguez, formándose entre el Tentzo y la sierrita de Tetzoyuca, la cuenca hidrográfica del río Atoyac que en esta parte de su curso se dirige al SE. Esta es la disposición de los accidentes orográficos con relación al valle de Tecamachalco; sin embargo, los bordes naturales que cierran su cuenca hidrográfica, no son los que hemos señalado, porque el Valsequillo es una fracción de un valle más amplio cuyo borde septentrional, de constitución eruptiva, deja al N. el exten-

so valle de San Andrés Chalchicomula, y abriga al S. el valle de El Salado o de Quecholac, perteneciente al Distrito de Tecamachalco; citado este valle, que no debe confundirse por su nombre con la cuenca del río Salado o de Tehuacán, describiremos sus bordes y marcaremos las características topográficas con relación al Valsequillo: la barrera montañosa que separa los valles de San Andrés y de El Salado, se alinea de Oriente a Poniente; su cumbre, con anchura media de 2,400 metros sobre el mar sirve de límite político a los Distritos de Chalchicomula y Tecamachalco; en sus flancos meridionales, como a 18 kilómetros al NE. de Tecamachalco se asientan las haciendas de Santa María y San Bartolo Coscomaya, la ranchería del Palmarito, el pueblo de Quecholac, San Simón y la hacienda de la Compañía; esta cordillera andesítica se liga por el W. con el cerro de Chichimecos, que después se liga con los cerros de Acajete y Zahuatlán que forman los límites del valle al NW. De Zahuatlán se continúa la arista orográfica por las sierras calizas de Tepeaca y Tecalillo; y el relieve menos acentuado sufre una depresión para volverse a levantar en los cerros de Zapotlán, en cuyas faldas se encuentra Tochtepec; lígase después la línea de relieve con la cordillerita de Tetzoyuca, cuyo eje corre de NW. a SE., es decir, paralelamente al cerro del Monumento y separando al Valsequillo de la cuenca hidrográfica del Atoyac. La extensión plana denominada El Salado, está limitada al SE. por la elevación eruptiva de Xaltepec, que liga con los suaves perfiles de sus flancos a la barrera eruptiva de Coscomaya con el cerro del Monumento, dejando al oriente la cañada Morelos o cuenca del río Salado, que desciende de Esperanza a Tehuacán. Un accidente muy importante es la elevación llamada Cerro Chico o Cerro Colorado, en cuyas faldas se asienta la población de Tecamachalco (fotografías núms. 1, 2 y 3). Esta elevación modificó el drenaje del valle y acentuó el relieve, estableciendo la diferencia de elevación entre los valles de Quecholac y Val-

sequillo, haciendo que aquél aparezca como un valle tributario del segundo. La ranchería del Palmarito y las haciendas del Carmen, Toluquilla y San Gerónimo Atlacomulco, ocupan la región de El Salado o Quecholac; éste es un valle plano, ligeramente ondulado, cuyo drenaje se hace de N. a S., ocupado por tierras vegetales de poco espesor, pobres en humus que descansan en tobas basálticas. Hacia el centro de ese gran anfiteatro (fotografía núm. 4) se observan capas de turbas impuras de 3 a 5 metros de espesor. Del Cerro Colorado y al Oriente de Atlacomulco, se desprende una corriente basáltica, cubierta por las tobas, que aparece como una loma de poca altura y a la que le llaman el Cerro Enterrado. Al N. de este accidente está la depresión ocupada por las turberas, y que tiene los caracteres de un antiguo vaso lacustre; por la calidad de sus tierras tequesquitosas, recibe el nombre de El Salado.

Considerando en conjunto el valle de Tecamachalco en sus relaciones con los adyacentes, es fácil concluir lo siguiente: ocupa el lugar intermediario en el escalonamiento que de NE. a SW. forman los valles de San Andrés Chalchicomula, a 2,500 metros sobre el mar, El Salado a 2,250 metros, el Valsequillo a 2,007 metros y la cuenca del Atoyac a 1,838 metros. Estos valles escalonados se desarrollan de NW. a SE., es decir, normalmente a la dirección en que se escalonan las líneas orográficas que lo separan; los ejes de los anticlinales principales son el Monumento y el Tentzo, o bien, barreras eruptivas de poca importancia, como la de Coscomaya y Quecholac que separa al valle de San Andrés de El Salado. El valle de Tecamachalco está muy próximo a la línea parte-aguas continental; efectivamente, ésta se desprende del aparato volcánico de la Malinche y pasando por Amozoc y por Tepeaca, separa la cuenca del Atoyac, brazo importante del río Balsas que pertenece a la vertiente del Pacífico, del valle de Tecamachalco, cuyo drenaje a ser considerable, lo haría tributario del río de Tehuacán, que pertenece

a la vertiente del Golfo, como afluente del río Papaloapan.

El valle de Tecamachalco es el primer escalón de la mesa central mexicana hacia el SE.; la vecindad geográfica con esta gran estructura eruptiva, se hace por la cresta andesítica de Quecholac (Tecamachalco), insignificante por su relieve con relación a los valles que separa, pero que por su orientación, establece una liga de alto relieve entre la Malinche y el Pico de Orizaba o Citlatepetl. (Lám. II, fig. 1.)

Hidrografía.—El aspecto del valle de Tecamachalco, desde el punto de vista hidrográfico, es muy sencillo: no existe un solo arroyo permanente y las causas que determinan este régimen sub-desértico son: escasa precipitación pluvial, vientos secos dominantes en frecuencia y velocidad del SE. que favorecen la evaporación de la corta humedad de los terrenos; permeabilidad en grande del fondo del valle; falta absoluta de vegetación en la parte orográfica, como en el cerro del Monumento, cuyos flancos desnudos sólo alimentan a las cáceas; gran desarrollo lineal del cauce de los arroyos; suave pendiente de los mismos en un lecho arenoso y, por tanto, muy permeable; de manera que las aguas superficiales que eventualmente ocupan estos cauces se pierden por infiltración antes de 12 kilómetros al SE. de Tecamachalco; y más aún, si se considera que los agricultores derivan el agua de creciente sobre sus tierras ávidas, por medio de zanjas regadoras. Del conjunto de estas causas meteorológicas, geológicas y topográficas, depende el aspecto típico de la comarca, cuya facie desoladora, hace urgente un procedimiento para la irrigación de estas tierras de buena calidad, que, como dicen algunos autores, pueden formar el granero del Estado y abastecer los mercados de una buena parte del país. Las laderas meridionales de la barrera andesítica de San Bartolo Coscomaya, mal cubiertas por la vegetación, pero siempre mejor arboladas que los terrenos calizos, forman en sus rinconadas el origen de los arroyos que descienden a la llanura. El de

curso más corto es el que atraviesa El Salado de N. a S., llega a terrenos de Atlacomulco y Toluquilla, profundiza su cauce en las tobas basálticas del cerro Colorado, recubre las paredes de su escotadura con concreciones de calizas (travertino), pasa al Oriente de la población de Tecamachalco, y al S. de la estación del Ferrocarril Mexicano del Sur se une con otro arroyo del mismo carácter, pero que en el punto de reunión ha alcanzado mayor desarrollo lineal; éste es el arenal que nace en el flanco meridional de la misma barrera montañosa; pero que por la interposición del cerro del Carmen o de Atlacomulco desvía su thalweg hacia el Oriente, hace una curva de convexidad al SW. y tomando en el Valsequillo la dirección al SE. es el que se reúne con el arroyo de Tecamachalco. Finalmente, el Tetzahuapan es un arroyo semejante a los anteriores; los materiales que acarrea no llegan a la llanura, las gravas y guijarros no se encuentran en su cauce; solamente la arena atestigua la pequeña pendiente de su curso y el escaso volumen de agua que transporta. Nace en la misma cadena montañosa al Oriente de los anteriores, y pasa al S. del arenal en terrenos del rancho de San Juan Machorro. Esta forma de drenaje demuestra lo siguiente: el trabajo de las corrientes superficiales en el Valsequillo es más bien de deposición que de erosión; así se ha hecho el relleno del synclinal en un buen espesor con los detritus de las rocas volcánicas, en cuyo seno se encuentran algunos bloques de calizas arrastradas al fondo del valle; estos terrenos aluviales descansan sobre las tobas volcánicas del Cerro Colorado de Tecamachalco, como se puede comprobar por la inspección del corte hecho en las norias de Santa Inés.

No existe un thalweg general sino tres arroyos temporales que independientemente hacen el escaso drenaje de la llanura, obedeciendo su curso a los accidentes topográficos. Desde el punto de vista geográfico el valle de Tecamachalco puede clasificarse como una pene-planicie en que la deposición es mayor que la erosión

y que está en plena madurez si no entra en juego algún fenómeno tectónico que modifique este período de su ciclo geográfico. La superficie drenada puede estimarse aproximadamente en 154,206 H. A., perteneciendo a El Salado o Quecholac los terrenos menos ricos en humus y las mejores tierras al Valsequillo.

Conocida la fisiografía de la zona estudiada, describiremos las rocas que constituyen el suelo y el subsuelo de la misma y haremos la historia geológica de los valles de Quecholac y el Valsequillo en el capítulo siguiente.

GEOLOGIA

La región está ocupada por calizas del Cretácico Medio en una buena parte de su superficie; éstas forman el esqueleto del cerro del Monumento, que de Tecamachalco corre hacia Tehuacán. Las calizas compactas, grises, azuladas y cristalinas forman el fondo del valle, recubiertas por las tobas basálticas del Cerro Chico o Cerro Colorado. Las calizas del Monumento se presentan plegadas y los flancos de estos pliegues pueden verse en la vertiente meridional con echado de 30° al N., en donde la erosión ha decapitado estos plegamientos secundarios. Obsérvanse entre dos bancos consecutivos de calizas compactas, lechos delgados de algunos centímetros, de pedernal negro formado de espículas de esponja (chert), que también se presenta en nódulos y depósitos de forma cilíndrica. Doce kilómetros al SE. de Tecamachalco, las diaclasas en las calizas son abundantes, se presentan casi verticales en el contacto de las calizas cristalinas con las pizarras calizas muy fracturadas, divididas en fragmentos de un centímetro cúbico. Cerca de las ruinas de Tecamachalco el Viejo, al Oriente de San Simón Yehualtepec, en los manantiales de Atitlahuey y el Ahuehnete Grande, los rumbos de las diaclasas verticales son 50° NE., 80° NE., y 50° NE. con echado de 25° al NW. 40°. En la barranca de Yequemitla, 3 kilómetros al Oriente de San Simón, las diaclasas son verticales con

rumbo de NW. 20°. Estas diaclasas fueron el resultado de las fuertes compresiones laterales que produjeron el levantamiento del Cerro del Monumento; conducen el agua subterránea que se infiltra en los flancos septentrionales del mismo cerro y aparecen en las numerosas leptoclasas de las pizarras. En el mismo Cerro del Monumento, en su flanco septentrional, y al Oriente de Tecamachalco, se encuentra el lugar denominado "El Boquerón," que es un hundimiento de una bóveda de calizas (fotografía núm. 5), que ha descubierto al E. y al W. el flanco N. de un pliegue anticlinal. (Fot. núm. 6.)

