

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

---

---

**LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LOS MUNICIPIOS DE ACATLAN Y JALTEPEC**

DISTRITO DE TULANCINGO, ESTADO DE HIDALGO

POR EL INGENIERO DE MINAS

**VICENTE GALVEZ**

(Con láminas I a XV)

---

**LOS RECURSOS DE AGUAS  
DEL VALLE DE TECALITLAN**

CANTON DE CIUDAD GUZMAN, ESTADO DE JALISCO

POR EL INGENIERO DE MINAS

**TRINIDAD PAREDES**



MEXICO

DEPARTAMENTO DE IMPRENTA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO

Primera calle de Filomeno Mata núm. 8

1916

INSTITUTO GEOLOGICO DE MEXICO

LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LOS MUNICIPIOS DE ACATLAN Y JALTAPAN

DISTRITO DE TULAZINGO, ESTADO DE HIDALGO

POR EL INGENIERO DE AGUAS

VICENTE GALVÁN

(Por la Ley de 1916)

LOS RECURSOS DE AGUAS  
DEL VALLE DE TECAMACÁN

CANTON DE CIUDAD GUERRA, ESTADO DE JALISCO

POR EL INGENIERO DE AGUAS

TERMINADO FALCÓN



MEXICO

DEPARTAMENTO DE IMPRENTA DE LA SECRETARIA DE FOMENTO  
Paseo de la Reforma, México, D. F.

1916



---

LAS AGUAS SUBTERRANEAS  
EN LOS  
MUNICIPIOS DE ACATLAN Y JALTEPEC

DISTRITO DE TULANCINGO, ESTADO DE HIDALGO

POR EL INGENIERO DE MINAS VICENTE GALVEZ

(Láms. I a XV)

—  
**Introducción**

En cumplimiento de lo dispuesto por el señor Director del Instituto Geológico Nacional, Ing. Juan D. Villarello, quien se sirvió honrarme comisionándome para hacer el estudio de la hidrología subterránea de las municipalidades de Acatlán y Jaltepec, del Distrito de Tulancingo, Estado de Hidalgo; tengo la satisfacción de escribir el presente estudio, que no es más que el resultado de las observaciones que se hicieron en el desempeño de esta comisión, en la que fui eficazmente ayudado por los Sres. Ings. Rafael M. Tello y Germán García Lozano.

Aprovecho esta oportunidad para hacer constar mis agradecimientos a las personas que de alguna manera facilitaron la ejecución de nuestros trabajos, y especialmente al Sr. Ing. David M. Uribe, de Tulancingo,

que con su bondad característica puso a nuestra disposición los datos que de él solicitamos, debiendo hacer mención particularmente, de los meteorológicos obtenidos en su Observatorio Flammarion.

### Situación geográfica

Las municipalidades de Acatlán y Jaltepec del Distrito y Estado ya indicados, quedan situadas al N. de la ciudad de Tulancingo, extendiéndose en la vasta planicie que forma el valle conocido con el nombre de la población ya mencionada; la región que fué necesario recorrer, a fin de recoger los datos para dar fin al objeto de este estudio, quedó comprendida aproximadamente entre los paralelos  $20^{\circ}00'$  y  $20^{\circ}20'$  de latitud N., y los meridianos  $0^{\circ}35'$  y  $0^{\circ}55'$  de longitud al E. del de México.

La población de más importancia y más cercana a las municipalidades que nos ocupan, es Tulancingo, cabecera del Distrito del mismo nombre, que con 9,037 habitantes ocupa la parte sur del valle; siendo sus coordenadas geográficas  $20^{\circ}05'01''.4$  de latitud N. y  $0^{\circ}45'48''$ <sup>1</sup> de longitud al E. del meridiano de México, y con una altura sobre el nivel del mar de 2,205 metros.

### Fisiografía

La depresión de fondo casi plano que forma el magnífico valle de Tulancingo, presenta en lo general, una figura irregular que se extiende por el N. hasta más allá de la cabecera de la municipalidad de Metepec, y por el E. hasta formar parte del Distrito de Atotonilco el

<sup>1</sup> Comisión Geográfico-Exploradora.

Grande; sus dimensiones aproximadas son 27 kilómetros de N. a S. y 18 kilómetros de E. a W., en su parte más ancha; el valle está comprendido entre los accidentes orogénicos que forman la porción SE. de la Sierra de Pachuca y las estribaciones de la Sierra Madre Oriental, que en esta región, conocida con el nombre de Sierra de Puebla, en su desarrollo toma otros como Sierra de Huehuetla, de Huayacocotla, de Zacualtipán, etc.

El valle está limitado al W. y S. por la Sierra de Pachuca, en su parte ya indicada; su elevación más notable es el cerro de Las Navajas que, muy cerca de la cabecera del Municipio de Acatlán, levanta majestuoso sus crestones hasta 2,990 metros sobre el nivel del mar; este cerro es uno de los puntos en que como en el Zumate, Las Ventanas del Chico, San Cristóbal, y Los Organos de Actopan, se muestra la sierra de Pachuca a su mayor altura.

Por el E. y S. está la Sierra Madre Oriental que, al penetrar al Distrito de Tenango de Doria, forma también el límite septentrional del valle; sus principales elevaciones más próximas son el Cerro del Napateco, que en su cima alcanza hasta 2,750 metros y el del Viejo también de elevación considerable.

El aspecto general de estas montañas es el de una forma alargada que, en esta región parecen tomar rumbos que las aproximan por el Sur; así la sierra de Pachuca con rumbo NW. a SE. y la sierra de Puebla con NE. a SW., tienden a juntarse al Sur de Tulancingo; el declive en los flancos es variable, pues mientras en algunos lugares se muestra con pendiente suave, hasta cierta altura, sobre todo al principiar el ascenso, después cambia aumentando ésta a medida que se approxi-

ma a la cumbre; en el itinerario hacia los crestones del cerro de las Navajas, el terreno asciende con poca pendiente hasta 2,390 metros, en seguida aumenta hasta llegar a 2,680 metros donde principian a iniciarse los acantilados, que forman la base de los crestones que coronan en esta porción la cima de la sierra; en el camino que conduce a Acaxochitlán, se alcanza la región montañosa a corta distancia del pueblo de Santa María, con pendiente de inclinación no muy acentuada; lo mismo sucede yendo hacia el rancho de Palpa y pueblo de Cuauhtepic; en otros puntos la transición entre la parte montañosa y el fondo plano del valle se verifica de una manera bastante brusca, presentándose con pendientes que contrastan notablemente con las ya referidas; entre otros podemos indicar el cerro de Las Peñas, arriba de San Dionisio; el de Huapalcalco, frente a la hacienda del mismo nombre, y el de Napateco, en el camino que de la hacienda conduce a su parte más alta, mostrando sus acantilados a la altura de 2,480 metros.

Las sierras están cortadas por barrancas que dan origen a arroyos dirigiéndose al valle, estos arroyos con pendiente fuerte en su nacimiento, van decreciendo en ella a medida que se aproximan al fondo, de modo que ya en éste casi no se distinguen; debemos hacer excepción, sin embargo, de la cortadura conocida con el nombre de Río de Tulancingo que recorre el valle en una dirección NS., y algunos de sus afluentes como el río de Tortugas y la barranca de Alcholoja, interesante esta última por todos conceptos, pues es uno de los lugares que atestiguan los levantamientos que ha sufrido la región por las terrazas que allí existen.

Los accidentes orogénicos que forman los límites del

valle, presentan entre sí, a consecuencia de un descenso rápido, algunos pasos o puertos que difiriendo en su nivel muy poco del que tiene la planicie, ponen en comunicación fácil ésta con otras depresiones, que forman otras tantas llanuras, en algunas de las cuales están situadas poblaciones de importancia en el Estado; ejemplos de esto son por el Sur el paso por donde se desarrolla el camino que va de Tulancingo a Apan, cabecera del Distrito del mismo nombre; por el NW., el que conduce a Atotonilco, cabecera del Distrito de Atotonilco el Grande; y por el N. el paso donde se bifurca el camino que por una parte lleva al casco de la importante hacienda de Vaquerías, y por otra penetrando en la región montañosa se dirige hacia Zacualtipán.

La planicie como ya dijimos es casi plana, de consiguiente poco accidentada, no presentando sino una que otra colinita que con formas arredondadas, no se levantan mucho sobre el nivel general de la llanura; entre éstas se encuentran los cerros de Tepenacasco y de Zacatepec, elevándose este último hasta 2,320 metros sobre el nivel del mar.

#### Hidrografía

El drenaje de la región se verifica principalmente por la cortadura conocida como río de Tulancingo, y que recorre el valle en una dirección NS.; esta corriente que además de la designación ya indicada se le dan otras, como barranca de San Pablo, según los lugares que va tocando en el desarrollo de las sinuosidades de su curso, es el término general de aquella parte de las aguas, con que las precipitaciones atmosféricas abastecen la fértil cuenca del valle, que ha escapado a la evaporación, a

la retención por medios ya naturales o artificiales, a la absorción por el terreno que aloja en sus soluciones de continuidad, una cierta proporción que no brota a niveles superiores al de la planicie y a otras causas que de alguna manera impiden el descenso de las aguas hasta este colector de que nos ocupamos.

El río nace en la vertiente W. de la porción de la Sierra Madre Oriental, que ocupa los límites entre los Estados de Hidalgo y Puebla, muy cerca del rancho de Hueyapan; después de seguir un curso más o menos sinuoso que se dirige al W., cambia bruscamente al llegar a Tulancingo, modificando la dirección anterior en una marcadamente NS., hasta tocar la falda E. del cerro de Zacatepec; sigue después hacia el NW., hasta la confluencia con la barranca de las Granadas, donde súbitamente toma una dirección SW. para penetrar en el Distrito de Atotonilco el Grande, lugar en que describiendo una curva cuya concavidad es hacia el N., vuelve a seguir con rumbo NW. hasta el Distrito de Metztlán, donde finaliza su curso vertiendo su caudal de aguas en el depósito llamado laguna de Metztlán.

El cauce del río no es de fuerte pendiente y es en lo general uniforme, por lo menos en su trayecto en la parte al Sur de Zacatepec, pero al recorrer la porción septentrional del valle muestra una diferencia de nivel muy notable, constituyendo un verdadero salto; cerca de la hacienda de San Salvador y a poca distancia río abajo del casco, se presenta este accidente que tiene una altura de 14 metros aproximadamente; el cauce que se presenta bien marcado desde Hueyapan hasta muy cerca de Tulancingo, pierde este carácter al desarrollarse al N. de esta ciudad, pues a consecuencia de las desvia-



ciones que sufren sus aguas para aprovecharlas en la irrigación, poco ha cortado el terreno y desde la hacienda de Huapalcalco hasta las cercanías de la hacienda de San Salvador manifiesta muy poca profundidad; un poco antes del salto ya indicado comienza el lecho a ser más y más profundo, de manera que a partir de este punto, puede observarse el magnífico corte que ha hecho en el terreno; encontrándose en el rancho de La Mora, un poco antes de llegar a San Sebastián, una diferencia de nivel aproximada de 560 metros entre el fondo del río, que en estos lugares toma el nombre de barranca de San Pablo y la intersección del lado izquierdo de ésta con la planicie que forma el valle; este dato es el resultado de la diferencia de las observaciones barométricas que en el cauce marcaron 1,630 metros y en la llanura, en el sitio indicado, 2,190 metros sobre el nivel del mar.

Los conductos de agua secundarios y de curso definido, que se juntan a esta vía fluvial mayor, son pocos en la región que exploramos, debiendo hacer especial mención de los ríos de Tortugas, de Alcholoja y de las Granadas.

Los ríos de Tortugas y de las Granadas nacen en la vertiente W. de la Sierra Madre Oriental, y después de un trayecto relativamente corto verifican su confluencia con el río de Tulancingo, por la margen derecha, uno al W. del pueblo de Metepec y el otro como a 4 kilómetros al E. del rancho de San Pablo, en el punto llamado el Resumidero a 1,800 metros de altura; en el río de las Granadas y no muy lejos de su confluencia, se presenta también una quebradura en el lecho, originando un salto, que es aprovechado para engendrar

energía eléctrica, y así después de canalizar el agua por la margen derecha de la barranca, es utilizada en la planta hidroeléctrica de Apulco con una caída aproximada de 180 metros.

El río de Alcholoya tiene su origen en la laguna de Zupitlán, de donde se desarrolla con una dirección NW. hasta juntarse al río de Tulancingo a 1,670 metros de altura sobre el mar y como a kilómetro y medio al W. de la elevación cónica conocida bajo la denominación de cerro Yolito; en su curso se manifiestan dos quebraduras notables, una en el Salto y la otra en Alcholoya; la del Salto es de poca altura, aprovechándose, sin embargo, para mover la planta hidroeléctrica de Totoapa; la de Alcholoya es mucho mayor, teniendo alrededor de 50 metros y empleada para mover la fábrica de hilados que se asienta en la orilla izquierda de esta vía de agua.

Además del contingente de aguas que por los conductos anteriores y algunos otros de la misma clase, es decir, por donde el producto de las precipitaciones atmosféricas se desliza superficialmente, sin sumergirse en el suelo, para precipitarse en el río de Tulancingo, este tiene otros medios de abastecer su caudal, siendo éstos los afloramientos de las aguas que aunque de circulación en parte subterránea, reaparecen en el terreno a niveles superiores al cauce del río, de manera que después de salir por los conductos en la condición ya indicada, escurren en la superficie del terreno que existe entre estos afloramientos y el cauce; en la región que nos ocupa se encuentran varios surtidores de esta naturaleza, siendo algunos de bastante importancia y entre los cuales se debe hacer especial mención de el de Los Chorritos, inmediato a Cuautepec; los de los Ahuehue-

tes, próximos a la Estación Ventoquipa del Ferrocarril Hidalgo, que suministran fuerza para mover la fábrica de hilados y tejidos de Santiago; en la barranca de Alcholoaya, los de la Cueva y San Bartolo y ya muy profundos al E. del rancho de San Pablo, casi en el lecho, los de San Pablo y el Borbollón.

En el nacimiento del río de Alcholoaya existe un vasto depósito que es alimentado por un gran número de productores de agua de esta clase; el depósito, que lleva el nombre de laguna de Zupitlán, es un magnífico receptáculo de extensión relativamente considerable; a consecuencia de que las aguas lo llenan completamente y también de la falta de datos, no es posible decir si forma una verdadera depresión en el terreno o es simplemente una retención artificial de las aguas, cosa a que me inclino suponer, debido a la uniformidad en el declive de la planicie en la cual se encuentra, la falta de indicaciones en los alrededores que pudieran hacer sospechar la existencia de tal depresión, los bordos que tanto por el E. como por una gran porción del Norte limitan este vaso, y porque las aguas que aquí se recogen entran precisamente por los lados opuestos, es decir, por el W. y S. que es la parte más alta del terreno.

Datos sobre medidas de agua en esta red hidrográfica no existen, de manera que nada indicaremos sobre esto, pero sí se debe notar que este líquido es más bien abundante tanto en el río como en la laguna de Zupitlán, receptáculos que siempre lo contienen, cosa por otra parte que se debía esperar, dado que no sólo reciben el agua directamente de las lluvias sino también de los manantiales a que se hizo referencia.

### Geología

Las rocas que forman esta parte de la cuenca del río de Tulancingo, pertenecen a las sedimentarias y a las eruptivas; entre las sedimentarias hay lugar de distinguir los sedimentos marinos y los aluviones terrestres y fluviales.

Los períodos geológicos que se encuentran representados en esta región son: el Cretáceo, el Terciario y el Cuaternario, por las rocas ya indicadas, que son algunas de las constituyentes de los sistemas que les corresponden.

### Cretáceo

Los sedimentos marinos que entran en la formación cretácica son calizas y pizarras, que en el corte verificado por el río de Tulancingo se presentan en bastante extensión, en el tramo en que se designa como barranca de San Pablo; en la margen derecha de esta barranca se encuentra el rancho que se conoce con el mismo nombre, este punto es característico por estar situado casi en el límite entre las calizas y las pizarras, manifestándose aquéllas hacia el E., y éstas hacia el W., del lugar a que hemos hecho referencia.