Los fragmentos diseminados de las rocas a consecuencia de este hundimiento, contienen fósiles, cuyos cortes imperfectos pueden reconocerse como representantes del Cretácico Medio; desde luego mencionamos ya las esponjas que dieron lugar a la formación silizosa interpuesta en los bancos de las calizas. Los cortes de *Nerinea Castillii* nos parecen bastante bien definidos, así como algunas impresiones de Rudistas. Existen otros cortes difíciles de identificar en estos fragmentos de calizas fértidas, pero tan abundantes que demuestran el vigor de la fauna que dió origen a estas formaciones y que antes de su levantamiento y emersión, ocurridos durante los movimientos orogénicos que a fines del Cretácico Medio determinaron la formación de la Sierra Madre Oriental, hace suponer que la localidad fué ocupada por aguas marinas profundas durante los hundimientos que precedieron a aquel levantamiento orogénico. Durante el período de hundimiento fueron depositadas las pizarras de San Simón. Yehualtepec, que hoy encontramos trastornadas y fracturadas. La tectónica de la localidad tiene una explicación sencilla por las dimensiones de los accidentes y por la uniformidad de aspecto que presenta el relieve actual, lo que permite asegurar que las leyes generales a que obedeció la formación de la Mesa Central Mexicana (1) y (2), encuentran aquí un apoyo y una comprobación de su generalidad. Los synclinales del Monumento y de Tent-

zo, gemelos por génesis y estructura, con su dirección ligeramente convergente de NW. a SE., dejando entre sí amplios senos que forman los valles actuales, rellenos por el acarreo del material erosionado de la eminencia volcánica de la Malinche, dan idea bastante clara de la dirección en que se verificó el empuje lateral que produjo el relieve; esta es una constante tectónica que no admite duda y que ha sido ya establecida por los geólogos citados.

El valle de Tecamachalco está limitado al N. por un borde eruptivo de rocas terciarias; este borde lo constituyen los cerros de Coscomaya, Chichimecos, Acajete y Zahuatlán. Al principio del Terciario hubo un período de tranquilidad que se interrumpió con las erupciones Miocenas que fracturaron y dislocaron los sedimentos cretácicos; fué entonces cuando se formó la barrera andesítica de Coscomaya. El esqueleto de esta montaña está fracturado por numerosas diaclasas verticales que dividen a la andesita en grandes bloques prismáticos. El trabajo erosivo de las aguas meteóricas ha desintegrado el material volcánico y por su acarreo se ha hecho el rellenamiento del valle. Desde un principio las aguas hicieron su trabajo químico y el testimonio de ello, está en que se encuentran en las norias del Valsequillo, a 75 metros de profundidad, tobas calizas cuyas proporciones de arcilla y calles dan el carácter de cementos naturales; las aguas cargadas de anhídrido carbónico pudieron disolver las calizas y después, abandonando el carbonato de cal por falta de gas carbónico, hicieron los depósitos de travertino. Este proceso ha continuado hasta la actualidad. El cemento calizo dió origen a los conglomerados que se encuentran en el relleno del valle de Quecholac, los detritus volcánicos y cuarzosos de la arista septentrional, también la obsidiana, las guijas y las gravas, en fragmentos redondeados, se han adherido, y de este material detrítico, tan variado por la naturaleza y dimensiones de sus elementos, se han formado masas más o menos grandes de conglomerado, gracias al depósito

de carbonato de cal que los cementa. El travertino reviste las tobas basálticas del Cerro Colorado, y a un nivel como de 100 metros sobre el valle de Quecholac, existe un conglomerado compacto de una consistencia superior a la de un concreto artificial, formando bancos de cantera que ha explotado el Ferrocarril Mexicano del Sur para las construcciones de sus obras de arte. El proceso de formación de este conglomerado no es otra cosa que el lapilli cementado por el carbonato de cal; tuvo lugar en aguas quietas cuando el valle de Quecholac era una cuenca lacustre; esto puede reconocerse por la uniformidad del grueso del material cementado que, arrastrado por las corrientes al fondo del lago, sufrió la cementación; además, la estratificación horizontal de su depósito en las aguas tranquilas, no ha sido perdida, como puede observarse en las canteras mencionadas. La formación de este lago fué posterior a las erupciones basálticas pliocenas. En este lugar, es decir, en el Cerro Colorado, las erupciones fueron hechas por grietas; el magma eyectado al estado de lava fluída, ha sido denudado y se presenta en acantilados de basalto prismático arriba de Atlacomulco. (Véase el perfil de la figura 2, lám. II.) Después de la formación de este depósito lacustre determinado por la aparición del Cerro Chico o Colorado, el depósito de travertino levantaba el fondo del lago, penetrando profundamente en los intersticios, cavidades y fracturas de las tobas recientemente depositadas por la erupción basáltica, las impermeabilizaba y la parte más profunda del valle que era una cuenca cerrada, se iba reduciendo en extensión y profundidad; en tonces la materia orgánica de la flora dió lugar a las turberas de El Salado, turberas pobres por su cantidad y calidad, pero que indican un estado de evolución del valle. Este lago cuaternario al extinguirse, lo hizo más bien por un proceso de sedimentación que de erosión, puesto que su régimen de drenaje ha sido muy deficiente aun en la actualidad. La turba está cubierta por una eflorescencia de te-

quezquite, debida en su mayor parte a la evaporación de las aguas poco profundas de un manto freático a través de un material pulverulento y permeable que cubre esta capa acuifera.

Para terminar, diremos que los cerros de Zapotlán, al SW. de Tecamachalco y la colina de Tlacotepec, límite Sud-Oriental del Valsequillo Alto, son formaciones basálticas probablemente pleistocenas.

DATOS METEOROLOGICOS

La climatología del Valsequillo depende de la meteorología local, del relieve topográfico y de la orientación del valle. El clima es templado, la media anual es aproximadamente de 22° C.; los calores son más moderados en Tecamachalco que en Tehuacán, el invierno menos intenso en aquel lugar que en el valle de Puebla. La precipitación pluvial es muy escasa, a tal grado, que los arroyos que surcan este valle seco sólo cuentan dos o tres avenidas anuales; la altura anual de lluvia puede estimarse como inferior a 200^{mm}. Otro tanto puede decirse del valle de Quecholac, aunque algunas veces hay precipitaciones en este último, sin llegar a llover en Valsequillo. El valle de Chalchicomula también es pobre en lo que a lluvias se refiere; haremos mención textual de lo que algún autor dice respecto a la climatología de este valle y de la del Valle de los Llanos, ambos vecinos por el N. de la región que estudiamos (3): "Quizá sea esta la región del Estado que ofrece más contrastes en su clima. Prolónganse las secas hasta ocho meses, según observaciones de Saussure, y de tal modo se acentúa la falta de humedad, que el punto de rocío cae a menos de 25° C. bajo cero, estado comparable al de las estepas más áridas de Asia, según Humboldt y Ehrenberg." Comparado el Valsequillo con el valle de Puebla y tomando por unidad la altura de precipitación anual en Puebla, corresponde al Valsequillo menos de 0.25 de aquélla. Los vientos dominantes en Tecamachalco soplan del SE., por lo que al viento de esa

dirección se le conoce con el nombre local de "El Tehuacanero." Los árboles del valle se ven flexionados y deformados permanentemente al NW. a consecuencia de la persistencia y velocidad del viento del SE., que alcanza la máxima de 24 metros por segundo, o sean 86,4 kilómetros por hora. Estas son las características meteorológicas; sus causas son fáciles de comprender y vamos a hacer una breve discusión de ellas; sus efectos para la agricultura son desastrosos y la influencia que tienen en la hidrología subterránea es decisiva, como lo veremos en el próximo capítulo. De los procesos conocidos para la formación de las nubes, según la meteorología, tres son los más poderosos para producir la condensación del vapor de agua: los vientos calientes al chocar con una superficie fría, el movimiento ascendente de convección de la atmósfera y el movimiento ascendente provocado por un obstáculo interpuesto, tal como una barrera montañosa; siendo estas las causas de la formación de las nubes (4) lo serán también de la precipitación pluvial; ahora bien, soplando del Golfo de México, los vientos marinos penetran al continente y chocan contra las alturas nevadas del Pico de Orizaba; naturalmente se verifica el fenómeno indicado, resolviéndose en precipitaciones copiosas en la vertiente oriental de la Sierra Madre Oriental; así influye el relieve sobre la climatología, y se observa que las vertientes meridionales y occidentales del Pico de Orizaba descienden a llanuras secas y desnudas como el valle de San Andrés Chalchicomula; pero esto no es todo: los vientos después de atravesar ese accidente montañoso sufren un movimiento ascensional por convención, puesto que los desnudos y extensos valles calizos que hemos descrito son superficies reflectoras que calientan las capas inferiores de la atmósfera; y aunque teóricamente resulta para cada 100 metros de altura en la corriente ascendente, un descenso de un grado centígrado en la temperatura del aire, y por este medio podría creerse que se habría de facilitar una nueva con-

densación, ésta no puede ya verificarse porque el aire ha perdido a tal punto su humedad que, como decíamos antes, su punto de rocío se ha abatido demasiado para ser alcanzado por el descenso de temperatura que corresponde a la altura de la corriente de aire; y en este caso, no vuelve a presentarse el fenómeno de la condensación sino hasta que interviene un nuevo condensador de paredes frías; éste es el cono volcánico de la Malinche, en donde se verifican nuevas precipitaciones meteóricas abundantes, dando al valle de Puebla su conocida riqueza y su fertilidad. En el valle de Puebla, según observaciones de un decenio, la altura anual de lluvia alcanza 907 mm. y el promedio de un equiquenio posterior arrojó 801 mm. (5.) El Valsequillo con su viento dominante del SE., es una prueba de los movimientos conveccionales de la atmósfera y el resultado es una falta absoluta de lluvias en esta región.

HIDROLOGIA SUBTERRANEA

Conocidas ya la geología y las condiciones físicas de las rocas que constituyen el valle de Tecamachalco, y después de haber explorado las obras de captación existentes en esos lugares, nos será fácil asignar a las aguas subterráneas su origen o procedencia y fundar las conclusiones a que hemos llegado para proyectar obras de captación en cantidad suficiente para la irrigación del Valsequillo. Desde luego advertiremos por lo que se lleva dicho, que ninguna fórmula hidrológica tiene aplicación en este caso, porque no puede encontrarse relación entre la precipitación pluvial y la cantidad de agua infiltrada en el subsuelo y susceptible de ser captada para los usos indicados. Por otra parte, no necesitamos deducir la cantidad de agua infiltrada porque conocemos las obras que han alumbrado un manto freático de mucha importancia, como se verá en los párrafos siguientes; distinguiremos varias áreas sobre el plano (Lám. I), según la manera de ser de las aguas del subsue-

lo: áreas de aguas freáticas superficiales, áreas de aguas freáticas profundas y áreas de aguas artesianas brotantes. Marcamos en el plano con líneas azules paralelas, las secciones transversales que deben levantarse para localizar los pozos de absorción en terreno de Toluquilla y Atlacomulco; indicamos con círculos azules, el lugar de los pozos artesianos artificiales que deben perforarse en el Valsequillo.

Áreas de aguas freáticas superficiales.

—Un manto acuífero considerable ocupa la parte septentrional cercana al límite hidrográfico del valle, es decir, tiene su principio en las faldas meridionales de la barrera andesítica de San Bartolo Coscomaya, Quecholac, La Compañía, San Simón hasta el Cerro de Chichimecos; esta capa acuifera casi horizontal, carece de presión hidrostática; ha sido alumbrada por una gran red de excavaciones que, empezando en la depresión de El Salado, a pelo de tierra, van profundizándose hacia el N. en la medida que el desnivel lo requiere, hasta alcanzar 20 metros, aproximadamente, en la falda del cerro, como puede verse en las exploraciones de los Tenorio, al NE. de Quecholac. En toda esta red de sangrías puede observarse una infiltración abundante en el fondo y sobre ambas paredes de las excavaciones; el área ocupada por estas aguas freáticas es muy extensa y su caudal parece inagotable; la capa porosa o permeable en pequeño, que las contiene, es arena; su lecho inferior son las tobas calizas o travertino, prácticamente impermeable; sobre la capa de arena se encuentran las tobas volcánicas que han rellenado el valle. En San Bartolo Coscomaya (fotografía núm. 7), las aguas freáticas surgen a menos profundidad que en Quecholac y puede considerarse su emergencia como natural, verificándose en el contacto de las calizas compactas y metamórficas con las tobas andesíticas, producto de las erupciones que formaron esa cadena montañosa. El origen de estas aguas no es dudoso: mediante las obras de captación referidas se ha revelado la existencia de esta capa acuifera que pro-

viene de una zona de infiltración lejana, probablemente de las vertientes Sud-occidentales del Pico de Orizaba; el trayecto subterráneo seguido por las aguas lo forman las cavidades supercapilares de las rocas volcánicas que forman el Valle de San Andrés Chalchicomula y las diaclasas de las andesitas en la barrera de Coscomaya. No provienen de la infiltración directa de las aguas meteóricas en el valle de Quecholac, pues ya hemos dicho que en este lugar son muy raras las precipitaciones. Los acueductos de Tlacotepec, Atlacomulco y Tecamachalco, reunidos, puede estimarse que rinden un gasto de 600 litros por segundo (fotografías núms. 8 y 9). Toluquilla, Palmarito, El Carmen, etc., participan de los beneficios de esta capa acuifera, tanto menos profunda cuanto más cerca se capta del centro del valle. La temperatura del agua es poco diferente de la del aire ambiente, las aguas están fuertemente mineralizadas, lo que demuestra que en su trayecto subterráneo han disuelto las calizas dislocadas por las erupciones volcánicas terciarias; y que este trayecto es superficial y no profundo, a juzgar por la temperatura indicada. Al S. de esta zona se encuentra un espolón basáltico desprendido del Cerro Colorado y que marca en el subsuelo la división del valle en dos regiones de condiciones hidrológicas distintas, las tobas basálticas al Sur de ese espolón, descansan sobre un material poroso formado por detritus acarreados de grandes distancias, es decir, es el antiguo relleno del valle. En este lugar el señor don Fernando Campos practicó un túnel con rumbo medio de 55° Noreste con lumbreras de 50 en 50 metros, la longitud del túnel es de 1,500 metros; la primera lumbrera del S. tiene 2 metros de profundidad y la última, del N., 45 metros aproximadamente; *ninguna de las lumbreras se profundizó hasta el contacto del basalto con las calizas.* La intención al practicar esta obra, hoy paralizada, fué romper el obstáculo que la circulación de las aguas subterráneas encuentra al llegar a la corriente basálti-

ca interpuesta y después captar las aguas freáticas del manto que ya conocemos y que se encuentra a un nivel superior del túnel en la depresión de El Salado; como la obra no se siguió, su función es por ahora más perjudicial que benéfica, pues verifica el drenaje de esos terrenos demasiado pobres en humedad.

Areas de aguas freáticas profundas.—Estas ocupan parte del Valsequillo, se encuentran a 58, 65 y 74 metros de profundidad en los pozos de la hacienda de Santa Inés; la capa acuífera está en el contacto de las calizas cretácicas compactas y cristalinas con las tobas basálticas superiores. En los ranchos de Santa Ana, Niño, San Francisco, La Paloma, San José y San Juan Machorro, se encuentra el agua a 61, 45, 45 y 22 metros, respectivamente, en el contacto de las tobas permeables y una lente de arcilla. Este manto freático es demasiado pobre. En Tlacotepec se hizo una perforación con el fin de obtener aguas artesianas, se alcanzaron dos capas acuíferas independientes, sin presión hidrostática, a 75 y a 100 metros de profundidad; la primera contenía aguas mineralizadas y la inferior agua dulce.

Manantiales.—Al Oriente de Santiago Alseseca, en el flanco meridional del Cerro del Monumento, se encuentra el manantial de Chichipico; brota en las diaclasas de las calizas compactas, cuyas diaclasas tienen rumbo de Oriente a Poniente con echado de 30° al N. Al E. de las Animas se encuentra San Simón Yehualtepec, y como 8 kilómetros al Oriente de este pueblo y en el flanco meridional del Monumento, se encuentran los manantiales de Atitlahuey y el Ahuehueté Grande, que brotan en las leptoclasas de las pizarras calizas, y en el contacto de éstas con las calizas compactas. La circulación de estas aguas se hace por las fracturas de las calizas del Monumento, la altura a que brotan los manantiales es inferior al nivel medio del Valle de Quecholac (véase corte núm. 3, lám. II); la temperatura de las aguas es de 14 y 16° C., hay razón para suponer que esta agua procede del

manto acuífero superficial que ocupa parte de Toluquilla y una zona extensa a lo largo del flanco septentrional del Monumento hasta El Palmar. Si se emprendieran galerías con rumbo al N. en Atitlahuey y en el Ahuehueté Grande, se obtendría un buen caudal de agua en estos socavones, pues el volumen que los abastecería es inagotable.

Aguas artesianas brotantes.—Estas se encuentran en el borde del valle en Acatzingo en terreno volcánico. Este lugar no lo visitamos. En Tepeyahualco existen también aguas artesianas brotantes, pero este lugar pertenece a la cuenca hidrográfica del río Atoyac.

OBRAS DE CAPTACION

Se persiste en la idea sostenida por algún escritor (6) de que las aguas infiltradas en las vertientes de la Malinche, circulan por el material volcánico y fragmentado de que están formadas y después deben alimentar una "cuenca lacustre subterránea" que de aprovecharse en Tecamachalco, por medio de perforaciones, haría fácil el riego de esas tierras. Supongamos que sin existir una barrera impermeable que impida la circulación subterránea, el agua infiltrada en la zona de absorción de la Malinche, llegue a ocupar el fondo del synclinal en Tecamachalco; aún así, existen varias razones para dudar del éxito de una perforación hecha con el fin de obtener aguas artesianas, pues entendemos por pozo artesiano el que esté conforme con el principio hidrostático, en virtud del cual, las aguas subterráneas confinadas, tengan tendencia a levantarse por la presión de la columna de agua, debido a la elevación de la capa acuífera que abastece el pozo sobre el punto en que éste se localiza (7.) Ahora bien, el agua derramará al exterior si la presión hidrostática es suficiente. En nuestro caso, y considerando el fondo del valle como el sitio de estas aguas subterráneas, no tenemos la seguridad de contar con la presión hidrostática suficiente en la parte alta del Valsequillo,

porque esas aguas *no están confinadas*, es decir, encajonadas entre capas impermeables que forman los lechos superior e inferior en la capa acuifera. Si las tobas calizas y las calizas compactas son impermeables, las tobas volcánicas y el aluvión son materiales permeables en pequeño. Además, en las calizas del synclinal y a un nivel inferior en 400 metros con respecto a Tecamachalco, se encuentran los manantiales de Tehuacán, el punto más bajo del eje synclinal de Tecamachalco; ya se comprende que cualquiera perforación que alcanzara esa capa acuifera, sería inútil, porque no se contaría con la carga hidrostática suficiente para que el agua ascendiera en la perforación, porque la altura de carga se pierde con esos derrames a niveles inferiores al lugar del pozo. En caso de que la circulación del agua subterránea se verifique no en el contacto de las tobas basálticas y las calizas cretácicas, sino en las cavidades supercapilares y cavernas de estas rocas, que forman el substratum del valle; aún así, la existencia de pérdidas a niveles inferiores no garantiza ya el éxito de una perforación artesiana. Sin embargo, el conocimiento que hemos adquirido del subsuelo en los valles de Quecholac y del Valsequillo, nos ha sugerido la idea de que se podría formar en el lugar comprendido entre Toluquilla y la hacienda de Santa Inés, un sifón artificial que permitiera el ascenso de las aguas subterráneas hasta la superficie del terreno en el Valsequillo, aguas que serían captadas del manto acuífero poco profundo de El Salado. Disponemos de una gran cantidad de agua freática superficial que descansa en un lecho impermeable, formado de tobas calizas y basaltos escoriáceos cuya impermeabilidad ha sido alcanzada por la cementación del carbonato de cal aportado por el agua que ha hecho de todos estos materiales anteriormente permeables, fragmentos y pulverizados, un todo impermeable. En el contacto de las tobas basálticas y las calizas cretácicas, encontramos en Santa Inés agua freática profunda en pequeña cantidad; ahora bien, el pro-

yecto consistiría en llevar el agua freática superior hasta el contacto de las formaciones cuaternarias con las calizas compactas e impermeables, rompiendo las capas impermeables en que descansa el manto acuífero de Quecholac por *pozos de absorción o de infiltración*, que se localizarían en terrenos de Toluquilla; estos pozos serían el camino para que el agua descendiera y saturara una zona permeable más baja, enriqueciendo al principio el manto de agua freática ya conocida en Santa Inés, pero sobre todo, el papel de cada pozo de absorción sería *formar una columna de carga continua* que permitiera en terrenos del Valsequillo, obtener el agua brotante por perforaciones que harían el papel de otras tantas ramas ascendentes de sifones artificiales. La comunicación entre ambos sistemas de pozos, los de absorción y los artesianos artificiales, la establecería *el contacto de las calizas con las tobas basálticas superiores*; estas últimas se impermeabilizarían con el travertino que haría perfecto el confinamiento de las aguas, y desde ese momento se formaría una sola masa líquida en circulación. La localización de los pozos de absorción se haría de acuerdo con el relieve exterior buscando el lugar más a propósito para alcanzar el contacto con la perforación más corta; la localización de los pozos artesianos artificiales se haría en vista de la misma circunstancia; aconsejando por la inspección que hemos hecho del relieve, el lugar denominado terreno de "La Prensa" al S. de la estación del Ferrocarril Mexicano del Sur, en terrenos de Santa Inés, y cerca de la reunión de El Arenal y el arroyo de Tecamachalco.