Las rocas más inferiores o mejor dicho, las que ocupan el lugar más bajo, en la formación, son las calizas que se manifiestan estratificadas y de colores gris claro, gris azulado y a veces casi negras, el espesor de sus capas es variable fluctuando entre 0<sup>m</sup>.05 y 0<sup>m</sup>.30, contienen inclusiones de pedernal, extendidas a lo largo, de formas aplanadas o lenticulares que son las más abundantes, así como también verdaderos nódulos de este

material. Ocupando la separación entre las capas suelen encontrarse otras de naturaleza diferente, éstas que son pizarras margosas rojizas y margas amarillo verdosas, tienen las primeras un espesor de 0<sup>m</sup>.02 a 0<sup>m</sup>.08, y las segundas llegan hasta 0<sup>m</sup>.60.

Las capas están fuertemente plegadas, al grado de que esta es una de las principales causas, por la que no se puede determinar el espesor del estrato calizo, así como de una manera satisfactoria el echado y rumbo de las capas componentes; en la región estudiada casi no se encuentra lugar donde se presenten las calizas afectando la posición que tuvieron al principio, es decir horizontal, en cambio se ven partes donde las capas se muestran con diversos ángulos de inclinación, que varían desde muy pocos grados hasta casi 90° sobre el horizonte; los pliegues son asimétricos en lo general, yendo algunas veces hasta el pliegue recostado.

Al E. del rancho de San Pablo, como a kilómetro y medio siguiendo el curso de la barranca y antes de llegar a los baños, se ven las calizas casi verticales, después en la parte superior se flexionan bajo la forma de arco, afectando el conjunto la de un pliegue asimétrico; frente a la desembocadura del río de Las Granadas, en el punto llamado el resumidero, se presenta un pliegue recostado; siguiendo la cortadura de las Granadas, barranca arriba y antes de llegar al rancho del mismo nombre, se tiene ocasión de observar también estos accidentes resultados de las perturbaciones en la posición de la estratificación. Las fotografías que ilustran el presente trabajo, debidas unas a la bondad del Sr. Doctor Emilio Böse y otras al Sr. Germán García Lozano, darán mejor idea de lo antes expresado.

No obstante las causas ya indicadas y que como dije, no permiten una buena adquisición de ciertos datos necesarios para definir las capas en cuestión, unas medidas tomadas en lugares algo favorables para estas operaciones, dieron los siguientes resultados: en la orilla izquierda, como a 400 metros antes de llegar al resumidero, rumbo NS. y echado  $19^\circ$  al W.; como a medio kilómetro después de pasado este mismo punto, NS. y echado  $18^\circ$  W.; en la orilla derecha de esta misma barranca y en el rebaje efectuado por el río en el cerro del Yolo, rumbo NS. y echado  $21^\circ$  al W., en el Borbollón, lugar situado entre los baños y San Pablo, NS. y  $45^\circ$  al W., dados los flexionamientos que han sufrido las capas, el echado se presenta muy variado, pero sí una cosa hay que observar y es que en el terreno explorado la inclinación es generalmente hacia el W., esto es importante, porque es el fundamento, para llegar al conocimiento de la superposición de los estratos.

Las calizas que se observaron parecen no ser fosilíferas, pues ni siquiera les vimos huellas que pudieran indicar la existencia de estos testigos de la edad para estas rocas; los Sres. Ing. Juan D. Villarelo y Dr. Emilio Böse, en un estudio bastante razonado que de esta formación hicieron, las hacen pertenecer al Cenomaniano.<sup>1</sup>

Caminando de San Pablo hacia el W., o lo que es lo mismo siguiendo el curso río abajo, se ve que éste está labrando actualmente su curso en las pizarras arcillosas, esto es cuando menos desde San Pablo hasta el rancho de la Mora, poco antes de llegar a San Sebastián,

---

<sup>1</sup> Criaderos de hierro de la hacienda de Vaquerías en el Estado de Hidalgo, por el Ing. Juan D. Villarelo y Dr. Emilio Böse. Boletín núm. 16 del Instituto Geológico de México.

que fué el punto más lejano que tocamos al estudiar el cauce de dicho río.

Las pizarras son de colores que van desde el amarillo, pardo rojizo, hasta el negro; en los alrededores de San Pablo se ve aunque no siempre, que tienen intercaladas delgadas capas de caliza y esto principalmente no lejos del contacto entre ambos estratos; las capas de pizarras de la misma manera que las de caliza, están sumamente plegadas, habiendo sufrido tan intensas perturbaciones que no es fácil encontrarlas horizontales, pues lo ya indicado antes, al tratar del estrato de calizas, se repite en el estrato de pizarras, es decir, que las capas de pocos grados de inclinación varían hasta alcanzar casi la verticalidad; un punto bastante interesante está un poco antes de llegar al rancho de la Mora, donde las pizarras en posición casi vertical han perdido su cubierta protectora, y trabajadas por la acción incesante de los agentes de la dinámica externa, han de cierta manera sido modeladas, al grado de que han tomado figuras caprichosas que se levantan afectando el conjunto de sus remates un aspecto verdaderamente curioso.

Por lo trastornadas que se presentan estas pizarras, no fué posible obtener su rumbo y echado con suficiente aproximación; sin embargo, en algunos puntos en que se presentan un poco más regulares, se obtuvieron los datos que en seguida se indican: al pie del cerro Yolito  $65^{\circ}$  SE., y en Amajac, a corta distancia río arriba de la confluencia con la barranca de Alcholoaya,  $30^{\circ}$  NW.; el echado también muy variable es generalmente hacia el W., el estrato parece que también carece de fósiles.

### Terciario

Teniendo en cuenta que las rocas de la formación del Cretácico, a consecuencia de los trastornos que han cambiado su posición, no se muestran recubriéndose horizontalmente, razón por la cual sólo se observan calizas de San Pablo barranca arriba y pizarras del mismo lugar barranca abajo, no es de extrañar que la sucesión de rocas eruptivas, que forman la cubierta de estos estratos, se vean descansar sobre las calizas hacia el E. de San Pablo y sobre las pizarras hacia el W.; de modo que recorriendo el río desde la barranca de las Granadas por ejemplo, hasta el rancho de la Mora, se verá primeramente una sucesión de capas de caliza, después otra sucesión de pizarras y sobre ambas rocas las eruptivas del Terciario.

A causa de que los bordes de la barranca están en su mayor parte cubiertos por fragmentos de roca y en general, por acarreos y aluviones, no es fácil definir de una manera precisa el contacto entre ambas formaciones; sin embargo, en algunos lugares de preferencia situados en las barrancas secundarias, puede observarse lo ya expuesto; así en una pequeña cortadura en el borde derecho, entre los baños de San Pablo y la barranca de las Granadas, se manifiestan las rocas volcánicas sobre las calizas, y en el camino que por el rancho de la Mora, conduce a Huasca, a la altura de 1,665 metros sobre las pizarras.

Por la clasificación macroscópica que de algunas de



estas rocas ígneas hizo el Sr. Dr. Paul Waitz, sabemos que se encuentran representadas las siguientes familias; la del granito, por la obsidiana y la rhyolita; y la del gabbro, por los basaltos; además, también tenemos el grupo de las pyroclásticas, por las tobas y brechas volcánicas; la textura es variada, observándose en todo este material la vítrea, la escoriosa, la compacta porfídica y la fragmental; nos ocuparemos de cada una de las especies ya indicadas, a fin de reseñar en cuanto es posible los lugares en que se encuentran.

*Obsidiana.*—Esta se presenta bajo la forma de inyecciones en ciertos lugares de las rocas fragmentales, como puntos principales indicaremos dos: uno bastante interesante por su extensión, al NE. de Tulancingo, en el camino que pasando por el rancho de la Abra, conduce a Acaxochitlán, manifestándose de preferencia en un pequeño arroyo que existe entre Tulancingo y el Abra; y el otro en el borde izquierdo de la barranca de San Pablo, ya casi encumbrando a la llanura, en el camino que, por el rancho de la Mora, lleva a Huascalzaloja.

*Rhyolita.*—En los cerros de las Navajas, las Peñas que no es más que un contrafuerte del anterior y en el del Napateco, aflora esta roca; está rodeada por los aluviones, las corrientes basálticas, las brechas y tobas volcánicas; a consecuencia de encontrarse cubierta de esta manera no ha sido posible estudiarse en más detalle, no obstante en los crestones rhyolíticos que en el cerro de las Navajas, comienzan a mostrar su material a la altura de 2,450 metros, marcándose más y más a medida que se asciende, y sobre todo en los acantilados que a la altura de 2,680 metros se manifiestan con des-

arrollo de más de 60; en el cerro de Napateco que también expone sus acantilados a la altura de 2,480 metros; y en otros lugares como a la derecha del camino que va a Acaxochitlán, pasando por la hacienda de Huapalcalco, esta roca suministra los siguientes datos: en las Navajas al principio se caracteriza por una estructura fluidal que pierde a mayores alturas, después es de textura porfídica hasta la cima que se levanta a 3,000 metros aproximadamente, en los acantilados se ven grietas casi verticales que surcan esta roca con un rumbo EW.; en las Peñas, arriba de San Dionisio, a la altura de 2,340 metros, la estructura fluidal está claramente desarrollada; en el Napateco, arriba del casco de la hacienda del mismo nombre, a 2,400 metros este material muestra una pseudo-estratificación, a 2,480 metros se ve perfectamente agrietada, estableciéndose estas soluciones de continuidad en dos zonas, una según el rumbo N. 80° E. y otra NS., de modo que a la vista parece estar constituida por columnas de forma aproximada a la de un paralelepípedo; en este mismo cerro, frente a San Alejo, hay otro afloramiento de textura porfídica.

En el río de Tulancingo, a poca altura sobre el cauce y frente a San Pablo, en la pequeña barranca de Las Petacas, se ve una delgada capa de rhyolita de espesor de 0<sup>m</sup>.10 y en posición horizontal, intercalada entre las tobas; esta rhyolita es de apariencia muy diferente a las anteriores, pues su aspecto a la lente, en granos vítreos arredondados le da un carácter perlítico.

La rhyolita, en la región, es la eruptiva más antigua, y por razones apoyadas en el constituyente de las fragmentales más bajas y por sus relaciones con las basálticas posteriores, es de concluirse que hicieron su emi-

sión o en el Plioceno inferior o en el Mioceno superior.<sup>1</sup>

*Rocas basálticas.*—Sobre las rocas sedimentarias e intercaladas con las brechas y tobas volcánicas, de que después nos ocuparemos, se levanta una sucesión de corrientes de esta naturaleza, en las que el basalto generalmente de textura compacta suele cambiarla por la porosa, y en lugares determinados, sobre todo en la corriente superior, por la porfídica presentando entonces los caracteres de una andesita basáltica.

En el camino que de Acatlán lleva a la hacienda de Cuyamaloya, al atravesar una de las estribaciones del cerro de las Navajas, a 2,480 metros sobre el nivel del mar, se nota este cambio en la textura, pues el basalto en una extensión relativamente corta, deja ver la porosa y la porfídica; entre la laguna de Zupitlán y Alcholoaya, cerca de la hacienda de San José Totoapa, se manifiesta con textura porfídica.

Las corrientes tienen una inclinación general hacia el río de Tulancingo o barranca de San Pablo; es en esta barranca o más bien en algunas de las secundarias, donde mejor pueden observarse las particularidades de estas emisiones volcánicas; aun cuando un estudio en detalle no sea fácil, a causa de que en la barranca principal los bordes se encuentran cubiertos por los acarreos y aluviones, y en los afluentes porque los mejores afloramientos se muestran en acantilados que no son accesibles, en la barranca de las Granadas y en el acantilado que se llama la Montaña del Aguila, se cuentan

<sup>1</sup> Criaderos de fierro de la hacienda de Vaquerías en el Estado de Hidalgo, por el Ing. Juan D. Villarelo y Dr. Emilio Böse. Boletín núm. 16 del Instituto Geológico de México.

seis corrientes de basalto, en posición casi horizontal, con sus correspondientes intercalaciones de brechas y tobas; el espesor de estas distintas capas no es uniforme, siendo la de menor grueso la que ocupa el lugar de mayor altura; en la barranca de Alcholoya, por el camino a San Bartolo, descendiendo a una profundidad de 120 metros se encuentran dos capas, de este último punto al fondo de la barranca que tiene un desnivel de 200 metros, no es posible observar nada por los fragmentos basálticos que cubre el terreno, distinguiéndose sólo en ciertos tramos la brecha volcánica amarilla; en el lado opuesto abajo del basalto, sólo parece encontrarse la toba quebrada y dislocada; por estas dificultades no se ha podido medir el grueso de algunas de las corrientes; sin embargo, en la parte superior del camino que sube del fondo de la barranca de San Pablo a Huasacazoloya, pasando por la Mora, se pueden observar con un espesor hasta de 15 metros aproximadamente.

La corriente superior que participa de la inclinación común hacia el río de Tulancingo, es visible en varias partes del valle y también en los flancos de las elevaciones montañosas que lo rodean, notándose particularmente en las situadas al W. y S. En el valle la corriente está parcialmente destruída, pues la erosión y en general los agentes de la dinámica externa sólo han dejado restos de este material, que bajo la forma de montones basálticos aislados, constituyen la prueba concluyente de la invasión hasta esos lugares de la capa a que hacemos referencia, interrumpida ahora en su continuidad, por los espacios existentes entre los restos indicados; éstos pueden observarse como ya hizo notar en varias partes del valle, pero de preferencia en las siguientes:

junto al casco de la hacienda de Huapalcalco, alrededores de la laguna de Zupitlán, barranca de Alcholoa, junto a la planta hidroeléctrica de Totoapa y en Guadalupe, en los potreros de Media Manga y San Cayetano pertenecientes a la hacienda de Tepenacasco.

La uniformidad del fondo plano de la depresión también se encuentra interrumpida algunas veces, por eminencias de corta altura, que son pequeñas colinas de formas arredondadas y compuestas por la variedad de basalto conocida con el nombre de Tezontle rojo, muy empleada como material de construcción; mencionaremos como principales los cerritos de Tepenacasco, el que se levanta cerca del casco de la hacienda de Totoapa y el que limita por el E. la ciudad de Tulancingo, notable por los bonitos ejemplares que con inclusiones de hyalita suministra.

Fundándose en las relaciones de estas corrientes basálticas con las fragmentales, cuya edad en la región estudiada, ha podido determinarse por los fósiles en ellas encontrados, durante la expedición efectuada por los Sres. Ing. Juan D. Villarello y Dr. Emilio Böse, así como por lo que sobre esta clase de rocas nos indica el Sr. Ing. José G. Aguilera, en su estudio Sinopsis de Geología Mexicana,<sup>1</sup> se deben considerar como del Plioceno superior.

*Rocas pyroclásticas.*—Intercaladas entre las corrientes de lava de que hemos hablado, se encuentran las brechas y tobas volcánicas, las que por falta de buenos afloramientos

<sup>1</sup> Boletín núms. 4, 5 y 6 del Instituto Geológico de México, segunda parte.

ramientos accesibles y en regular extensión, no se han podido estudiar en detalle; pero aprovechando lo que sobre el particular muestran en determinados lugares, la barranca de San Pablo, así como algunas de las confluente, especialmente la barranca de las Granadas, el fondo del valle y los flancos de las elevaciones que lo circundan, se ha llegado a obtener un cierto número de datos que nos ponen en aptitud de dar una idea sobre este material volcánico.

En la barranca de las Granadas, en el acantilado de la Montaña del Aguila, son visibles hasta seis corrientes de lava, en posición casi horizontal, separadas por las brechas volcánicas; estas últimas en lo general no son de espesor uniforme sino que presentan ensanchamientos, más o menos extensos que se comunican por delgadas fajas de la misma substancia, no obstante en este lugar bajo consideración, se encuentra cierta uniformidad que hace aparecer al acantilado con su constituyente distribuído en fajas casi paralelas; frente a la planta hidroeléctrica de Apulco, se observa también la alternación sucesiva de las lavas y las brechas, notándose con dificultad 5 cuerpos de las primeras; en la barranca de San Pablo no es posible obtener el número de corrientes debido a los fragmentos rocallosos que cubren el terreno, pero sí se tiene la evidencia de que existen ambas rocas; sea como quiera, el lugar donde se cuenta mayor número es en la Montaña del Aguila.