CONCLUSIONES

En vista de lo que hemos expuesto y del fin que se persigue, pueden aconsejarse como trabajos necesarios, los siguientes:

1.º—El levantamiento de 10 secciones transversales, cuyos planos equidisten 100 metros y cuyo rumbo sea de E. a W., sien-

do el más austral el que pasa por la Fundación de Atlacomulco. Estos levantamientos deben ligar las faldas del Cerro Colorado y las del Monumento; se marcará en los perfiles la roca *in situ*. Estas nivelaciones tienen por objeto prever la profundidad y costo de los pozos de absorción.

2.º—Referir estas nivelaciones parciales a un mismo plano de referencia y ligarlas con un perfil de N. a S., llevado por el thalweg del arroyo de Tecamachalco, desde cualquier punto de la sección más boreal hasta cualquiera de las norias de Santa Inés, en donde ya es conocida la capa acuífera mencionada.

3.º—Ejecutar dos perforaciones experimentales, una de absorción en Toluquilla y otra artesiana artificial en el terreno denominado "La Presa," ambas hasta alcanzar el contacto del basalto con las calizas. Usando la fluoresceína como reactivo para conocer si el agua infiltrada en el pozo de Toluquilla alimenta efectivamente la capa acuífera inferior de Santa Inés.

4.º—Conducir los trabajos de perforación, tanto en el sistema de absorción como en el de emergencia, de tal manera que en el primero no se deje escapar hacia abajo el agua que va a ser aprovechada. Debe ser minucioso el muestreo de las capas y deben tomarse sus espesores con cuidado.

5.º—Deben colarse galerías de filtración en Atitlahuey y el Ahuehuate Grande de San Simón Yehualtepec.

El conocimiento exacto del relieve no es una condición indispensable para llegar a una conclusión hidrológica, pero en el caso que nos ocupa, se trata de proyectar una obra económica y racional y por eso recomendamos el levantamiento de las secciones transversales y la nivelación de Toluquilla a La Presa o a Santa Inés. El número de pozos de absorción y de emergencia se multiplicará para au-

mentar el gasto según las necesidades de la irrigación. En caso de que los pozos de infiltración o de absorción no sean muy profundos, puede convenir después de las perforaciones experimentales que ya aconsejamos, labrar pozos de diámetro suficiente o hacer excavaciones para aumentar la superficie de infiltración y por tanto el volumen de alimentación del sistema artesiano artificial. (Diagrama de la fig. 4, lám. II.)

Es muy importante hacer notar que las obras propuestas no perjudicarán en nada las tierras de Quecholac y El Salado y que las "explotaciones" actuales no sufrirán merma alguna en su gasto.


El proyecto que tenemos el honor de dejar formulado no es una opinión aventurada, porque se basa en las observaciones hechas sobre el terreno y el sistema de captación propuesto, ha sido empleado con éxito en otras partes (8.)

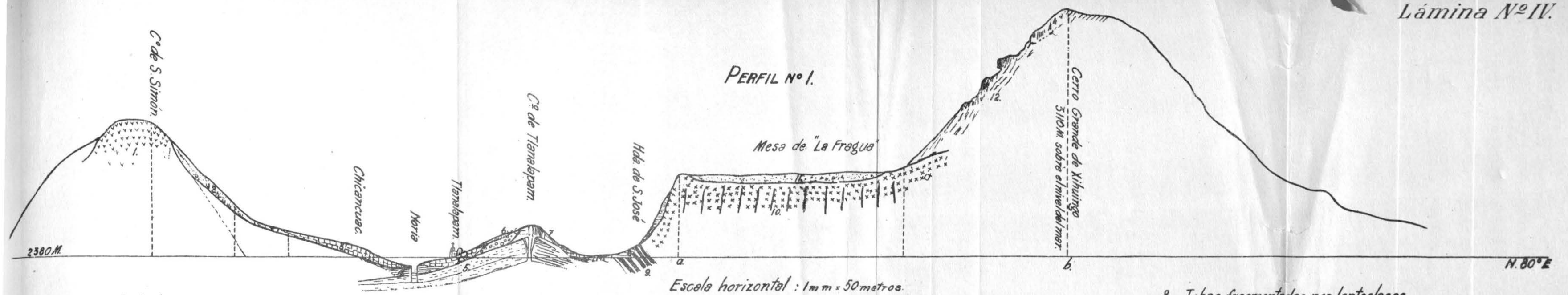
BIBLIOGRAFIA

- (1).—Datos para la materia médica mexicana. 4.ª parte, págs. 220-235. J. G. Aguilera, Instituto Médico Nacional. México, 1907.
- (2).—Observaciones relativas a los volcanes de México. E. Ordóñez. Memorias de la Sociedad Científica "Antonio Alzate," Tomo VIII. México, 1894. Págs. 183-196.
- (3).—Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate." Tomo 36, 1.ª parte. Junio de 1917. Página 164. Puebla, su Territorio y sus Habitantes, por E. J. Palacios.
- (4).—Meteorology by Willis Isbister Wilham Ph. D. N. Y. 1912. Página 233.
- (5).—Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate." Tomo 36, 1.ª parte, pág. 143. Puebla,

- su Territorio y sus Habitantes, por Enrique Juan Palacios. México, junio de 1917.
- (6).—Memorias y Revista de la Sociedad Científica "Antonio Alzate." Tomo 36, 1.^a parte, pág. 152. Puebla, su Territorio y sus Habitantes, por Enrique Juan Palacios.
- (7).—Maryland Geol. Survey. Vol. X, 1918. Wm. Bullock. Clark. páginas 231-239.
- (8).—The Subterranean Waters of Australia, by J. Gust Richert. Arkiv for Kemi, Mineralogi och Geologi. Band 6, Hafte 4. Stockholm, 1917. Páginas 1-28.

Heriberto Camacho.

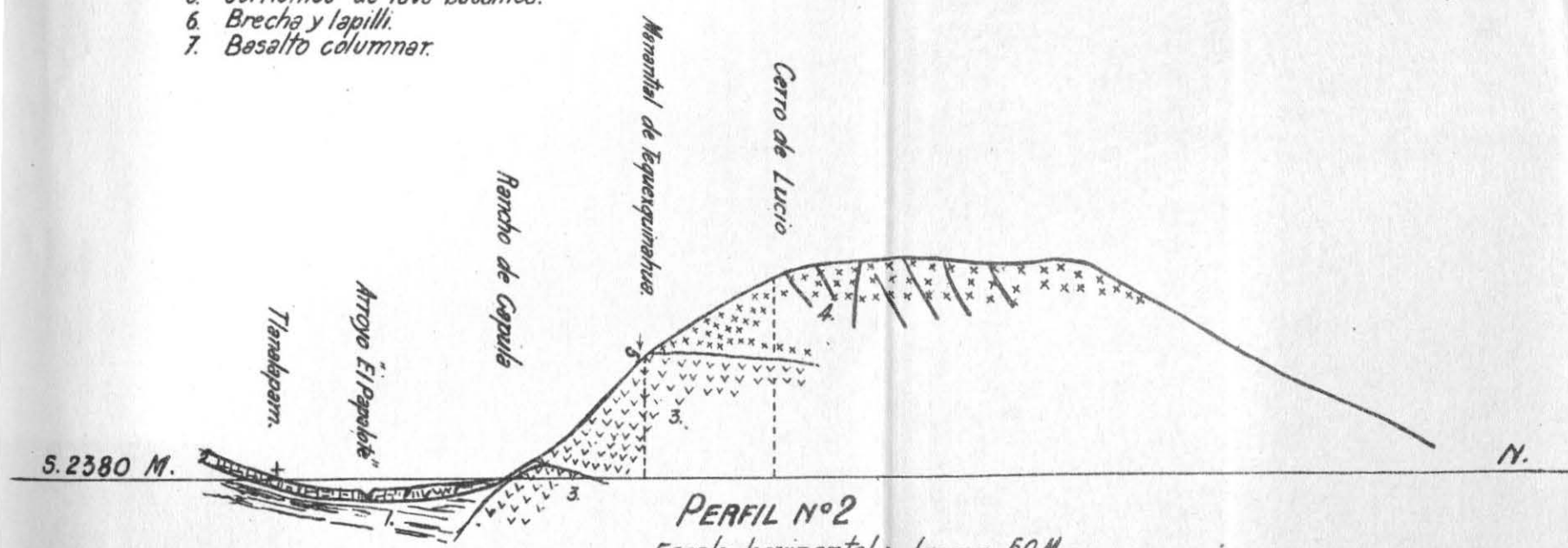




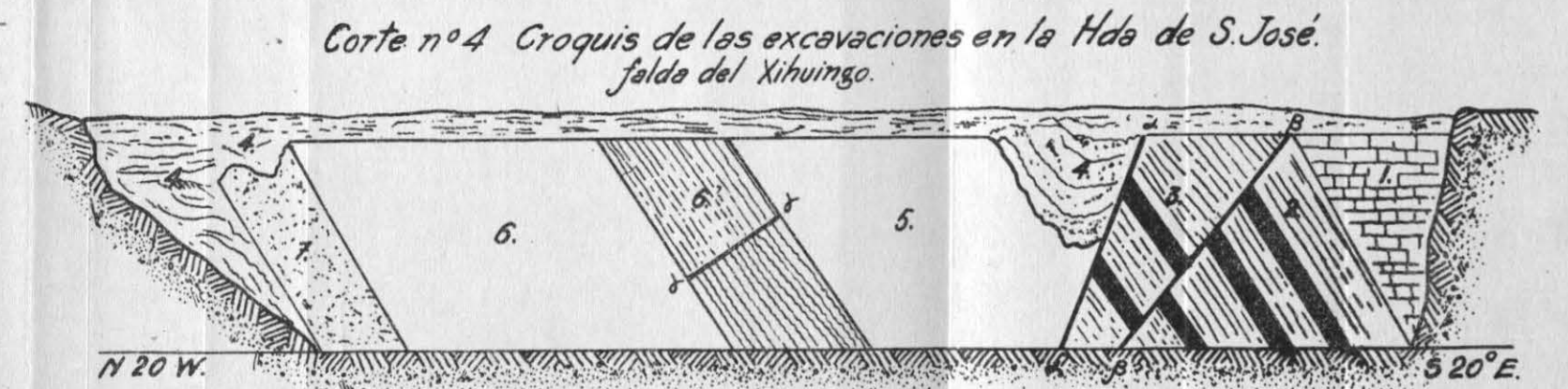
1. Andesita.
2. Detritus andesíticos y arcilla.
3. Tobas basálticas.
4. Sedimentos lacustres termo-salados.
5. Corrientes de lava basáltica.
6. Brecha y lapilli.
7. Basalto columnar.

Esca horizontal : 1 m m = 50 metros.
 Esca vertical : 1 m m = 10 metros.
 Nota - De a a b. la esca horizontal es igual a la vertical para que aparezcan las pendientes naturales de la Mesa y del cono

8. Tobas fragmentadas por leptoclasas.
9. Sedimentos lacustres de agua dulce dislocados.
10. Corriente de rhyolita con diaclasas.
11. Detritus arcilla y tierra vegetal.
12. Tobas rhyolíticas y quellos volcánicos.