En algunos de los ensanchamientos que experimentan las intercalaciones de tobas, es digno de notarse el arreglo de su material según cierta ordenación, que tiende a darle el aspecto de una roca estratificada; esto es muy bien marcado en la bajada para la planta hidro-

eléctrica de Apulco, en la barranca de Alcholoaya, cerca de San Bartolo y en San Salvador, junto al puente del Gobierno, que es donde principia a tener alguna profundidad el río de Tulancingo.

Para simplificar nuestro estudio nos ocuparemos primero de las brechas inferiores y después de las superiores, pues aun cuando a la simple vista parecen ser iguales, no lo son, porque en su constitución entran materiales que las distinguen unas de otras.

*Brechas inferiores.*—Apoyándose sobre las sedimentarias del Cretácico, pueden verse en la pequeña barranca entre los baños termales de San Pablo y la confluencia del río de Tulancingo con la de las Granadas, y en el camino a Huascalaloya, por el rancho de la Mora; en el primer punto el sostén está formado de calizas y en el segundo de pizarras; estas brechas son de color amarillo claro, conteniendo pedazos de pómez, rhyolita, etc.; en partes determinadas y principalmente en el contacto con las corrientes de lava, han sufrido una calcinación que modifica su aspecto cambiando desde luego su color en un rojo vivo; esta zona no se extiende sino pocos centímetros del contacto; un caso interesante es que en este cuerpo de brechas, se manifiesta una delgada capa de rhyolita perlítica, visible en un pequeño corte que se encuentra frente a San Pablo, en la barranca de las Petacas.

Después de pasar los aluviones de la orilla izquierda del río, que invaden hasta el pie de la barranca, se encuentra la brecha pomosa con los caracteres ya indicados; como a 25 metros sobre el cauce, se presenta una faja horizontal de 0<sup>m</sup>.20 de color rojo rosado, es una toba rhyolítica que presenta en su masa, a la simple

vista, pedazos de obsidiana; sobre ésta se ve otra faja de 0<sup>m</sup>.10 de rhyolita perlítica, después se repite la toba rojo rosada con el espesor de 1<sup>m</sup>.00, arriba vuelve a presentarse la brecha pomosa, amarillo clara con el grueso de 1<sup>m</sup>.00 y de aquí siguiendo siempre hacia arriba se vuelve a repetir la toba rojo rosada con 0<sup>m</sup>.15; sobre ésta una faja de 0<sup>m</sup>.10, de color negro, que es un vidrio volcánico de carácter rhyolítico, otra vez más se muestra la toba rhyolítica rojo rosada, y rematando a este conjunto una de las corrientes de basalto compacto; las líneas de separación en el afloramiento son horizontales y muy bien definidas.

Por el estudio del corte anterior, es probable que se trate de una delgada corriente de rhyolita, sobre la brecha inferior, que antes de enfriarse fué cubierta por la brecha de arriba, pues así quedan explicadas las zonas de toba rojo rosada que se ven a ambos lados y que, como ya se dijo no es más que un producto de la calcinación, a causa de elevada temperatura, en las brechas rhyolíticas amarillas.

A medida que se pasa a los depósitos superiores, parece que el material brechoso va perdiendo algo de su carácter pomoso, conteniendo en cambio fragmentos de rocas basálticas; en la brecha más moderna, o la de colocación más alta, que se deja seguir en algunas cortaduras del terreno como en las barrancas de San Pablo y las Granadas, se encontraron en la mina del Transvaal, restos de vertebrados; los huesos fósiles mejor aprovechados por los Sres. Ing. Juan D. Villarello y Dr. Emilio Böse, fueron unos molares que determinaron como pertenecientes al *Mastodon Shepardy Leidy* y al



*Equus excelsus Leidy*,<sup>1</sup> como estas especies de animales son del Plioceno superior, fijan suficientemente la edad del depósito en cuestión.

Como productos de alteración en las tobas y brechas, debemos mencionar el kaolín, que se presenta bajo la forma de manchas blancas distribuídas sin orden y también con tamaños muy variados, en los acantilados que están en la parte superior de la bajada a la planta hidroeléctrica de Apulco, en San Salvador y arriba del rancho de San Bartolo; en el último punto indicado, al pie de los acantilados, se tienen las siguientes rocas: primero una capa de kaolín impuro de color blanco, no se pudo determinar el espesor, por estar cubierta la parte inferior con fragmentos de roca despedazada; sobre ésta una toba volcánica de material fino y de color gris obscuro, de 0<sup>m</sup>.40; después otra capa de toba basáltica de partículas constituyentes más grandes, de 0<sup>m</sup>.40, y arriba se presenta ya la corriente de basalto compacto.

En la brecha donde se encuentran los fósiles de que nos ocupamos, se presentan también minerales ferruginosos, que han dado lugar a algunos trabajos preparatorios para su explotación e investigación; en el camino que de la parte superior de la barranca, en el lado izquierdo, conduce al rancho de San Pablo, se notan unos de estos trabajos permitiendo ver el mineral distribuído horizontalmente, teniendo por techo la toba blanca kaolinizada; hecho que pudiera interpretarse como que

<sup>1</sup> Criaderos de hierro de la hacienda de Vaquerías en el Estado de Hidalgo, por el Ing. Juan D. Villarelo y Dr. Emilio Böse. Boletín núm. 16 del Instituto Geológico de México.

la alteración de la toba ha sido producida, en parte, por la circulación de las aguas termominerales.

La corriente superior parcialmente destruída, está protegida aunque no en todo lo que queda de ella, por un depósito de toba amarillenta; esta cubierta se deja ver en algunos de los cerros próximos al valle, como en el de las Navajas, donde rodean al afloramiento de rhyolitas, en el rancho de Palpa y otros.

Reunidas las corrientes de lava con las brechas, forman un conjunto sobrepuesto a las sedimentarias del Cretáceo; haciendo a un lado el origen de ambas formaciones y considerando a las eruptivas como capas, pudiéramos decir que existe una discordancia entre ellas, pues las volcánicas son casi horizontales y las sedimentarias muy plegadas y con inclinaciones variadas.

El espesor del conjunto de las eruptivas, hasta el fondo del valle de Tulancingo, es también diverso por las irregularidades que presentan las sedimentarias sobre las cuales reposan; pero en la región recorrida, se han determinado espesores alrededor de 500 metros.

#### Cuaternario

En este período quedan comprendidas las arenas, aluviones y en general el material detrítico que se acumula en lugares determinados, especialmente en las depresiones de las llanuras, en la barranca principal, en las secundarias confluentes de ésta, y en las que surcando las elevaciones que rodean el valle, desembocan en el fondo de este mismo; estas rocas derivándose de la alteración, despedazamiento y trituración de las anteriores existentes, participan de la naturaleza de la que las origina, y así en donde sólo se encuentra una

clase de roca, los productos serán de esta misma clase más o menos alterada; cuando las rocas son varias, las arenas y aluviones a medida que se separan del sitio de la roca madre, tenderán a mezclarse y darán por resultado un conjunto de material mixto.

Donde mejor se observa esta acumulación de acarreos es en la barranca principal y en las confluentes; en la barranca principal el material cubre el cauce y los flancos hasta cierta altura, de modo que sólo en la parte alta y por porciones en la baja, puede verse la roca inferior; la cubierta está compuesta en el fondo, de pizarras despedazadas, calizas y fragmentos rodados de las eruptivas, después va perdiendo el material de la roca inferior, para convertirse en arenas, guijarros y pedazos provenientes de la formación superior, consistiendo por consecuencia de fragmentos de roca volcánica.

Las brechas que cubren a la corriente superior de basalto, dicen los Sres. Ing. Juan D. Villarello y Doctor Emilio Böse, deben considerarse como cuaternarias; pues cerca de la hacienda de La Luz, en el punto llamado Magueyes Verdes, se encontraron a poca profundidad un molar de *Elephas primigenius* Blumb.

#### Historia geológica de la región

Los poderosos movimientos orogénicos que tuvieron lugar a fines del Cretácico y a principios del Terciario, sólo afectaron a las rocas sedimentarias, de origen marino, que como ya hemos indicado, constituyen la formación más baja que se encuentra; en efecto estas rocas examinadas en los alrededores del rancho de San Pablo, afectan un plegamiento bastante pronunciado

que no puede explicarse más que por la causa ya referida.

Después del levantamiento y transcurrido un cierto tiempo durante el cual la erosión, en su trabajo continuo, modificó de cierta manera los caracteres físicos de la región que sufrió el movimiento ascendente, los fenómenos volcánicos hicieron sentir su acción, invadiendo con sus productos los lugares ocupados por las sedimentarias, recubriendo a éstas, y ayudando así a la dinámica externa a modificar las desigualdades que se presentaban en la superficie del terreno.

En el Mioceno superior o Plioceno inferior, hicieron su salida las rocas rhyolíticas, cuya colocación ya reseñamos, habiendo sido seguidas por las eruptivas basálticas. Las emisiones de rocas basálticas fueron varias, encontrándose lugares donde es fácil apereibir hasta seis capas de lava; entre estas capas se encuentran las rocas pyroclásticas que por sus caracteres parecen indicar que las interrupciones, entre estas distintas emisiones, no fueron de larga duración; debemos sin embargo hacer abstracción de las últimas, pues los huesos fósiles que se encontraron en la brecha que las separa, así como los criaderos ferruginosos que también se encuentran en ésta, prueban que el tiempo transcurrido entre ellas sí fué de consideración y que esto tuvo lugar en el Plioceno superior.

Después de establecida la corriente de basalto superior, se verificaron los depósitos del Cuaternario, comprendiendo en éstos, por las razones que mencionamos, las fragmentales eruptivas que cubren el basalto.

Las rocas eruptivas presentan en lo general, una inclinación hacia el río de Tulancingo, y como estas rocas

no han sufrido sino ligeras perturbaciones, es de suponerse que ya antes de su aparición, el terreno se inclinaba de una manera decidida hacia el curso actual del río; de consiguiente éste desde que principió a cortar las rocas para formar su cauce, ha seguido poco más o menos el mismo curso.

El terreno ha sufrido pequeños levantamientos, estando indicado por las terrazas que se encuentran en la barranca, presentándose claramente dos en la barranca secundaria de Alcholoja, a las alturas de 2,015 y de 2,220 metros; estas terrazas están labradas en las erupciones terciarias.

### Estudio de algunas rocas al microscopio

POR EL SR. HERMION LARIOS

ESTUDIO DE ALGUNAS ROCAS DEL ESTADO DE HIDALGO, DISTRITO DE TULANCINGO, MUNICIPALIDAD DE ACATLAN

Basalto de plagioclasa con olivino de un contrafuerte del cerro de las Navajas, en el camino de Acatlán a Cuyamaloya

Roca de color gris obscuro, poco porosa, presenta pequeños puntos blancos de plagioclasa y amarillo rojizos de olivino alterado. Al microscopio se observan dos fases, la primera la de los fenocristales y la segunda la de la pasta fundamental. Los fenocristales de plagioclasa son del grupo de la anortita, con formas alargadas en la dirección del eje cristalográfico  $c$ , formando gemelos muy abundantes según la ley de Carlsbad y pocos en la de albita o de ambos combinados; generalmente están recubiertos de una capa más ácida. El olivino está en granos arredondados con un margen

amarillento, y algunos completamente rojos por la alteración más avanzada, los más pequeños tienen formas casi idiomórficas. La pasta fundamental pilotaxítica se compone de cristallitos alargados de anortita, augita y magnetita muy abundantes que es a lo que la roca debe su color.

**Rhyolita perlítica de la barranca de las Petacas, río de Tulancingo**

Roca vítrea de estructura perlítica y fluidal de colores rojo, verde oscuro y amarillento. Al microscopio se distingue una masa vítrea la que se divide en capas concéntricas de separación perlítica, en ella se encuentran fenocristales muy escasos de sanidino, albita y cuarzo en formas arredondadas; también hay fragmentos enrojecidos y calcinados de la toba que la contiene, algunos de ellos están devitrificados, se ve que la roca muy viscosa y caliente corrió dando vueltas, como si rodara, sobre la toba que estaba debajo, o que fué una inyección en ésta.

**Toba rhyolítica, roca encajonante de la rhyolita descrita**

Toba de color rojo ladrillo, de aspecto brechoide, de grano de tamaño medio, con fragmentos de obsidiana negra, se ve que está calcinada y endurecida por el contacto con la rhyolita. Al microscopio se observa una masa fragmentaria de grano mediano, más bien chico, de aspecto brechoide; compuesta de vidrio perlítico, sanidino, poca plagioclasa ácida y muy poco cuarzo; un pedazo de este último se encuentra triturado, como se observa en las rocas que han estado sujetas a fenómenos dinámicos; hay fragmentos de masa vítrea devitrificados; otros son rojos y porosos. No se encuentra magne-

tita en la roca, pero sí se observan cuerpos amorfos de color rojo, con las formas de magnetita, que es sesquióxido de fierro que proviene de la oxidación de aquella, los fragmentos grandes se unen por un polvo rojo de arcilla ferruginosa calcinada. Todos los caracteres microscópicos indican que la roca ha sido calcinada al contacto del aire y que la toba tiene el mismo origen que la rhyolita descrita.

### Hidrología

Habiéndonos ocupado de los materiales que constituyen esta región, tanto en su naturaleza como en su posición, vamos ahora a tratarlos bajo el punto de vista hidrológico, distinguiendo desde luego estos constituyentes en dos: los permeables y los impermeables; entre los permeables tenemos de permeabilidad continua como las tobas, brechas poco coherentes, acarreos y aluviones; y de permeabilidad localizada como las rhyolitas, basaltos y las calizas. Las impermeables están representadas por las pizarras, aun cuando en este caso en la porción que aflora, a consecuencia de sus fuertes plegamientos, no disfrutan realmente de la impermeabilidad propia de esta clase de rocas, pues los planos de separación y las grietas en ellas producidas son conductos por donde encuentra paso el agua.

Teniendo en consideración, por las observaciones efectuadas en el terreno, que existen más de dos niveles de receptáculos acuíferos, a fin de facilitar el estudio de esta parte del presente trabajo, creo conveniente ocuparme primero de la circulación subterránea de las aguas, en las elevaciones que rodean al valle; después

en el subsuelo de éste mismo, separando las que se mueven en las eruptivas terciarias, de las que circulan en las sedimentarias cretácicas.

En las elevaciones, que tienen parte de sus faldas cubiertas por corrientes basálticas y tobas, donde como ya hemos referido afloran las rhyolitas, están éstas surcadas por leptoclasas que las dividen en bloques de forma aproximada a la de un paralelepípedo, y cuyos rumbos ya mencionamos en la parte correspondiente a Geología; aun cuando estas grietas tienen alguna importancia en el sentido vertical, como se deja ver en los acantilados, las he distinguido con el nombre anterior, ajustándome a lo que sobre el particular dice Daubrée.<sup>1</sup>

La superficie de alimentación de los receptáculos acuíferos está formada por la superficie de estos cerros, que es toda permeable, pero especialmente de las mesetas y partes de corto declive, que no permiten un descenso rápido de las aguas exteriormente, facilitando así su paso por la región de alimentación, constituida por las leptoclasas y en general, por las grietas existentes; los receptáculos son de los llamados en "Leptoclasas;"<sup>2</sup> continuando en su descenso las aguas alcanzan la región activa, que puesta en contacto con las tobas y basaltos de las faldas, permite que el agua se infiltre a estas últimas, produciendo un aumento en la cantidad que directamente pasa por estas rocas basálticas, recostadas en los flancos, sin haber antes circulado por las

1 A. Daubrée. Les eaux souterraines à l'époque actuelle. Tomo I, págs. 130 y 131.

2 Estudio de la hidrología interna de los alrededores de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. de Minas Juan D. Villarello. Parergones del Instituto Geológico. Tomo I, núm. 6.



rhyolíticas; después de este trayecto, salen al exterior por varios manantiales que se encuentran a diferentes alturas, pero caracterizados casi en su totalidad, por el hecho de que su situación es entre las emisiones basálticas y las tobas, y de preferencia, en la superficie de separación entre la parte inferior de la corriente de basalto y la superior de las tobas.