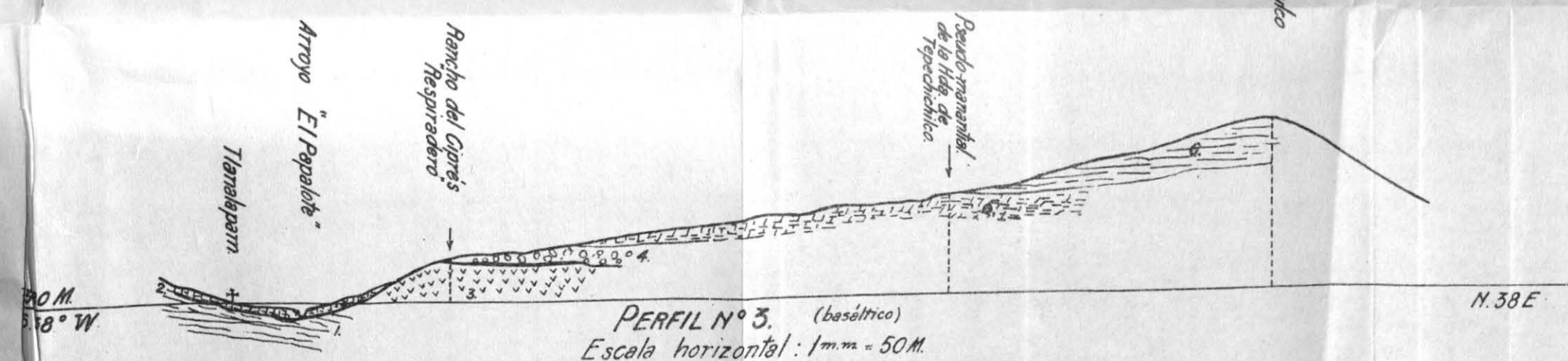


PERFIL N° 2
 Esca horizontal : 1 m m = 50 M.
 Esca vertical : 1 m m = 10 M.
 1. Corriente de basalto.
 2. Tobas litoides.
 3. Andesitas.
 4. Rhyolitas con diaclasas.
 5. Pseudo-manantial de Tequexquinahua



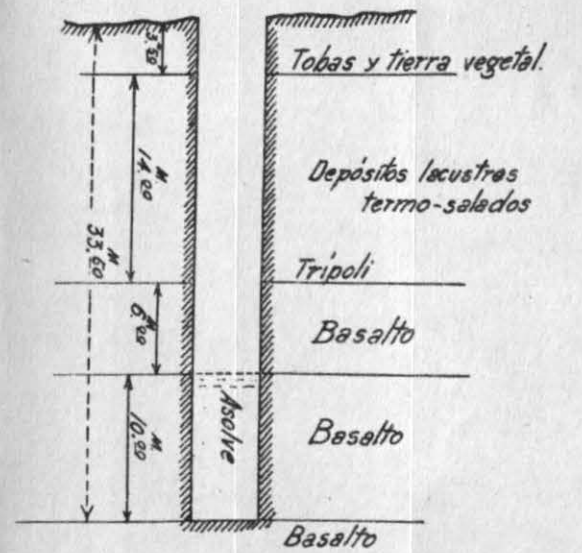
Corte n° 4 Croquis de las excavaciones en la Hda de S. José. falda del Xihuingo.

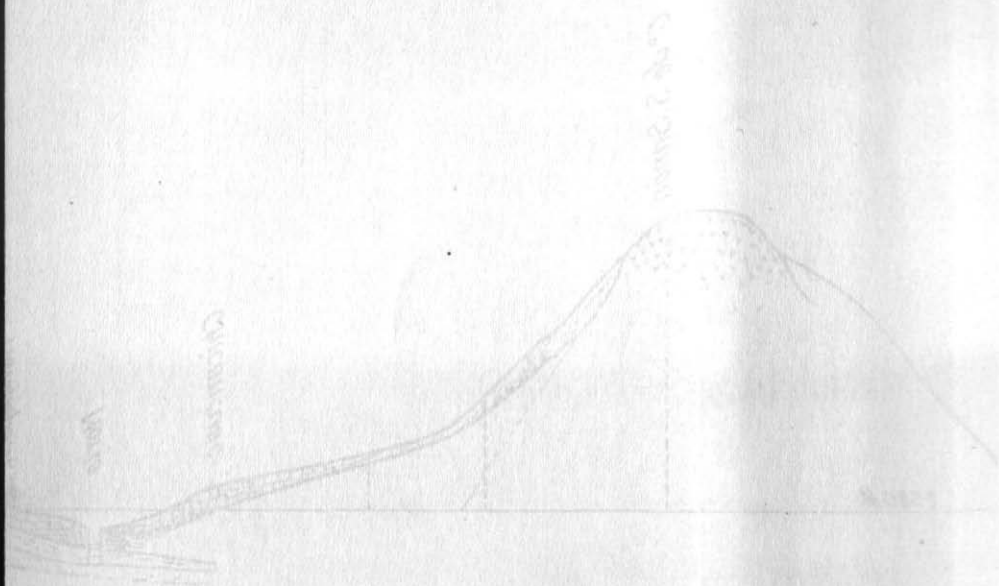
Longitud de la excavación 57M; profundidad: 2,50.
 1. Tobas fracturadas por leptoclasas.
 2. Arena volcánica "xalmené" pulverulenta.
 3.
 4. Tobas margosas "caliche", muy fragmentadas.
 5. Tobas compactas, vidrio volcánico, arcilla.
 6. Tripoli impuro blanco algo compacto (diatomeas de agua dulce)
 6. Arena volcánica, polvo negro.
 7. material incoherente
 αα fractura: rumbo S. 35° W; echado 60° al N 55° W.
 BB falla : " S. 20° W; " 48°., N 70° W, Desnivel 0,30
 γγ fractura normal a las capas 6, rumbo N 42° W.



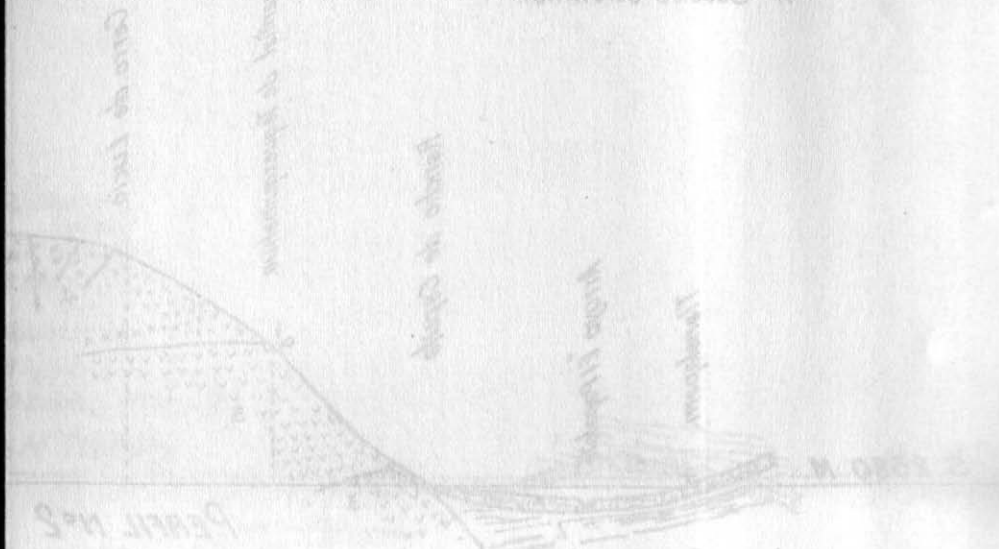
PERFIL N° 3. (basáltico)
 Esca horizontal : 1 m m = 50 M.
 Esca vertical : 1 m m = 10 M.
 1. Corriente de basalto.
 2. Tobas.
 3. Labradorita?
 4. Brecha volcánica.
 5. Tobas.
 6. Corriente de basalto.

Corte n° 5.
 La Noria de Tlanalpapam.
 Esca : 1 M = 2 m m.





- 1 Basalto columnar
- 2 Brecha y lavas
- 3 Corrientes de lavas basálticas
- 4 Sedimentos lacustres arenosos
- 5 Lavas basálticas
- 6 Láminas en pedregales y cenizas
- 7 Andesitas

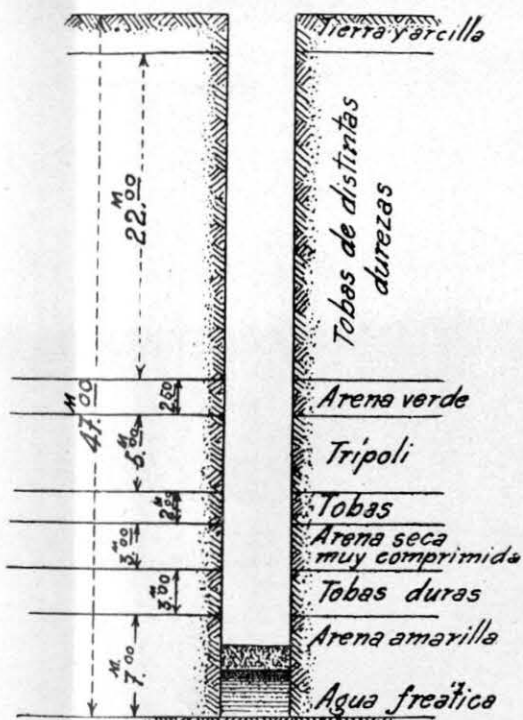


- 1 Basalto columnar
- 2 Brecha y lavas
- 3 Corrientes de lavas basálticas
- 4 Sedimentos lacustres arenosos
- 5 Lavas basálticas
- 6 Láminas en pedregales y cenizas
- 7 Andesitas



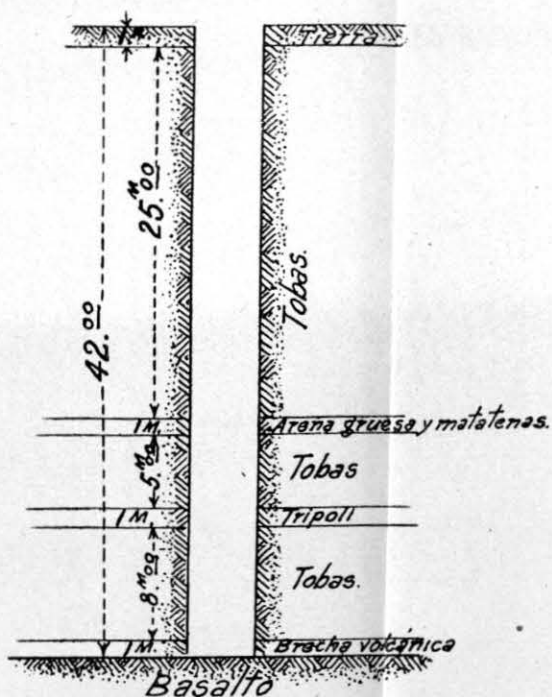
- 1 Corrientes de lavas basálticas
- 2 Lavas basálticas
- 3 Andesitas
- 4 Rhyolitas con
- 5 Pseudo-

Corte n° 6.