En los cerros que limitan el valle por el W. y S., afloran varios manantiales de esta naturaleza, con alturas que van de 2,250 a 2,390 metros, encontrándose por consiguiente, entre 75 y 215 metros sobre la laguna de Zupitlán que es la parte más baja de la planicie; el gasto es muy diferente, pues mientras en algunos apenas sale el agua como en Tepechichilco, en otros cantidades de alguna consideración se derraman; los principales son los que en seguida se expresan: debiendo antes indicar que los datos sobre gastos, no se han medido de una manera satisfactoria por la falta de medios para hacerlo, siendo más bien malas apreciaciones, que sólo se exponen a fin de tener una ligera idea sobre la importancia de ellos.

NOMBRES	Altura sobre el mar	Temperatura aire	Temperatura agua	Gasto por segundo
Tepechichilco....	2390	20°	18°	Muy pequeña cantidad.
Guajomulco.....	2350	21°	17°	10 litros.
Almoloya.....	2250	21°	18°	20 „
San Dionisio.....	2280	20°5	17°	100 „
Ahuehuetes.....	2280	22°5	20°	200 „
Los Chorritos....	2320	21°	22°	20 „

Estando contenidas las aguas en terreno permeable, sin cubierta impermeable, fácil es deducir que son aguas freáticas, es decir, sin presión, no profundas y de corto trayecto de circulación, como se deduce de los datos anteriores; pues casi todas son de temperatura inferior a la del aire, siendo por consiguiente aguas frías con régimen variable con las precipitaciones atmosféricas.

Las aguas son probablemente potables, pues en los usos domésticos se manifiestan como tales; aprovechándose actualmente, aparte del uso ya indicado, para regar algunos terrenos y también para engendrar potencia.

El valle está relleno por las eruptivas terciarias como ya indiqué, y es muy probable que arriba de las brechas de carácter rhyolítico, en el subsuelo de los Municipios de Acatlán y Jaltepec, se sucedan las corrientes basálticas con las tobas intercaladas; en el fondo del valle se ven restos de la corriente superior, ya sobre las tobas amarillas o debajo de ellas, de modo que en esta parte tenemos también rocas de permeabilidad continua y de permeabilidad localizada. El receptáculo acuífero, debido a la importancia de las tobas y brechas, tal vez pudiéramos clasificarlo como en "estrato;"<sup>1</sup> refiriéndolo a los de los cerros como receptáculos "unidos," pues parte del agua de los superiores es de alimentación para el inferior.

La superficie de alimentación abarca toda la planicie del valle y parte de los cerros próximos, de manera que el agua de las lluvias, así como parte de la que brota por los manantiales superiores, después de atravesar

<sup>1</sup> Estudio de la hidrología interna de los alrededores de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. de Minas Juan D. Villarreal. Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo I, núm. 6.

hasta cierta profundidad las rocas permeables, recorriendo así la región de alimentación, principia a acumularse uniéndose a la que descendiendo por las grietas profundas de los cerros, alcanza a invadir el subsuelo del valle; el agua encuentra su salida por los desagües naturales que se le presentan, yendo a terminar hasta los bordes de las barrancas que surcan el terreno.

En la superficie del valle y de la misma manera que los ya tratados, esto es en el contacto entre la corriente basáltica y las tobas, se ven diversos veneros, algunos casi sin importancia como el de Guadalupe, y otros de cierta consideración como los que alimentan la laguna de Zupitlán; las aguas que por ellos brotan son frías, pues su temperatura es de  $17^{\circ}$  y  $18^{\circ}$  respectivamente, y son de las que pudiéramos llamar freáticas superficiales; estas salidas se encuentran a alturas entre 2,205 y 2,175 metros.

La laguna de Zupitlán es un receptáculo bastante grande, que almacena el agua que escurre superficialmente durante las lluvias y también la más interesante, por su constancia, que brota por los manantialitos situados en sus márgenes W. y S.; la cantidad que se recoge es grande, pudiendo quizá dar una idea el hecho que, después de recorrer parte de la barranca de Alcholoja, experimentando las pérdidas consiguientes, llega aún en la proporción suficiente para desarrollar fuerza, que mueve la fábrica de Alcholoja a que en otra parte me referí.

En la barranca secundaria de Alcholoja vierten sus aguas algunos manantiales, cuyo gasto no fué posible obtener, porque inmediatamente después de su salida se derraman por los flancos, y aunque en uno de ellos,

el de San Bartolo, existe un pequeño canal, la obra es tan imperfecta que desde luego principia a perderse el agua por las filtraciones; en dos de ellos se hicieron las siguientes observaciones, que nos proporcionan la manera de obtener algunas conclusiones sobre el receptáculo acuífero del valle.

Nombres	Altura sobre el mar	Temperatura aire	Temperatura agua
La Cueva.....	2120	20°	23°
San Bartolo.....	2080	26°	23°5

Estos manantiales que se encuentran a 55 y 95 metros respectivamente, abajo de la porción más baja de la planicie, los consideraremos como de agua fría, pues es poca la diferencia de temperatura que el agua del de la Cueva, tiene sobre la del aire y que bien pudo provenir de las condiciones atmosféricas en el momento en que se tomaron los datos; siendo los manantiales la desembocadura al exterior, de la región activa, del receptáculo acuífero del valle, y siendo de agua fría, es claro que esta región no es profunda, o mejor que las aguas en su circulación, no han descendido bastante para tomar una temperatura mayor.

Recordando que el relleno del valle está constituido por las rocas volcánicas terciarias, que son ya de permeabilidad continua, ya de permeabilidad localizada, es claro que las aguas contenidas son sin presión y por lo tanto freáticas; como por el examen de los manantiales y de algunos pozos, parece que de preferencia estas aguas escurren en el contacto entre las corrientes de basalto y las tobás, y como éstas tienen una inclinación general hacia el río de Tulancingo, es de suponerse que a medida que se aproxima uno a los cerros, que forman parte de la superficie de alimentación, se encontrarán

menos y menos profundas; esto parece confirmarse por los hechos observados en dos pozos, que son los únicos de cierta importancia, que se han labrado en el valle; uno cerca de la falda del cerro de las Navajas, por San Dionisio, en terrenos de Tepenacasco, y el otro en la Estación del mismo nombre de los Ferrocarriles Nacionales.

El pozo cerca de San Dionisio es de corto diámetro, pues se ha estado perforando para alcanzar aguas profundas con presión; este pozo no atravesó la corriente basáltica superior, por estar ya destruída en el lugar; según los datos que se nos indicaron sólo ha encontrado, en 77 metros, brechas pomosas, teniendo el agua a 7 metros de profundidad; desgraciadamente en esta obra no se coleccionaron las muestras, para poder juzgar un poco mejor, sobre la constitución del subsuelo.

El pozo de la Estación de Tepenacasco, a la altura de 2,240 metros sobre el nivel del mar, tiene el agua a 13 metros de profundidad, habiendo atravesado primero una capa de tobas y brechas de 3 metros aproximadamente, mostrándose en seguida la corriente de basalto hasta la superficie del agua.

Las aguas en el valle pueden alcanzarse por pozos, y serán más y más profundos a medida que se separan de las elevaciones que rodean este valle; el agua tal vez no será muy abundante, pues el fondo del receptáculo acuífero no es del todo impermeable; y además las aguas tienen el escape que les presenta la barranca de San Pablo o río de Tulancingo; un pozo que se perfore en esta región, probablemente cortará corrientes basálticas y brechas con el agua contenida especialmente en sus contactos.

Los manantiales más bajos son los que se observan cerca del rancho de San Pablo, en el río de Tulancingo; su altura sobre el nivel del mar es de 1,800 metros, encontrándose, por consiguiente, a 375 metros abajo de la laguna de Zupitlán que ocupa el lugar de menos acotación en el valle; las aguas brotan en las calizas y son termales como se verá por los siguientes datos:

Nombres	Altura sobre el nivel del mar	Temperatura de la atmósfera	Temperatura del agua
San Pablo.....	1800	26°	43°
El Borbollón .....	1800	26°	28°
Ojo de Agua.....	1800	26°	31°

La temperatura de las aguas, en el caso actual, nos lleva a considerarlas como de acumulación profunda y largo trayecto subterráneo, pues de otra manera no se puede dar cuenta del exceso de su temperatura sobre la de la atmósfera; las aguas brotan casi en el cauce del río, de modo que es muy posible, que la región pasiva del receptáculo acuífero, se encuentre abajo de este cauce.

El receptáculo lo clasificaremos como en "planos estratigráficos,"<sup>1</sup> la superficie de alimentación está constituida por los afloramientos de las eruptivas permeables superpuestas, que dejando infiltrar el agua la ponen en contacto con los planos y grietas de las sedimentarias, suministrándole así una vía para descender, y también por los planos ya indicados y sinclinas que surcan a estas rocas, en los lugares donde afloran hasta la superficie del terreno; la región de alimentación y la

1 Estudio de la hidrología interna de los alrededores de Cadereyta Méndez, Estado de Querétaro, por el Ing. de Minas Juan D. Villarejo. Parergones del Instituto Geológico de México. Tomo I, núm. 6.

región activa, están formadas por estos mismos conductos, y la región pasiva, por las calizas que a la profundidad, han perdido su permeabilidad estrechando sus soluciones de continuidad; el cauce lo considero como el nivel más bajo de los manantiales, por ser allí éstos constantes y no haber encontrado otros a niveles superiores.

Las aguas aunque de origen profundo, y demostrando a su salida como en el Borbollón, un desarrollo de cierta presión, pues en ese lugar brotan con alguna fuerza, deben colocarse entre las ascendentes, pues la presión es muy poca, cosa que debía esperarse debido al estado en que se encuentran las sedimentarias, por los trastornos que han sufrido; así es que aunque las calizas están cubiertas por el estrato impermeable de las pizarras, sin embargo, estas últimas han perdido en parte este carácter por la posición que ocupan, que algunas veces es casi vertical, y por las grietas que en ellas se han formado, lo que impide de cierta manera el desarrollo de la presión, efecto que es aumentado por el río mismo que corta a los planos de estratificación; estas aguas pudieran aumentarse y captarse, por medio de socavones dirigidos normalmente a los planos ya indicados, que cortando varios de ellos darían salida a las aguas contenidas, aunque esto no serviría más que para utilizarlas en las partes bajas del río y de ninguna manera, en las llanuras altas que forman la planicie.

A fin de dar una ligera idea sobre la importancia de las aguas que circulan en la región estudiada, voy a permitirme exponer algunos datos que no son de ninguna manera exactos, pues fuera de los recogidos en el Observatorio Flammarion, de Tulancingo, referentes a

las precipitaciones medias anuales, deben considerarse como aproximaciones rudas, o mejor esfuerzos de apreciación que tienden al objeto ya indicado; esto por otra parte es de entenderse, desde el momento que no hay planos exactos y detallados del contorno recorrido, lo que impide hacer una buena determinación de la superficie total, así como de las porciones cubiertas y no cubiertas por la vegetación que tanto influye en el fenómeno de la evaporación; además no existen trabajos permeométricos de la localidad y por consiguiente, no se tiene el coeficiente de permeabilidad de las rocas tan interesante para esta clase de investigaciones.

La cantidad de agua que un suelo puede absorber es muy difícil de obtener, a consecuencia de varias causas que los Sres. Devaue e Imbeaux<sup>1</sup> resumen de la manera siguiente:

1.º En que el suelo no está constituido de ordinario de una sola capa homogénea, teniendo poros de un calibre fijo, sino más bien de una superposición de capas diferentes, variables de un punto a otro y teniendo poros, grietas y cavidades de dimensiones casi siempre desconocidas, y en todo caso muy diversas.

2.º En que el estado de llenamiento parcial de estas vías, grietas y cavidades, varía en todo tiempo, según la sucesión e intensidad de las lluvias, el gasto de los manantiales, las pérdidas debidas a la evaporación superficial, a la transpiración de las plantas, etc.

3.º En que la cantidad de agua que se infiltra depende esencialmente de la duración del contacto entre el

<sup>1</sup> Devaue et Imbeaux, Assainissement des villes. Distribution d'eau, Tomo II, pág. 51.



agua caída y el suelo, y que ésta depende, a su vez, de la configuración de la superficie (principalmente de su inclinación) así como de la abundancia y duración de la precipitación.

4.º En que ciertos cambios que modifican el estado de la primera capa y de la superficie (tales como las alternativas de hielo y de deshielo, los trabajos de labor, el aumento o dispersión de la vegetación, etc.), hacen variar igualmente la infiltración en proporciones algunas veces muy considerables.

Teniendo en cuenta que el coeficiente de infiltración, por experiencias ejecutadas en otros países, llega hasta el 20% de las lluvias caídas en terrenos permeables, y recordando que en la región estudiada, la vegetación sólo se encuentra distribuída en parte de las faldas, pero mejor en la porción superior de los cerros que rodean al valle, hecho que aunque impide la evaporación, no detiene las aguas que a consecuencia de la pendiente y forma de estos accidentes, descienden en su mayor parte a la planicie, permaneciendo por consiguiente poco tiempo en contacto con la superficie del terreno en esos lugares; y recordando que el fondo muy poco inclinado del valle, está casi desprovisto de vegetación y que las aguas aunque permanecen, en ciertas depresiones formadas por las irregularidades del terreno, un regular tiempo en contacto con él como se observa después de las lluvias, facilitando así la infiltración, debido a que las rocas que rellenan el valle, a causa de su naturaleza no se dejan penetrar muy fácilmente, como también a la evaporación que debe ser fuerte, pues no hay vegetación protectora, creo que bien podremos tomar el dato ya indicado del 20%.

En el Observatorio Flammarion tomamos los siguientes datos pluviométricos correspondientes a los años de 1911 y 1912, y también los que se refieren a los 5 primeros meses del presente; estos últimos no los utilizaré, por no ser suficientes para obtener una media anual. Concretándonos a los dos años ya referidos tenemos los siguientes:

Año de 1911.....	445.5
1912.....	725.5
	1171.0
Promedio anual.....	585

De manera que podemos tomar  $0^m.59$  como la altura de lluvia; la superficie de la porción del valle de Tulancingo, comprendida entre las dos sierras que tienden a juntarse al S. de la ciudad de este nombre, y los lugares donde el río de Tulancingo comienza a mostrarse profundo, puede calcularse en unos 300 kilómetros cuadrados; con estos datos de  $0^m.59$  para altura de lluvia, 20% para filtración y 300 kilómetros cuadrados para superficie, se llega a la conclusión de que el agua anualmente infiltrada, es aproximadamente en la cantidad de 35 millones de metros cúbicos, lo que quiere decir, que los receptáculos acuíferos podrían dar en esta región, unos 1,150 litros por segundo.

El agua actualmente sale arriba y en la superficie del valle, en los veneros que llenan la laguna de Zupitlán, y por la barranca principal y algunas de las secundarias.

#### CONCLUSIONES

Por lo expuesto anteriormente fácil es darse cuenta que tenemos tres regiones de agua, la de los cerros que

rodean al valle y que aflora arriba del fondo por varios manantiales; la que circula en la formación eruptiva que rellena el valle y que derrama al río de Tulancingo y barrancas secundarias, por manantiales situados a profundidades diferentes; y la que contenida en las calizas, encuentra su salida por los manantiales termales que brotan cerca del cauce del mismo río; ninguna de estas regiones es de aguas artesianas, pues examinando la formación en que se encuentran, vemos que no satisface a todas las condiciones necesarias para esta clase de aguas, y que por consiguiente, cualquier pozo que se perfore con este objeto no tendría probablemente éxito; Chamberlin<sup>1</sup> dice que las condiciones que se deben llenar para el establecimiento de pozos artesianos son las siguientes:

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

2.º Un estrato impermeable inferior para impedir el escape del agua por abajo.

3.º Un estrato impermeable superior para impedir el escape por arriba.

4.º Una inclinación tal de las capas, que permita que el nivel de afloramiento de la capa en que el agua entra, sea más alto que la boca del pozo.

5.º Una exposición conveniente de la zona superficial de infiltración, a fin de que pueda recibir un abastecimiento suficiente de agua.

6.º Una cantidad de lluvia adecuada para suministrar este abastecimiento.

1 F. C. Chamberlin. The requisite and qualifying conditions of artesian Wells.—Fifth Annual Report, U. S. Geol. Survey. Washington, D. C.

7.º Ausencia de un escape fácil a un nivel más bajo que la boca del pozo.

Como el conjunto de estas condiciones no está satisfecho, y refiriéndonos especialmente a la 7.ª encontramos el escape, para las aguas, abajo del valle por el río de Tulancingo, fácil es deducir lo que ya se había indicado, esto es, que no existen aguas artesianas.

Las aguas en los cerros y en el valle son freáticas, es decir sin presión, y la de las calizas son termales y bajo una presión que probablemente no es fuerte, por lo que las consideramos entre las ascendentes.

Las aguas de los cerros son algo abundantes, pero como brotan en el contacto entre las tobas amarillas y las corrientes basálticas, y su trayecto, en este contacto, es probable que sea muy irregular, y como en la formación no existen verdaderas zonas de grietas, pues donde se encuentran es hasta las rhyolitas que forman el núcleo de las elevaciones, quedando por consiguiente muy alejadas de los lugares donde afloran los manantiales, no hay realmente fundamento científico para dar dirección determinada a socavones de captación; es conveniente mantener perfectamente limpios los manantiales del azolve que los obstruye, pues teniendo así su salida más expedita, es muy probable que aumente el agua que sale por ellos.

En el valle las aguas sólo pueden aprovecharse por medio de pozos, y los lugares más apropiados para perforarlos serán los próximos a los cerros, especialmente la serranía de las Navajas, pues allí el agua se encontrará a menos profundidad y más abundante; a medida que se aproximen al río el agua será más profunda; la profundidad a que habrá que llevar los pozos será

variable, pues dependerá del lugar elegido para estas obras; pero recordando que los manantiales de la cueva de San Bartolo, en la barranca de Alcholoya, afloran a 55 y 95 metros respectivamente, abajo de la parte más baja del valle, se deduce que los pozos más mal situados, en la planicie, habrá que llevarlos hasta alrededor de 100 metros para encontrar agua en regular cantidad.

Sobre el agua en las calizas ya indiqué cómo se puede captar y los usos que tal vez puede tener, pues aunque es con toda probabilidad ascendente, lo será poco, porque el río y las condiciones en que se encuentran las pizarras, impiden un buen desarrollo de la presión; por otra parte la profundidad a que un pozo cortaría estas rocas, no es fácil decirlo, pues hay que recordar que el valle antes de estar relleno por las eruptivas, ya había sido modificado por la erosión, de modo que el relleno volcánico se acomodó en las desigualdades de las rocas levantadas y plegadas; sin embargo, por lo que se deja ver en la barranca la profundidad será algunas veces de 450 y 500 metros, y otras muy poca, pues suelen aflorar hasta la superficie como en Regla.

Para terminar el presente trabajo voy a ocuparme de los potreros de San Cayetano y Media Manga, que se estudiaron por instrucciones que al efecto recibí; estos potreros, pertenecientes a la hacienda de Tepencasco, forman una parte del fondo poco accidentado del valle, teniendo en su cabecera N. que es la más alta, 2,210 metros sobre el nivel del mar.

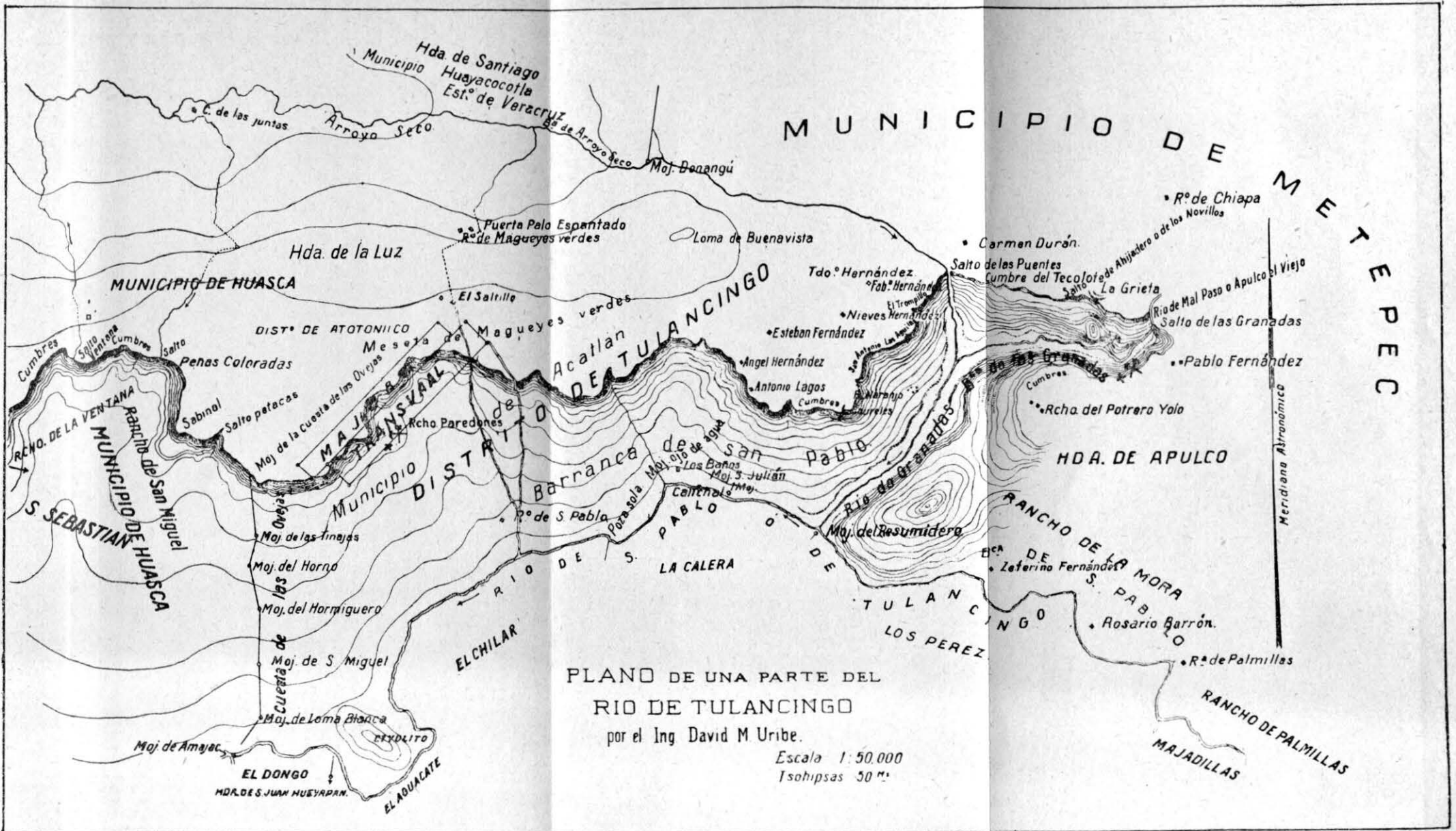
Los potreros que constituyen una sola porción de terreno, pues están unidos, se extienden por el N. hasta muy cerca de donde principia a elevarse la planicie para constituir el pequeño cerrito de Zacatepec; por

el S. hasta la hacienda de Santa Rosa, teniendo al E. y al W. las propiedades de las haciendas próximas. Los potreros están atravesados por el río de Tulancingo, que allí se manifiesta simplemente bajo la forma de una pequeña zanja casi superficial que, a consecuencia de haber antes derivado el agua, como ya lo indiqué en otra parte, no muestra corriente; en la superficie se observan diseminados en varias partes, montones de basalto y las tobas amarillas como sucede en la generalidad del fondo del valle; en uno de estos montones sale una cantidad de agua casi insignificante que llaman el venero de Guadalupe, situado a 2,205 metros, cuyas aguas son frías y sin ninguna importancia.

Encontrándose estos potreros bastante lejos de los manantiales, que afloran arriba del valle, así como a una altura de 35 metros sobre la laguna de Zupitlán, cuyas aguas para ser elevadas y conducidas a lugares convenientes de los potreros, exigirán gastos costosos y antieconómicos, para obtener agua en esta región sólo nos quedan dos medios: o alcanzar la subterránea en el subsuelo, o la construcción de depósitos por medio de bordos y haciendo excavaciones de poca profundidad, a fin de almacenar el agua de las precipitaciones atmosféricas; el primero es decir, alcanzar las aguas subterráneas, tiene los inconvenientes que ya marqué para el valle, pues estando retirado de las sierras habría que hacer los pozos profundos, a fin de obtener agua en regular proporción, pues no hay que olvidar que el corte por donde escapa el agua queda próximo; por estas y otras razones que se comprenderán si se recuerda lo que dije al tratar de la Hidrología del valle, considero estas obras también no económicas; en mi

concepto lo mejor son los depósitos de agua, pues construyéndolos en los lugares apropiados que indicará un buen estudio de nivelación, resolverán, al menos en parte, si no del todo, el problema de las aguas en esa región.

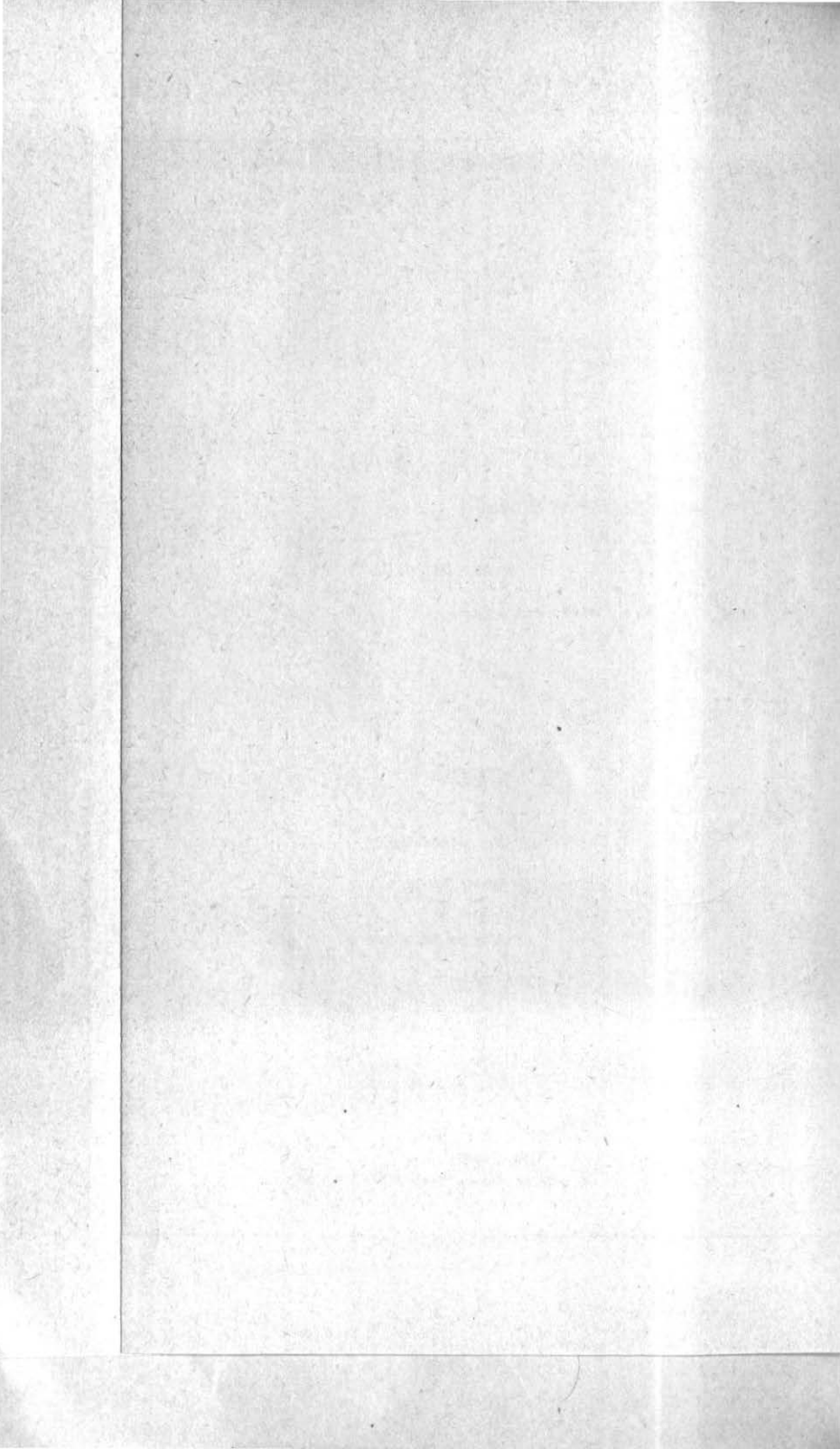
México, septiembre de 1913.

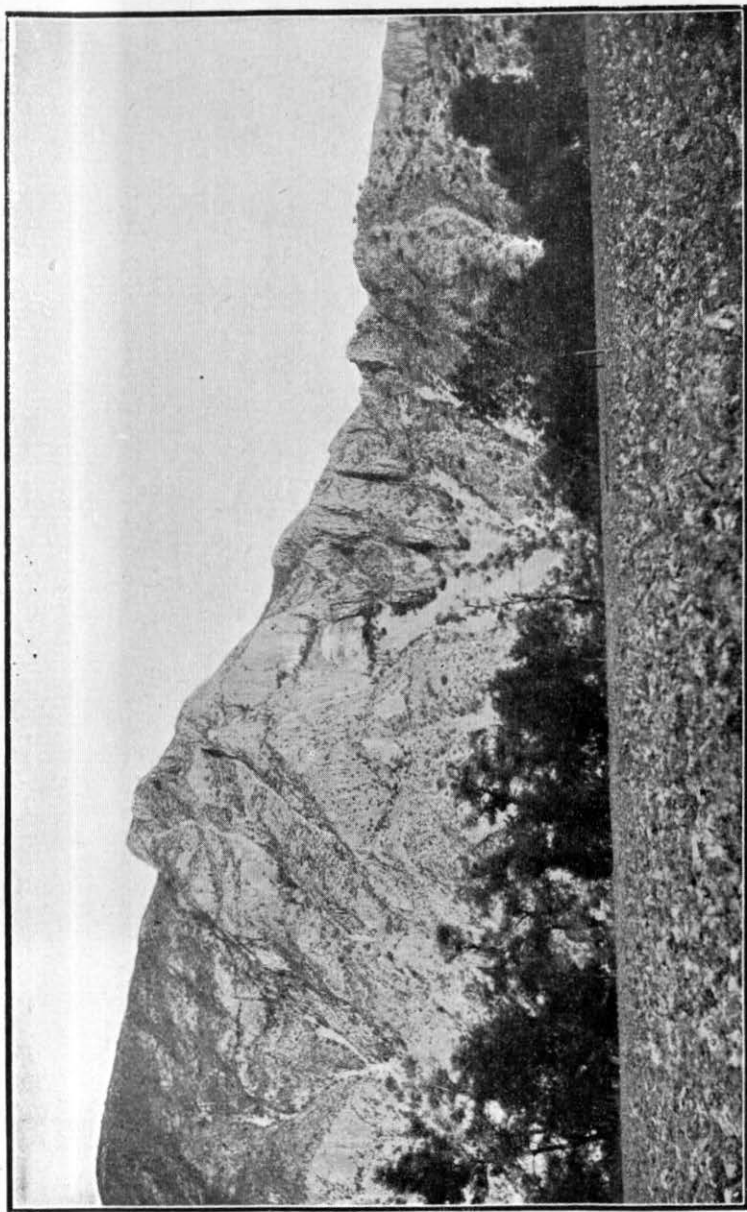


PLANO DE UNA PARTE DEL RIO DE TULANCINGO por el Ing David M Uribe.