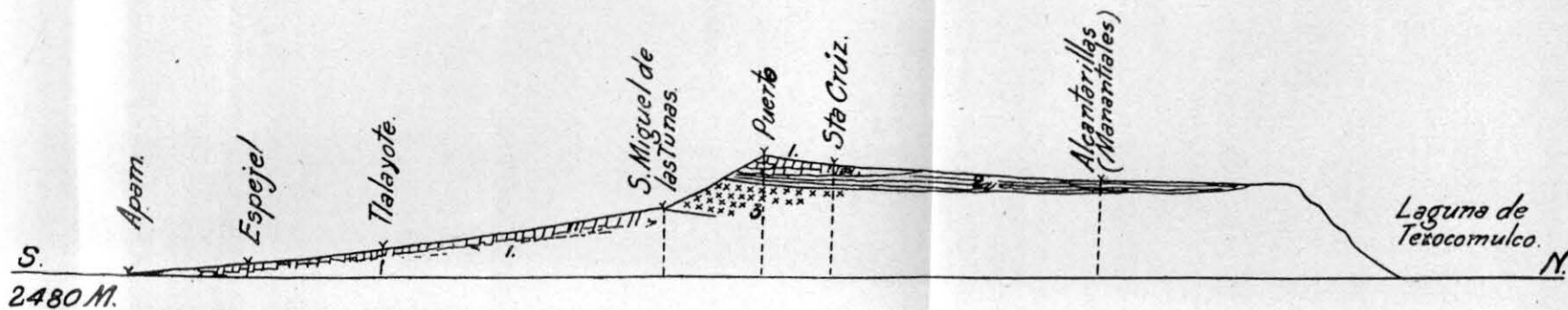


Pozo en la Estación de Apam, Hgo.
F.C. Mexicano. Escala: 1M = 2m.m.

Corte n° 7.



Pozo sin agua en Apam, Hgo.
Escala: 1M = 2m.m.



Perfil n° 8. Escala horizontal 1m.m. = 100 M.
vertical: 1m.m. = 5 M.
1. Tobas 2. Basalto 3. Rhyolita.



I Aguas freáticas superficiales.
 II " " profundas
 III " " artesianas brotantes

III. BASALTO

I.

I
TURBAS.

TIERRAS VEGETALES.
ALUVION

BASALTO.

TIERRAS TEQUESQUITOSAS.
Y
TRAVERTINO.

ANDESITAS.

TRAVERTINO.

TEJAMACHALCO.

I.

BASALTO

II.

Δ MANANTIAL.

TIERRAS VEGETALES DE MUCHO ESPESOR.

CALIZAS

MESO-CRETACICAS.

III.

CALIZAS MESO-CRETACICAS.

II.

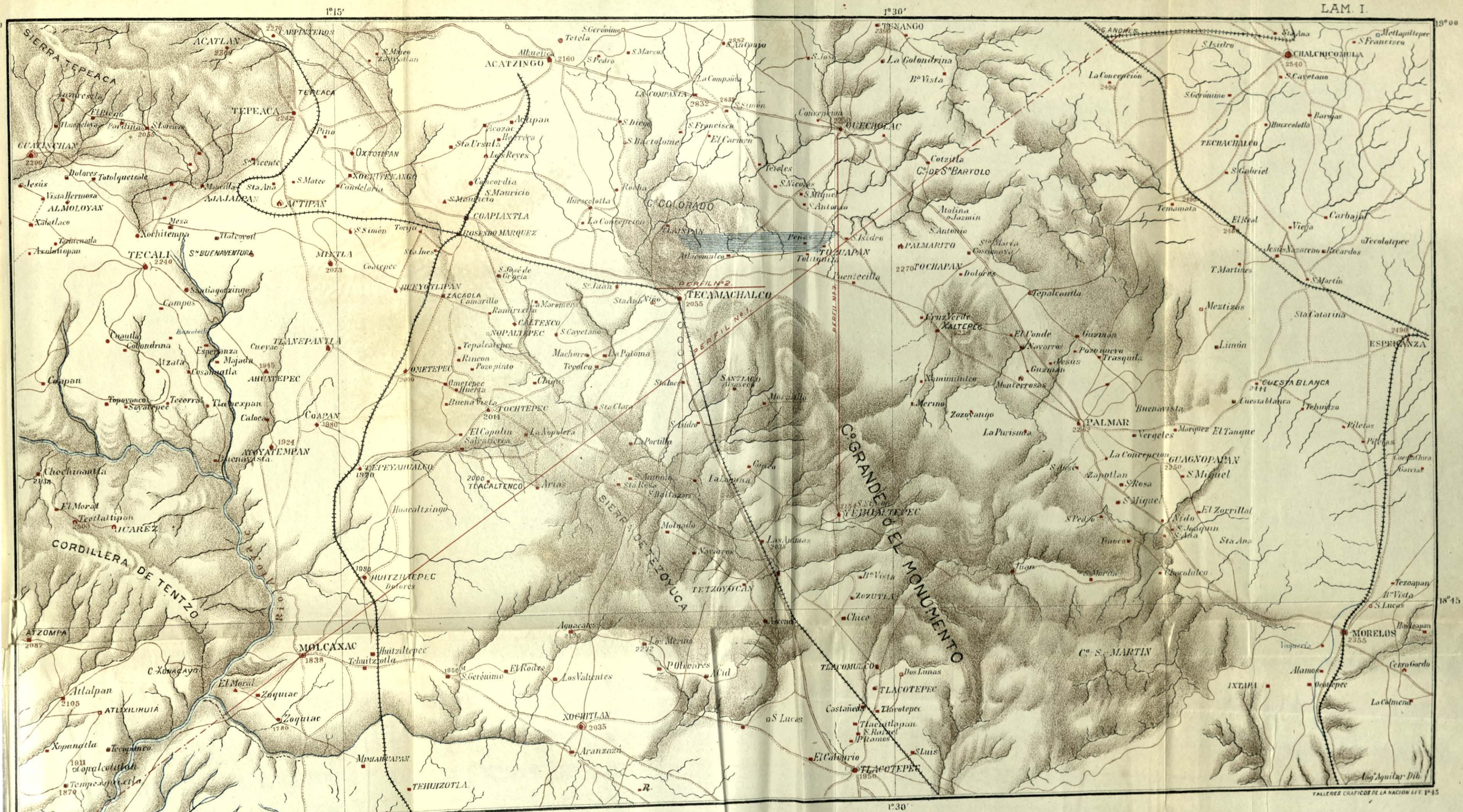
SIERRA TEPEACA
CALIZAS MESO-CRETACICAS.

GUATINCHAN
TECALI

CORDILLERA DE TEPIC
CALIZAS MESO-CRETACICAS.

Tezoapan
H^o Vista

Alamos
Cerro Gordo



1° 15'

1° 30'

19° 00'

18° 45'

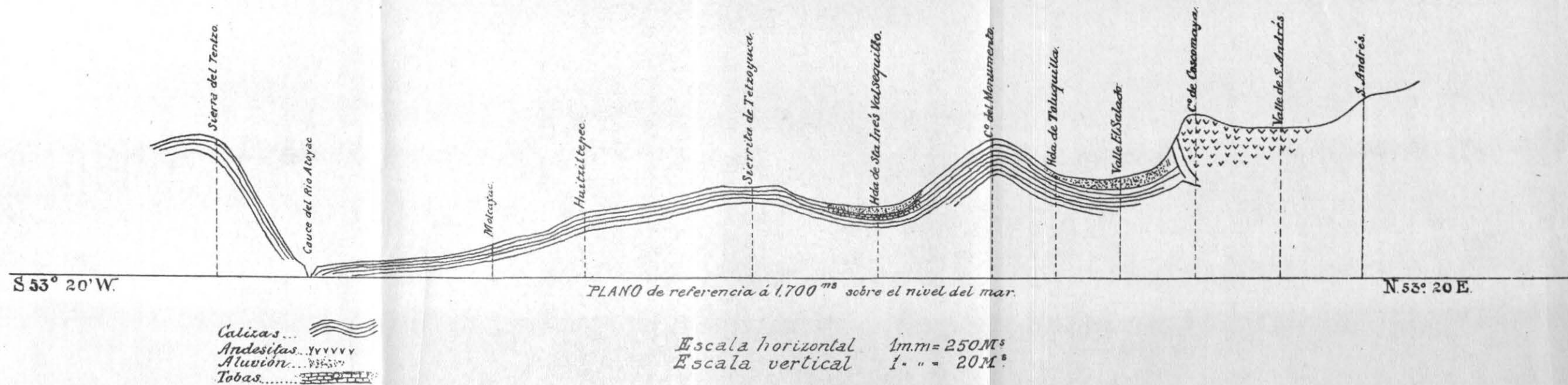
Aguas Subterráneas del Valsequillo - Pue.-H. Camacho



TALLERES GRAFICOS DE LA NACION LIT. 1° 15'

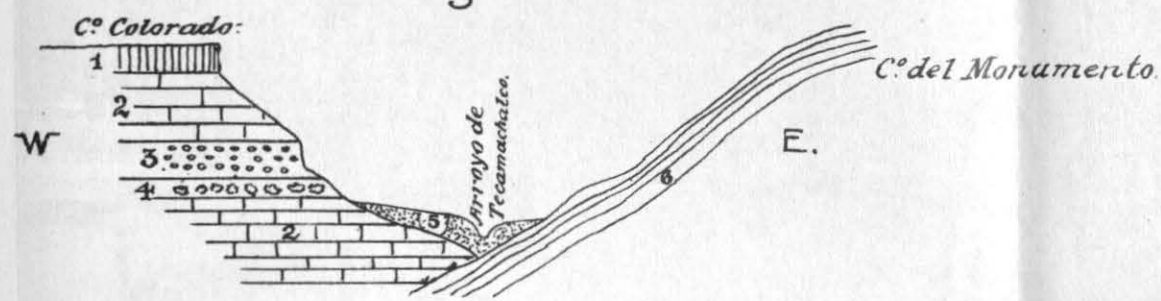
PERFIL que demuestra el escalonamiento de los Valles Tectónicos de S. Andres Chalchicomula à la Cuenca del Rio Atoyac.

— Fig. n.º 1. —



Cròquis del perfil entre el C.º COLORADO y el C.º del MONUMENTO. Camino de Atacomulco.

Fig. 2.



1. Corriente de basalto columnar
2. Tobas basálticas.
3. Conglomerado de Lapilli y cemento calizo
4. Brecha volcánica
5. Aluvión y travertino
6. Calizas del Cretáceo medio

Perfil que demuestra que los manantiales de ATITLAHUEY se alimentan del manto freático de QECHOLAC

Fig. 3.

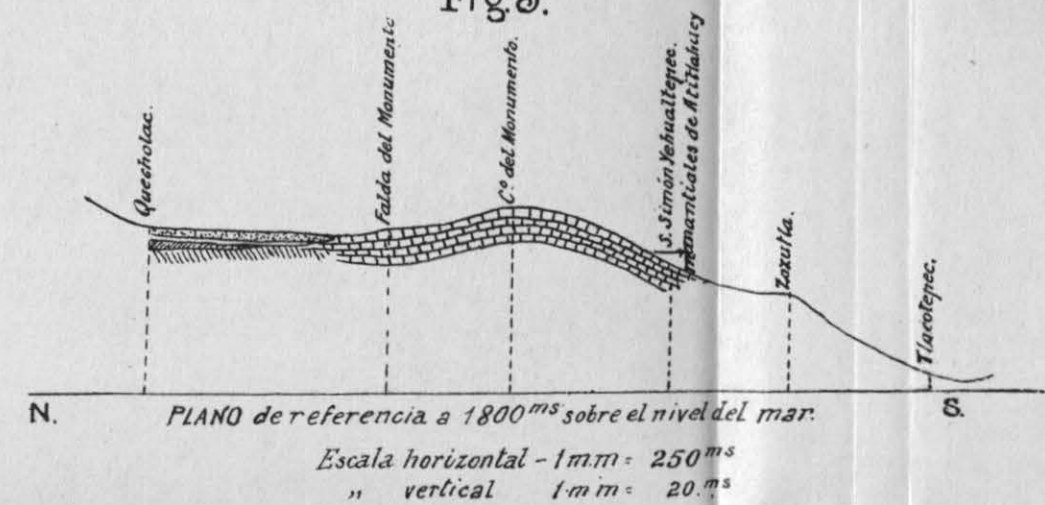
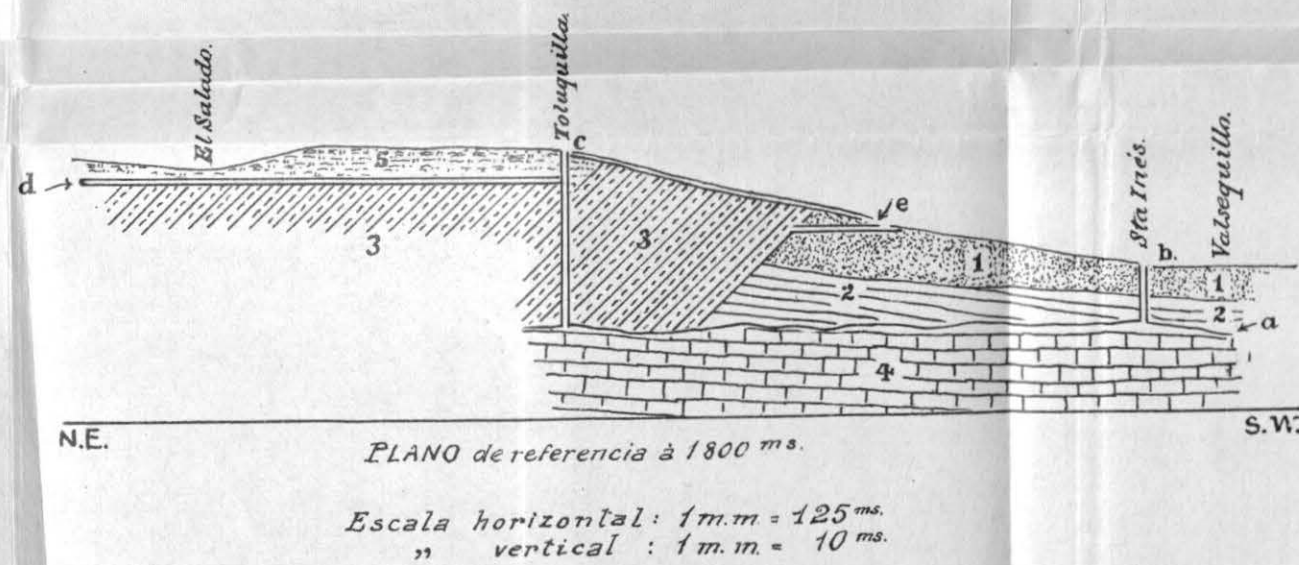


Diagrama que explica la captación de la capa acuífera superficial de EL SALADO.

Fig. 4



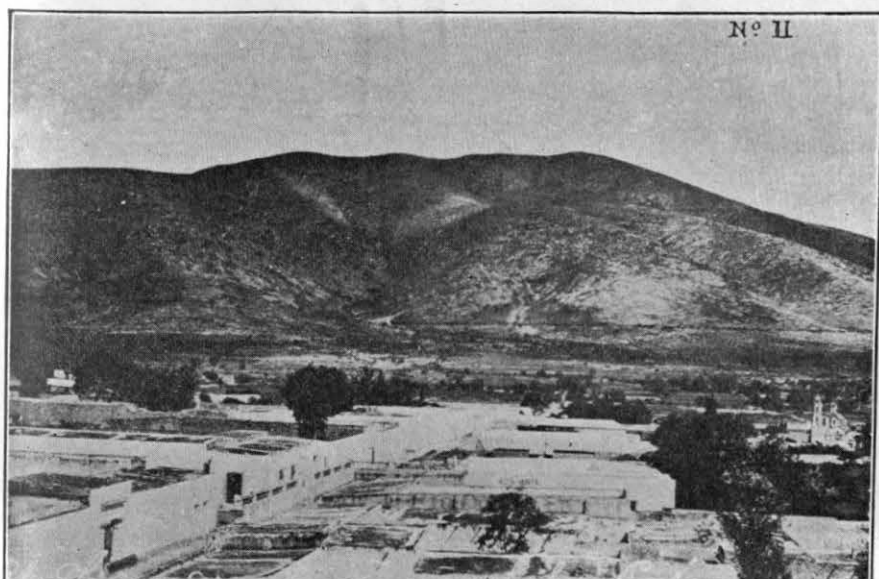
- 1 - Relleno aluvial.
- 2 - Tobas basálticas.
- 3 - Macizo impermeable.
- 4 - Caliza Cretácea impermeable.
- 5 - Aluvión y Travertino.

- a. - Manto freático profundo.
- b. - Pozo artesiano artificial.
- c. - Pozo de infiltración.
- d. - Manto freático superficial.
- e. - Túnel colado en Atacomulco.

Núm. 1



Núm. 2



Vista al E. de Tecamachalco.—El Cerro Grande o del Monumento.—Tecamachalco, Pue.



Figure 1

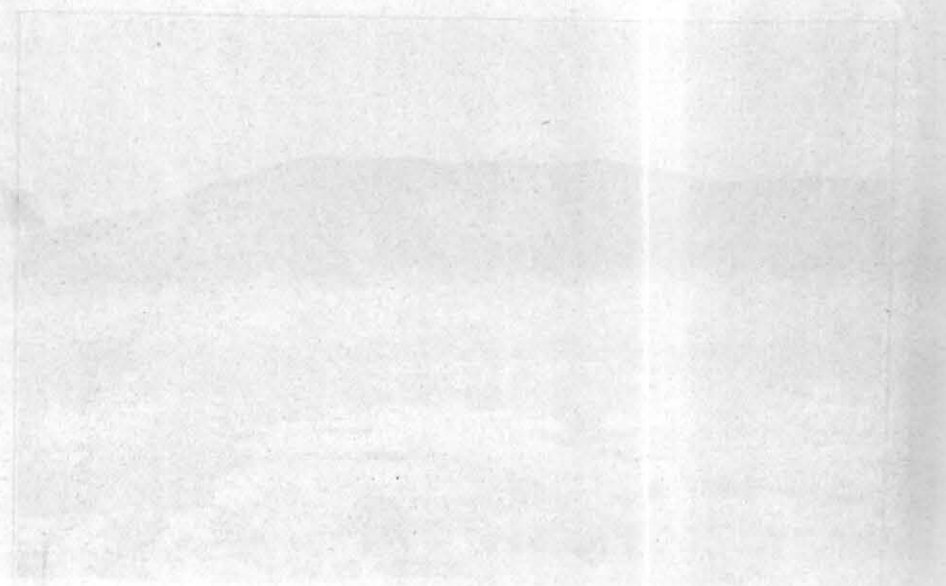


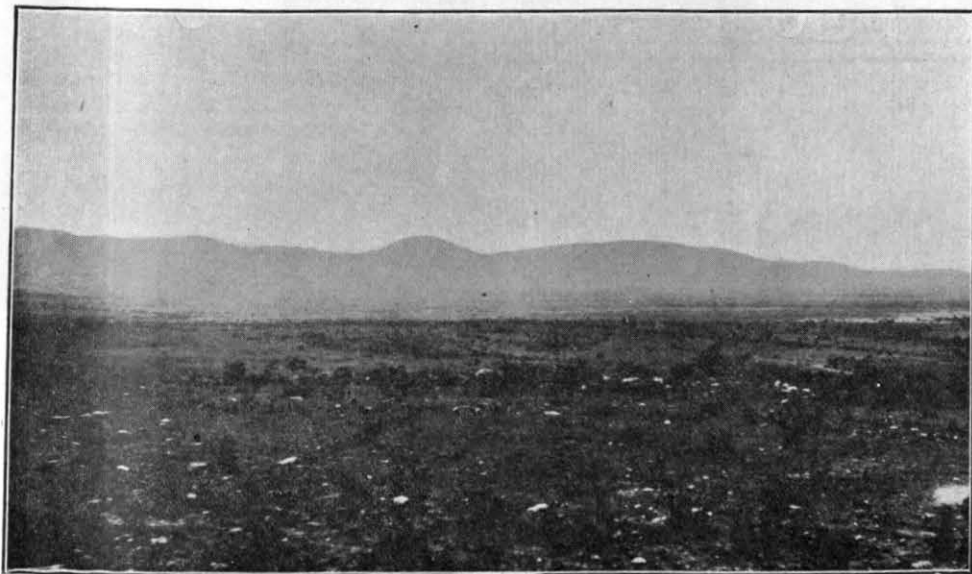
Figure 2

Núm. 3



Vista al S. de Tecamachalco.—Sierras de Tetzoyuca y del Tentzo

Núm. 4



El Valle de Quecholac.—Cerros de Coscomaya.—Cámara al NE.

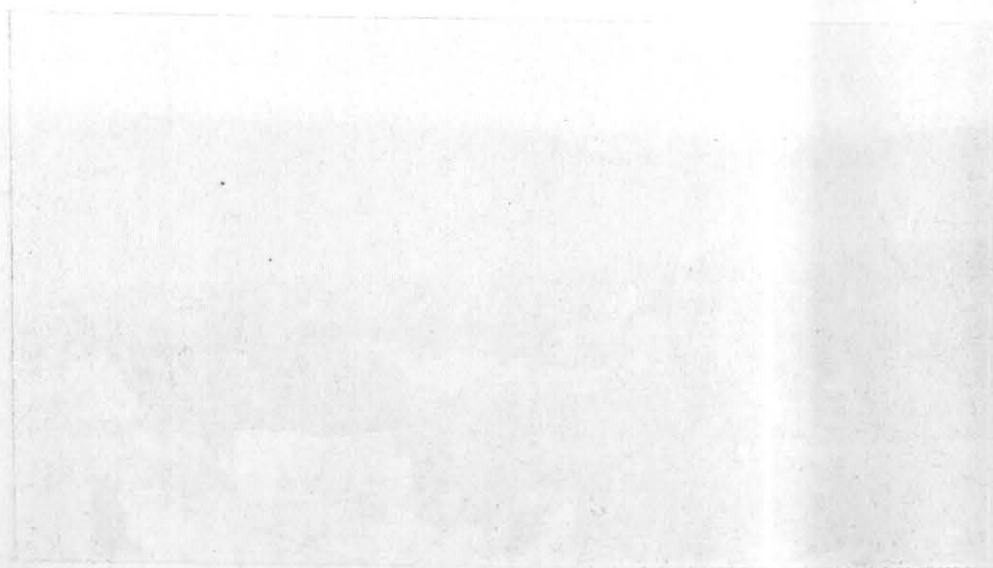


Fig. 1. The structure of the ...