Escala 1:50,000  
Isohipsas 50 M.

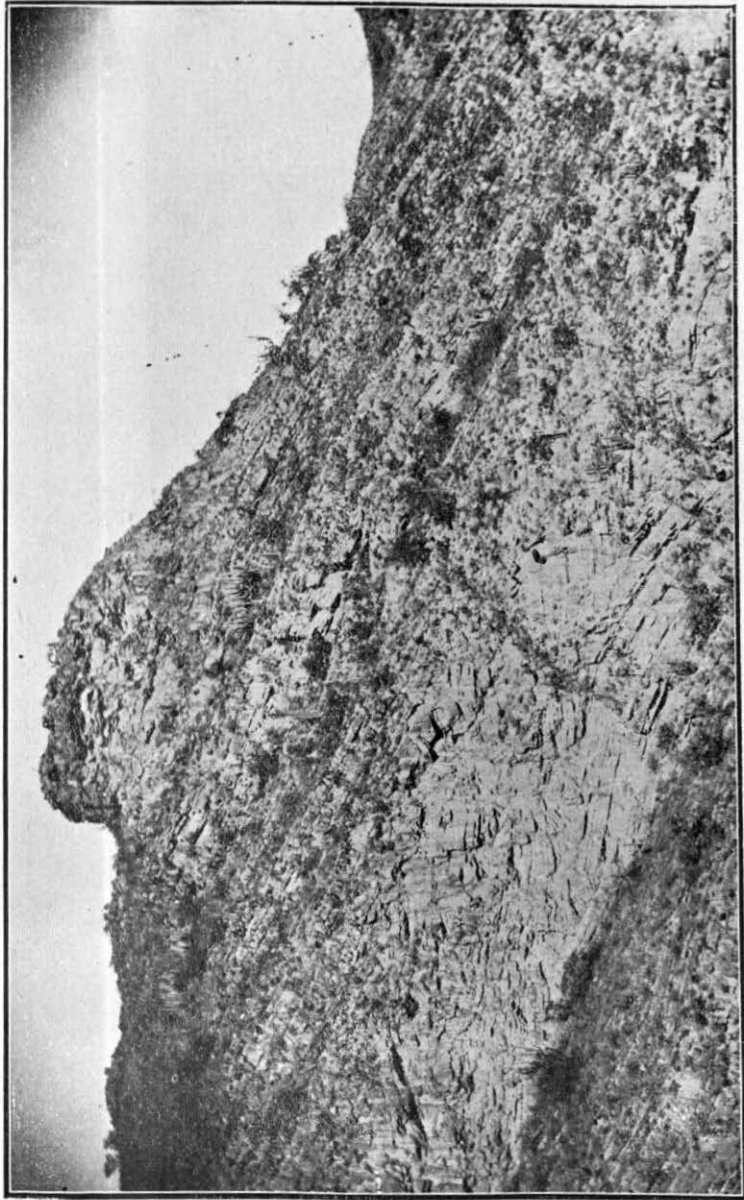






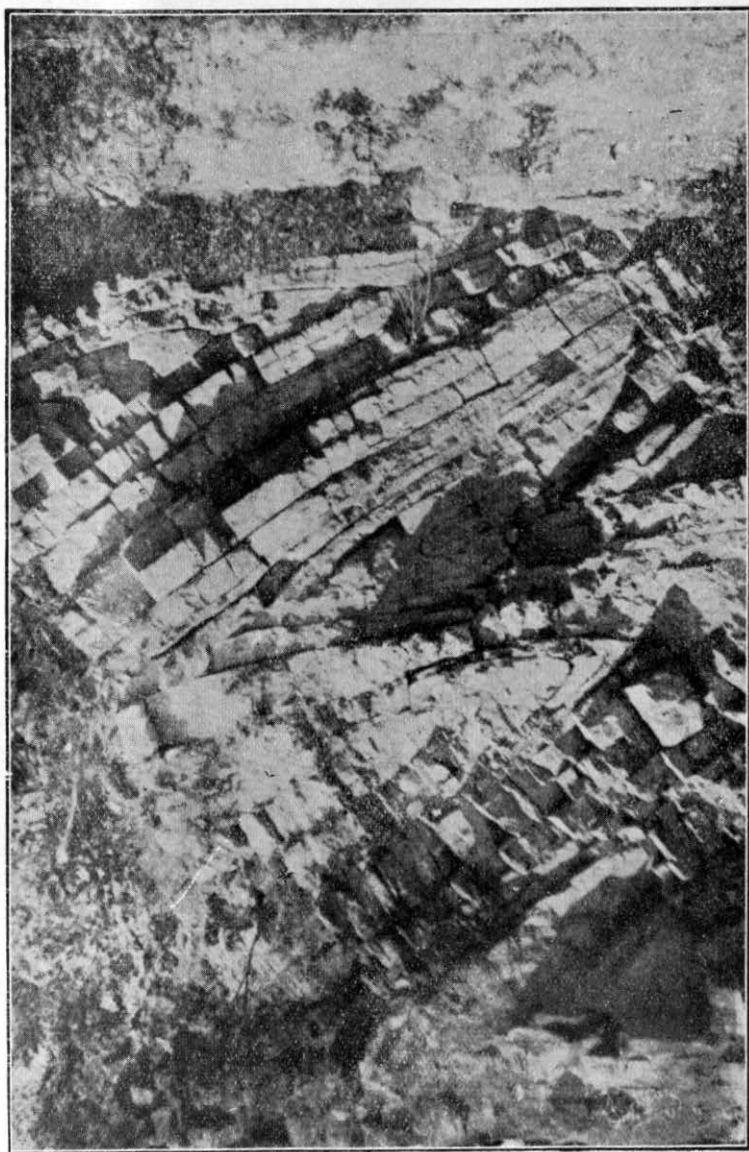
Calizas Río de Tulancingo (Fot. E. Böse)





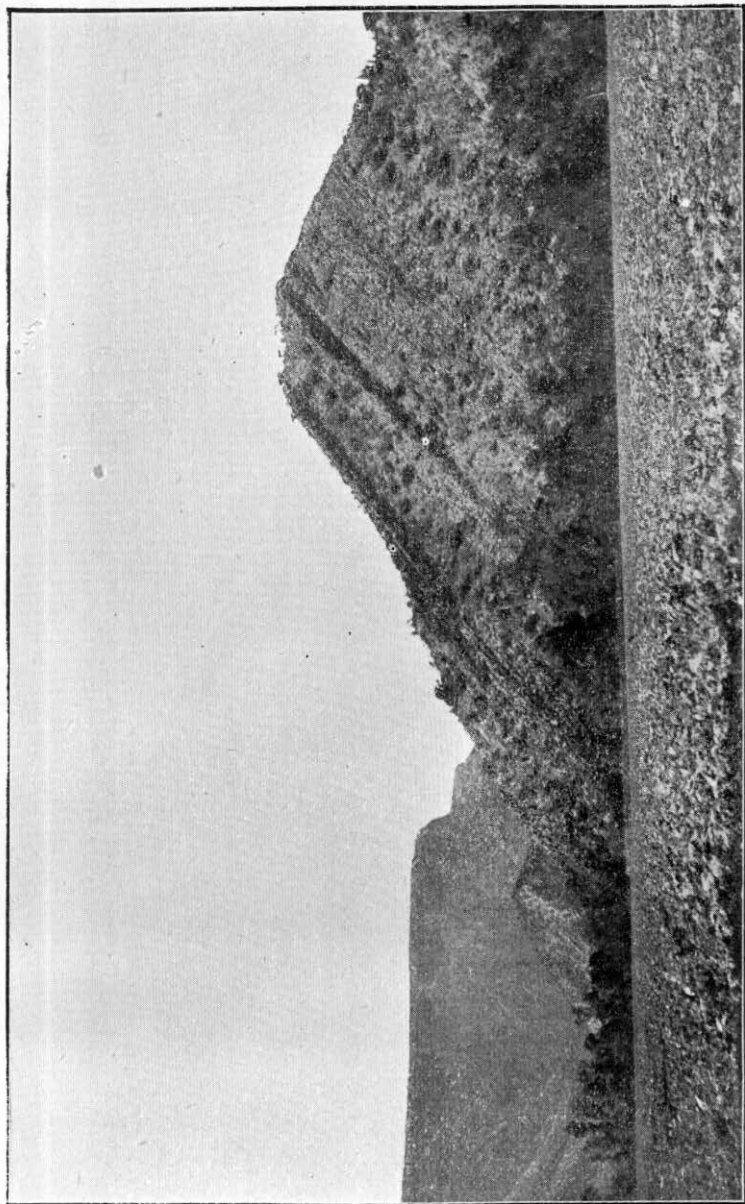
Calizas en Río de Tulancingo (Fot. E. Böse)





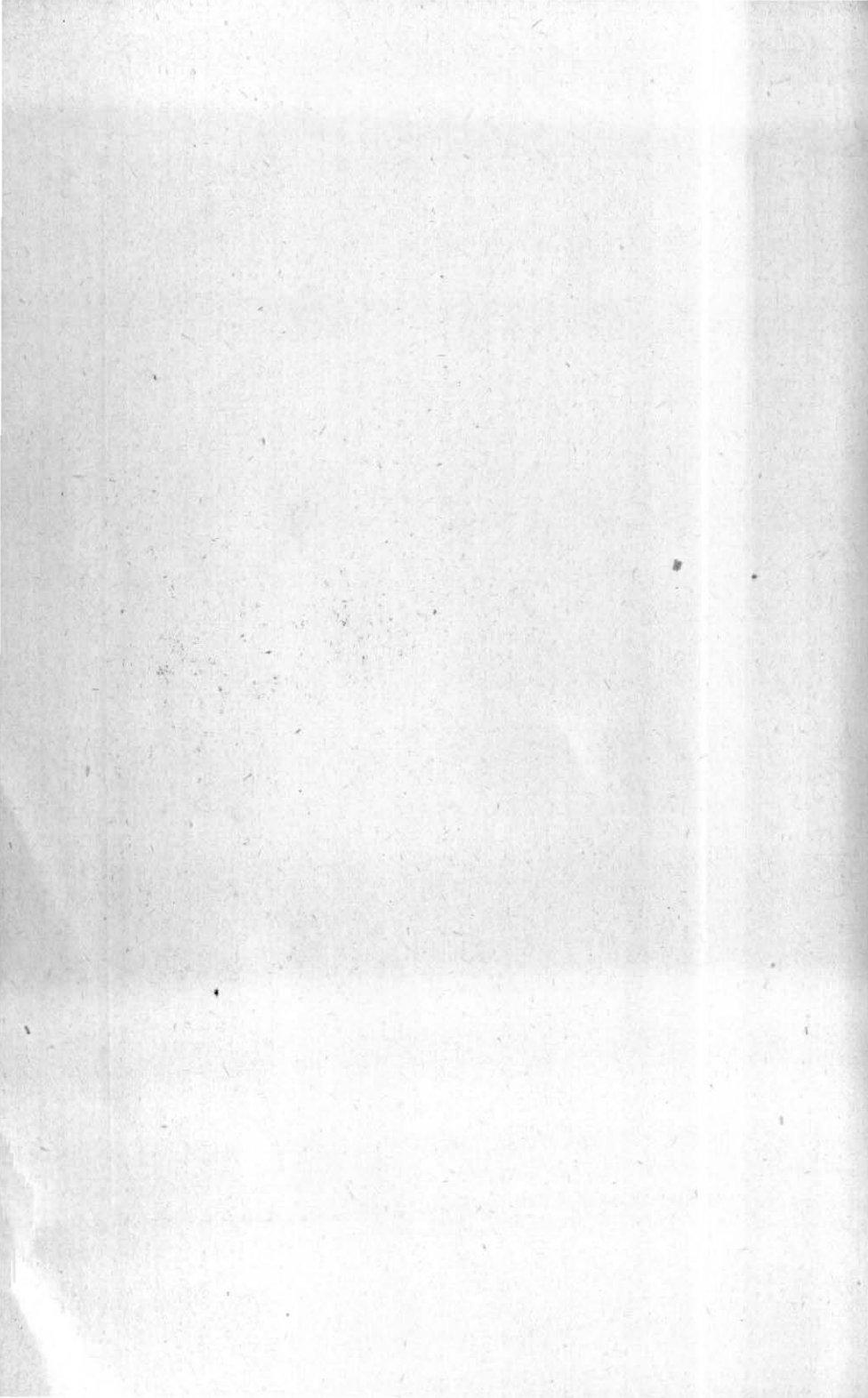
Pliegues de las calizas en el resumidero Río de Tulancingo (Fot. G. G. Lozano)

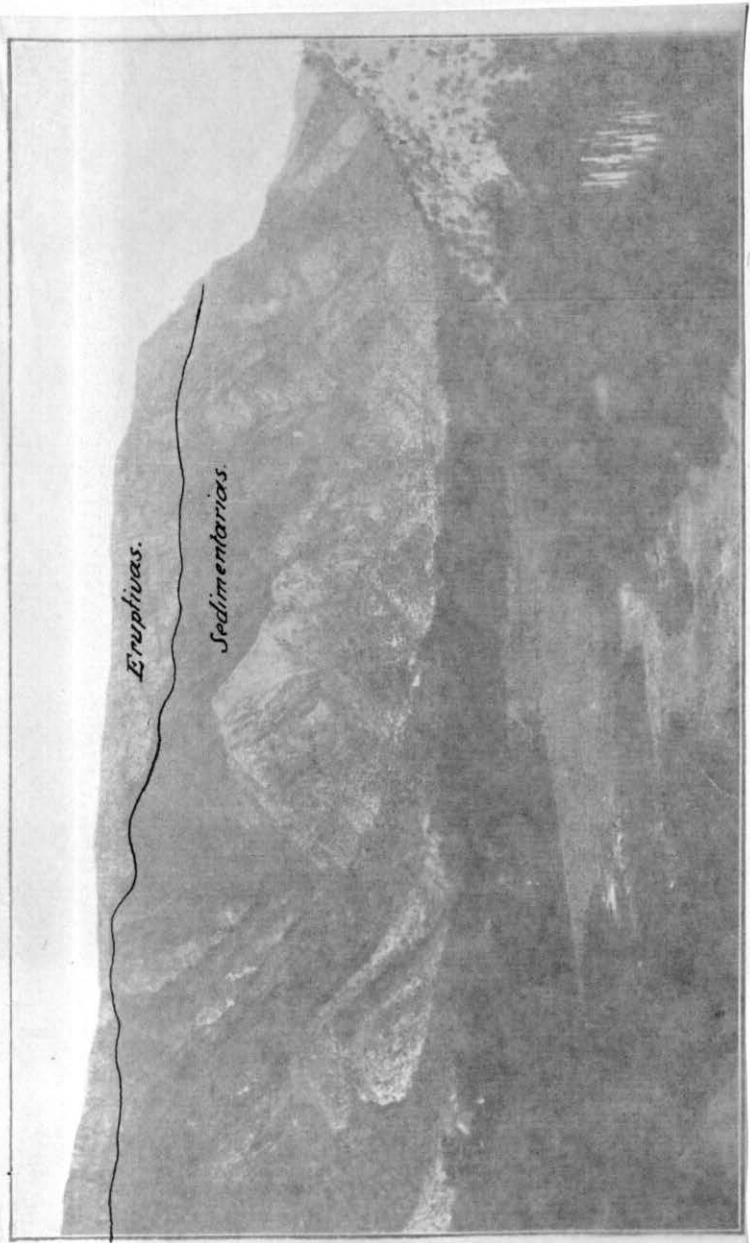




Pizarras y calizas en Tecruz, Río de Tulancingo (Fot. E. Böse)

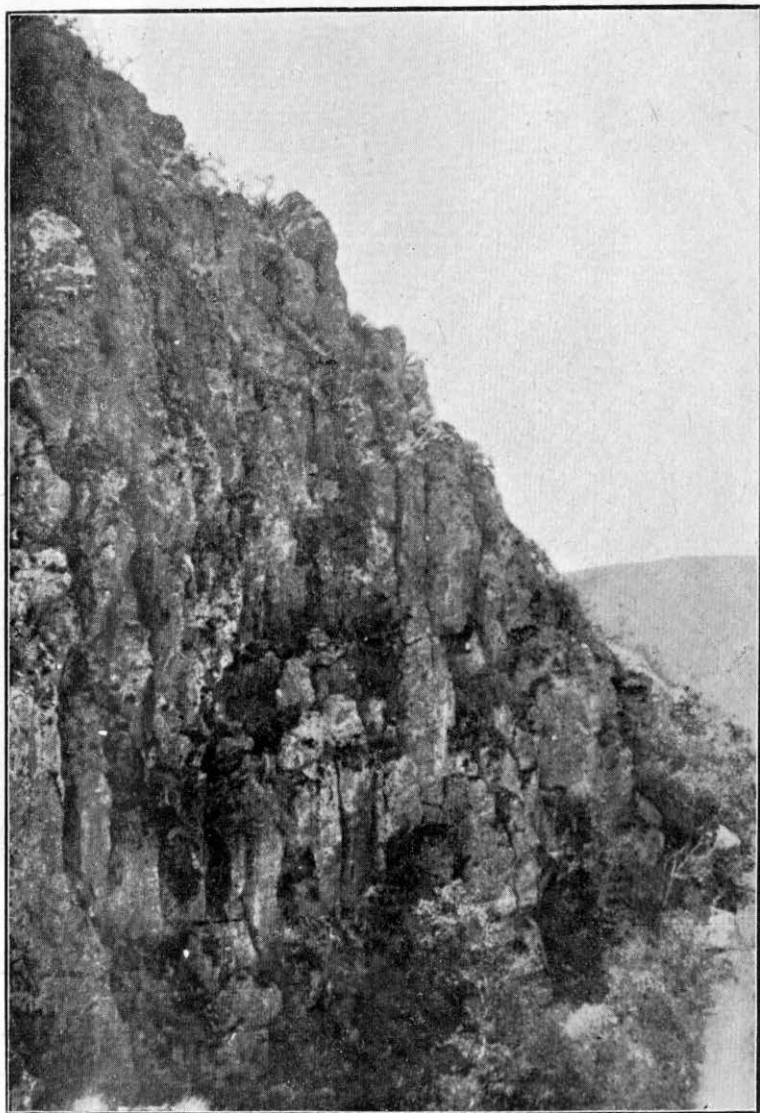




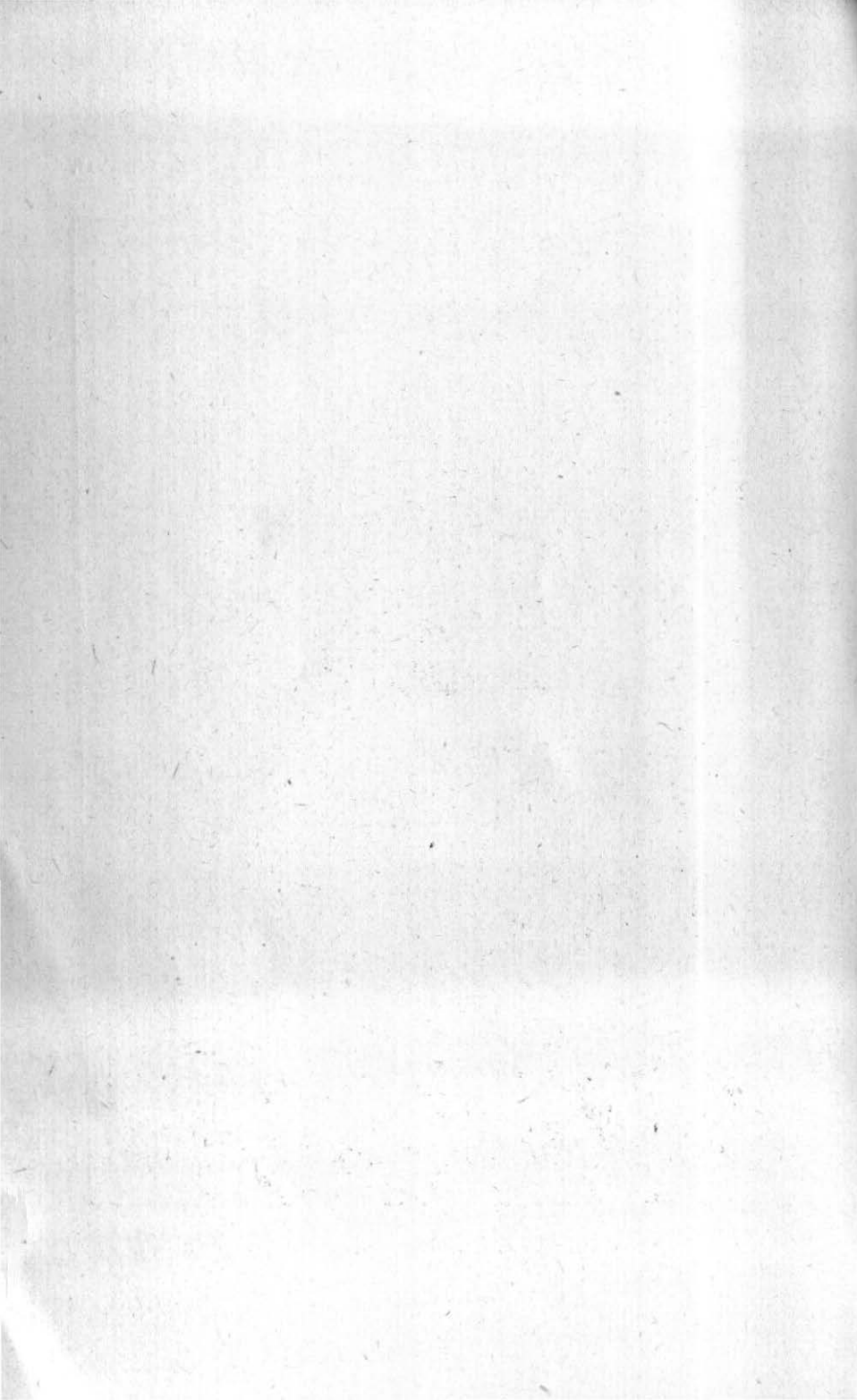


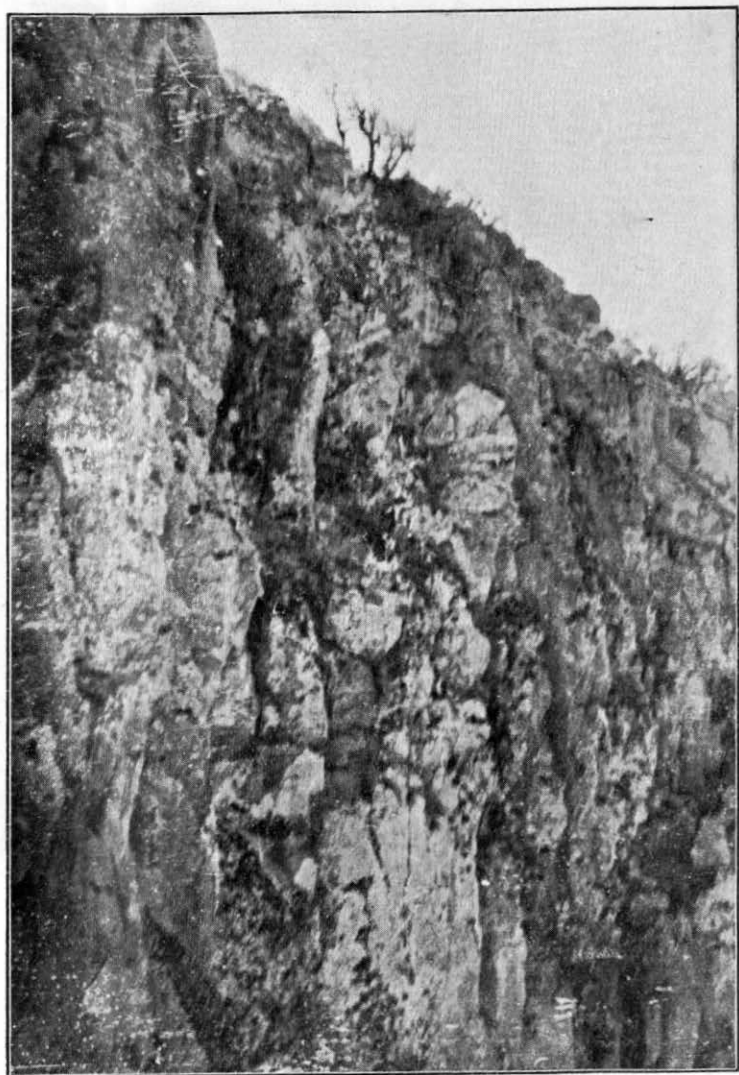
Eruptivas, calizas y pizarras en Los Venados, Río de Tulancingo (Fot. E. Böse)





Rhyolita en acantilados del cerro de Napateca (Fot. G. G. Lozano)





Rhyolita en acantilados del cerro de Napateco (Fot. G. G. Lozano)

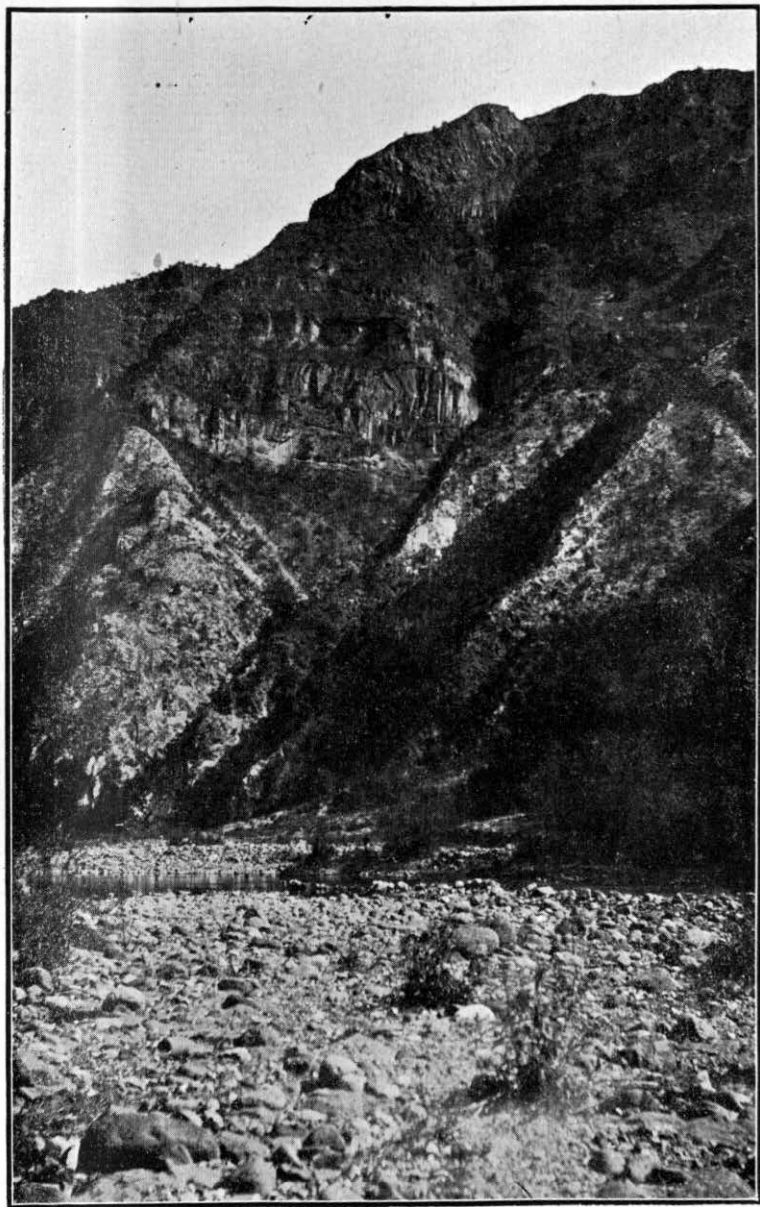




Rhyolita en Las Peñas (Fot. G. G. Lozano)