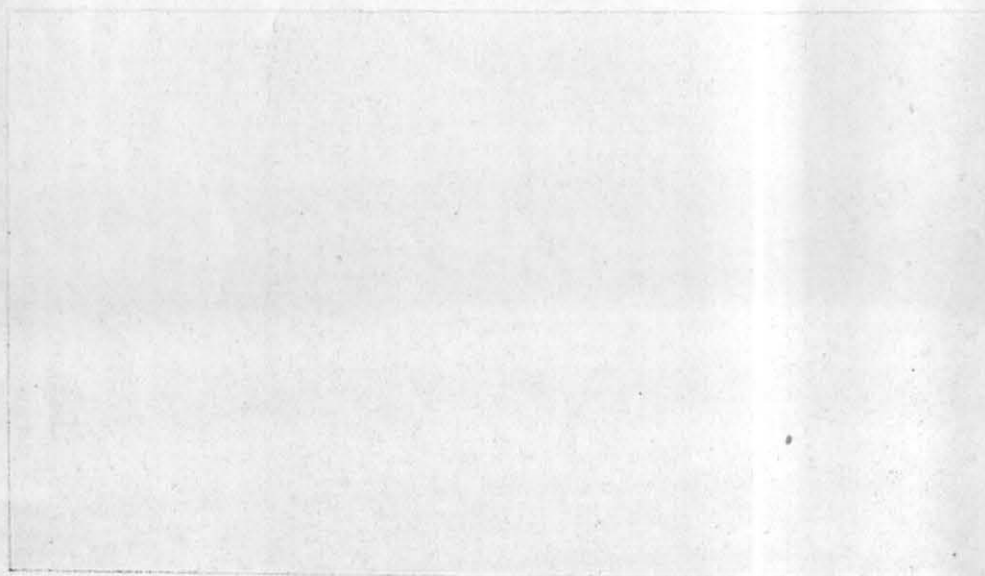
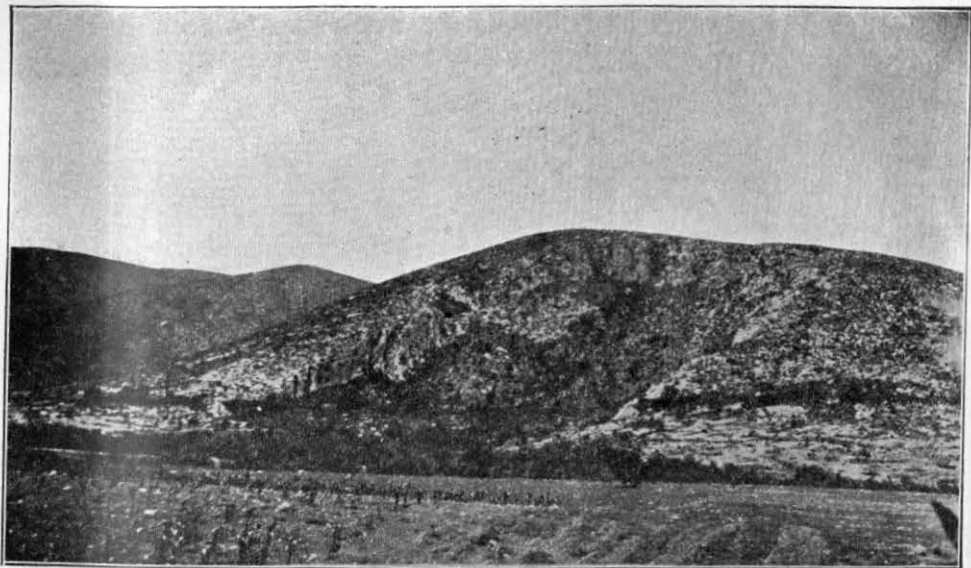
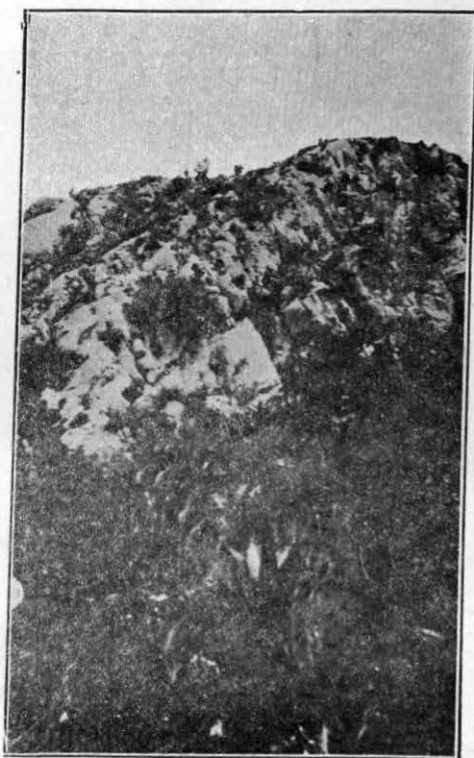


Fig. 2. The structure of the ...



"El Boquerón."—Hundimiento en el Cerro del Monumento

Núm. 6



El flanco N. de un anticlinal en "El Boquerón"



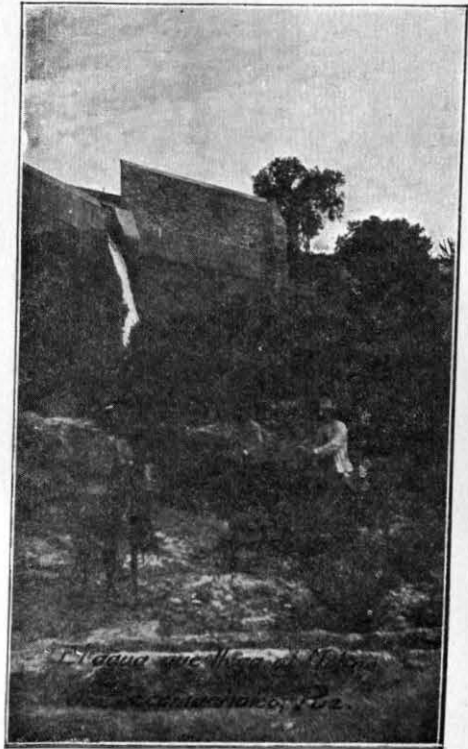
Ojo de agua.—Hacienda de San Bartolo.—Tecamachalco, Pue.

Núm. 8



Acueducto de Tlacotepec.
Falda del Cerro del Monumento

Núm. 9



El agua que llega al Molino
de Tecamachalco

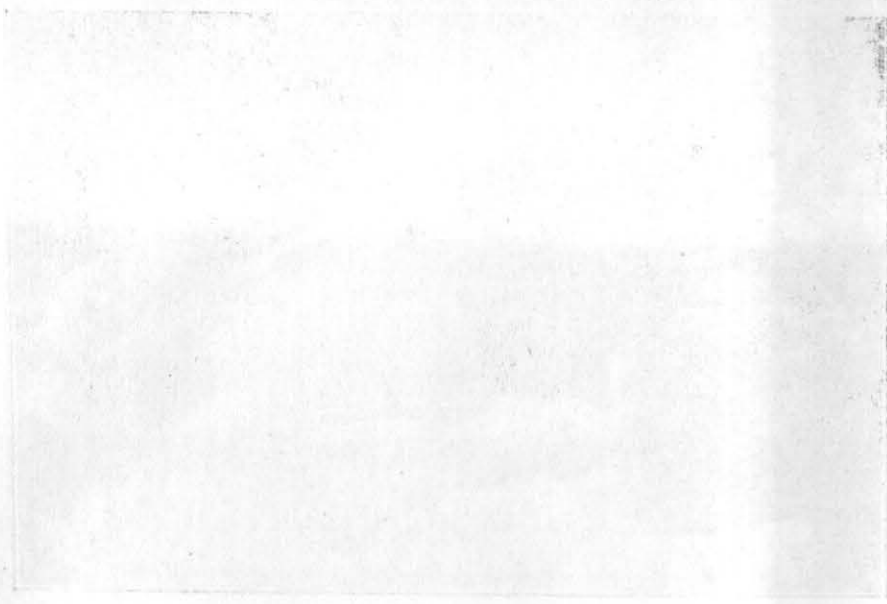


Figure 1. [Illegible text]

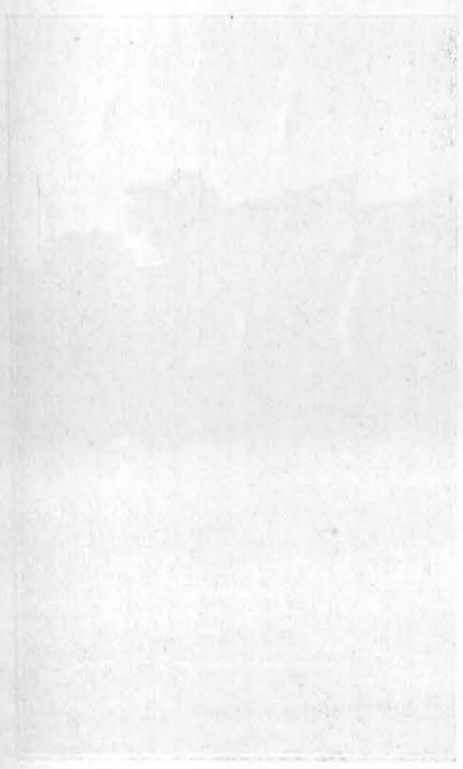


Figure 2. [Illegible text]

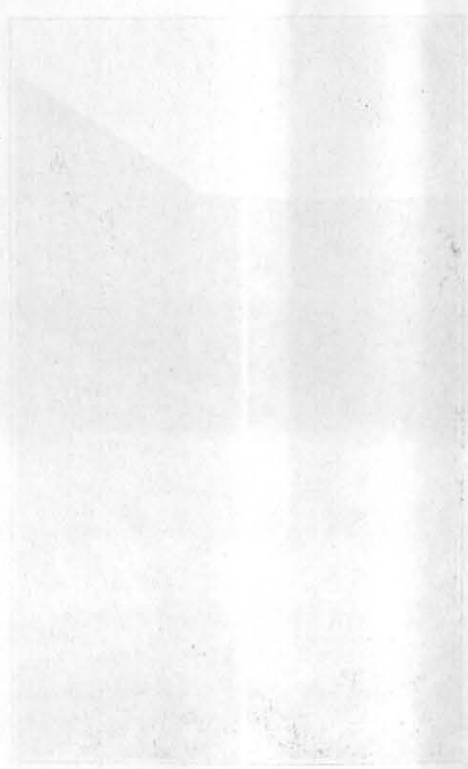


Figure 3. [Illegible text]