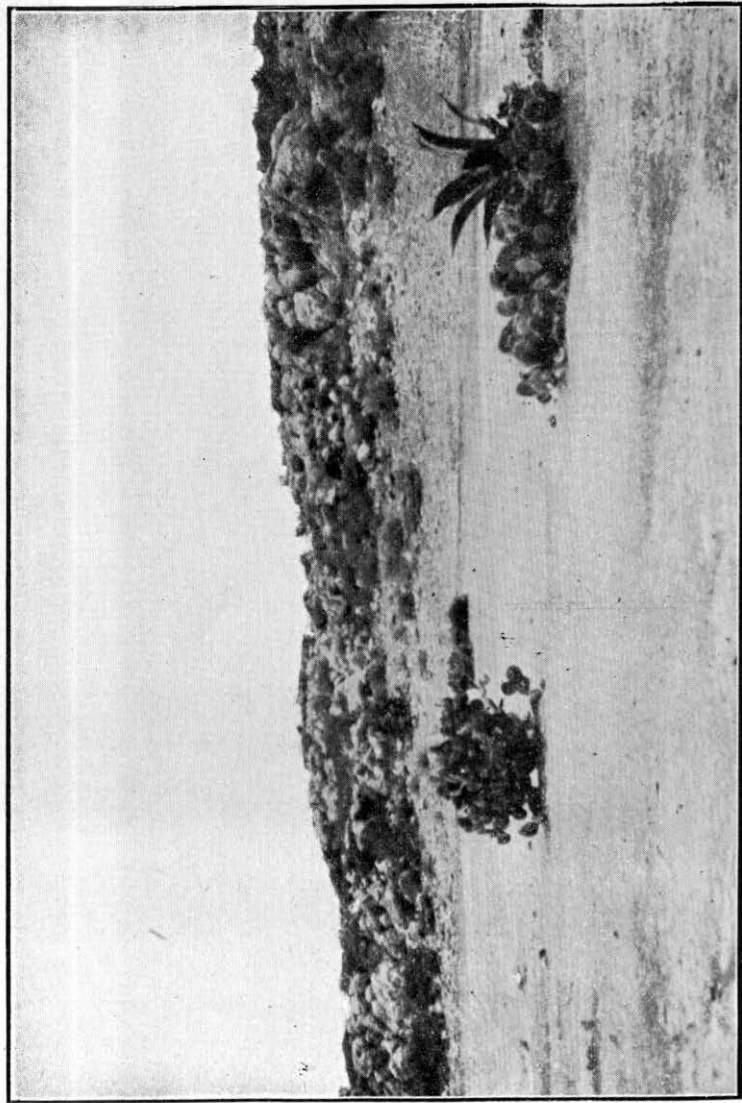




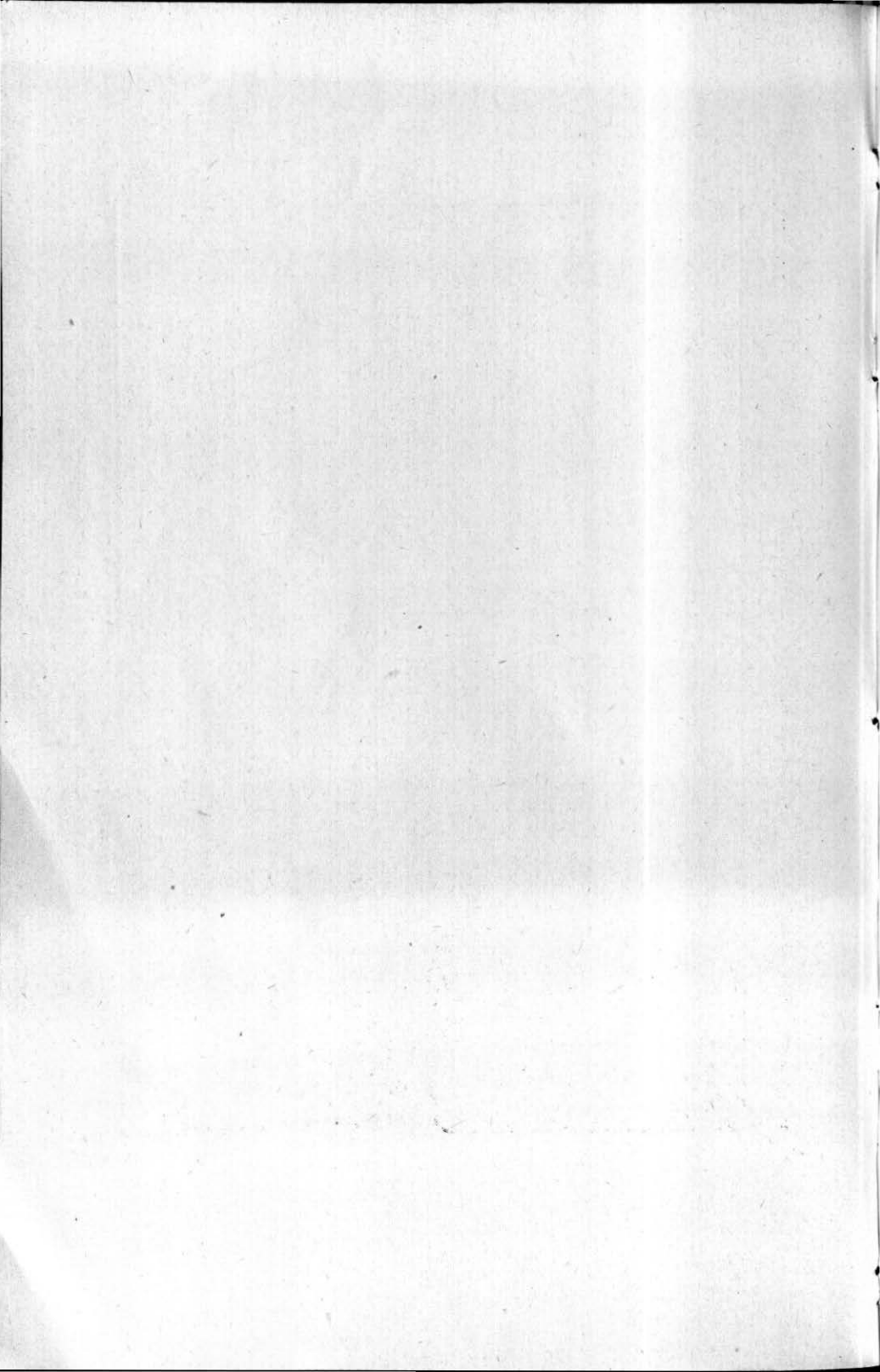


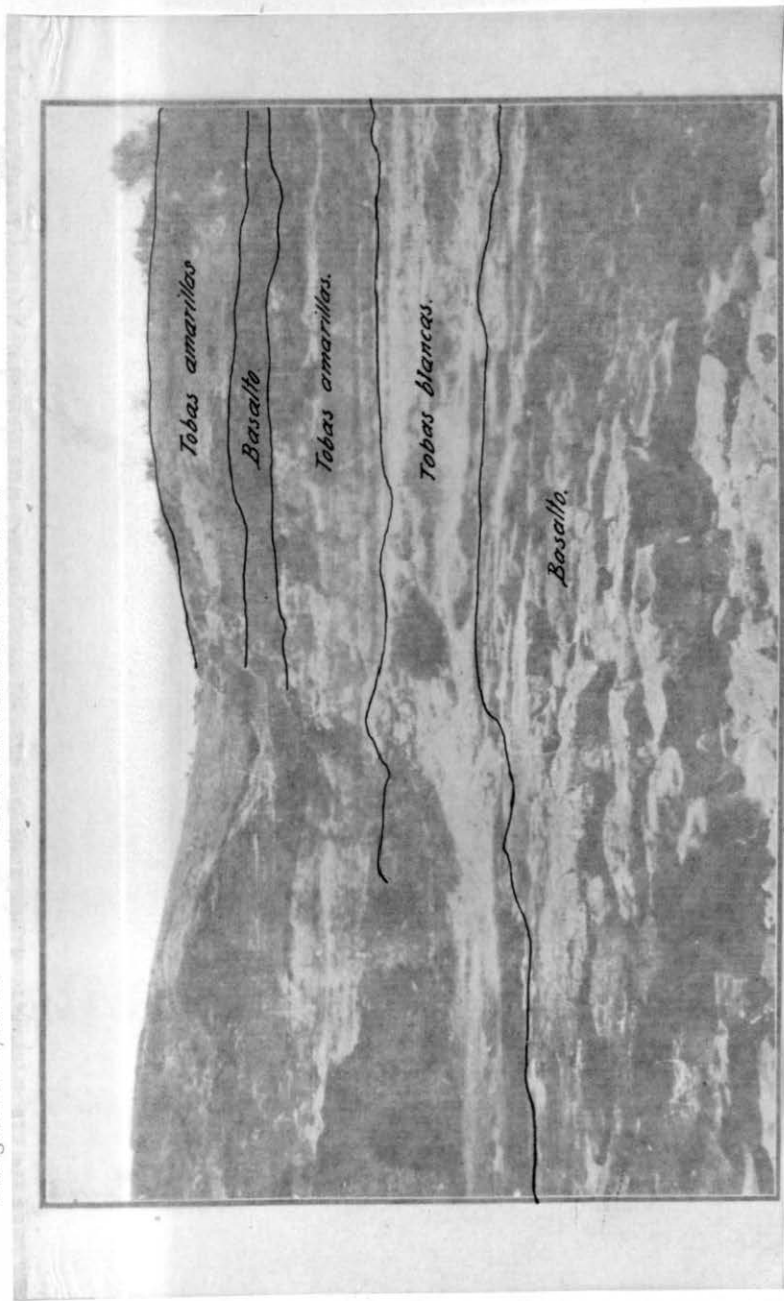
Basaltos y pizarras en Cañón del Hualul, Río de Tulancingo (Fot. E. Böse)





Corriente volcánica en Totopasca Chico (Fot. G. G. Lozano)





Basaltos y tobas en San Salvador, cerca del puente del Gobierno (Fot. G. G. Lozano)

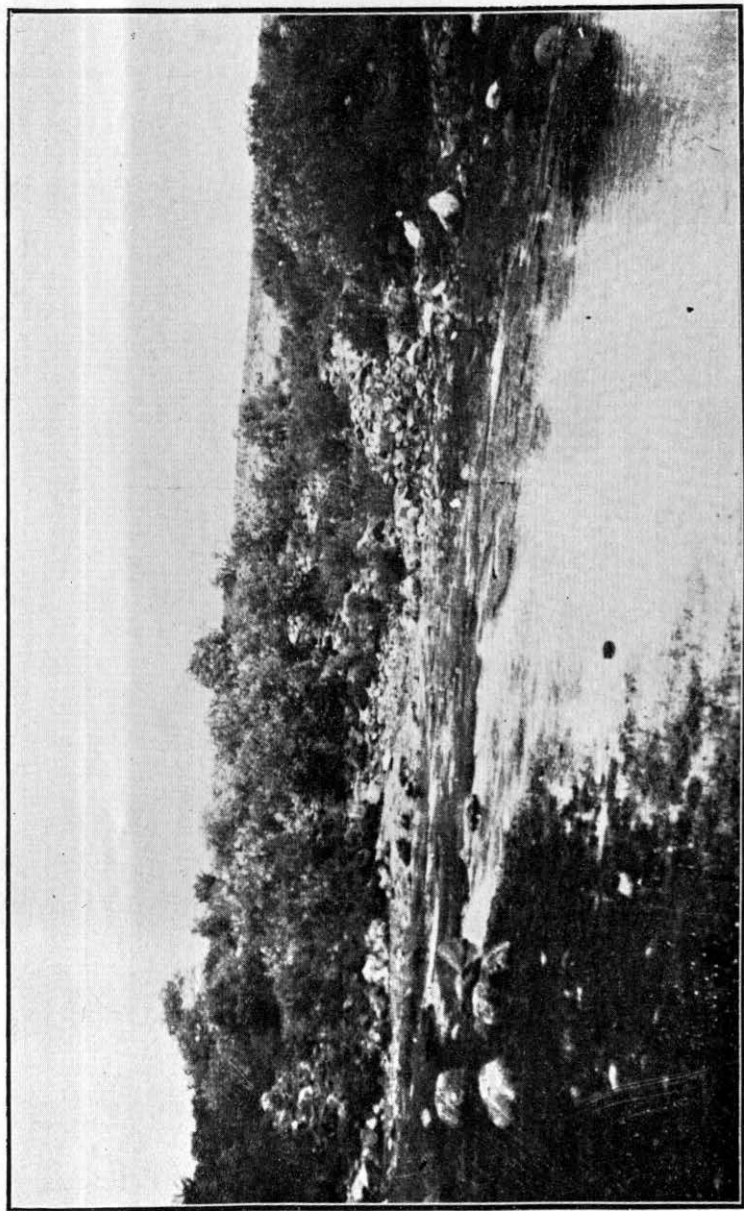




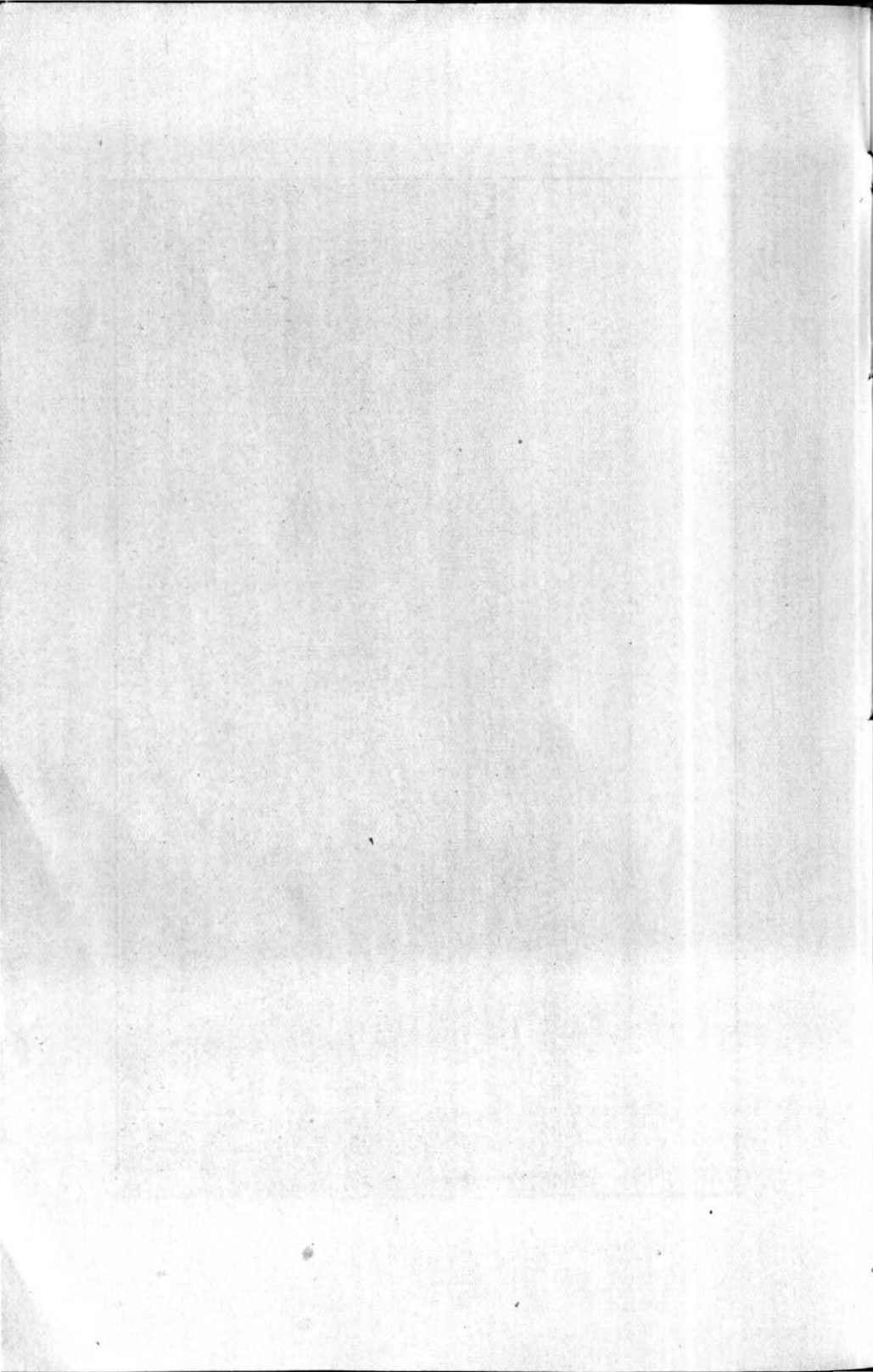
Corriente basáltica, cerca manantial Almoloya (Fot. G. G. Lozano)

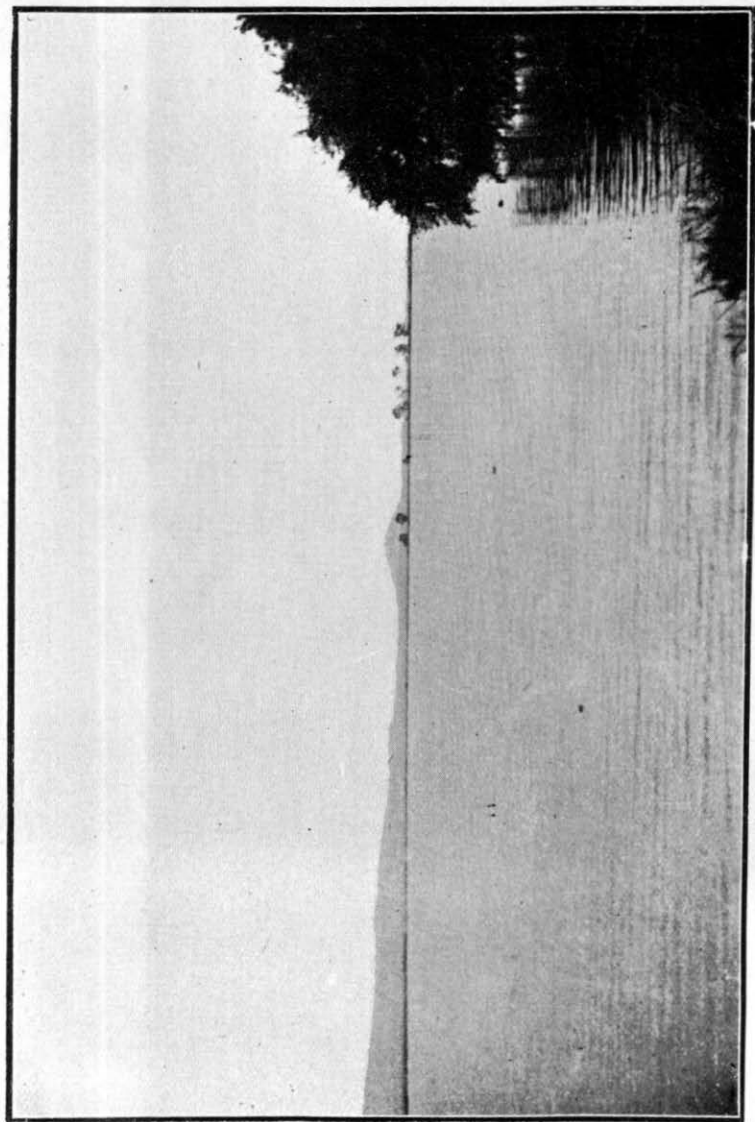






Manantial de los Ahuehuetes (Fot. G. G. Lozano)





Laguna de Zupitlán (Fot. G. G. Lozano)

