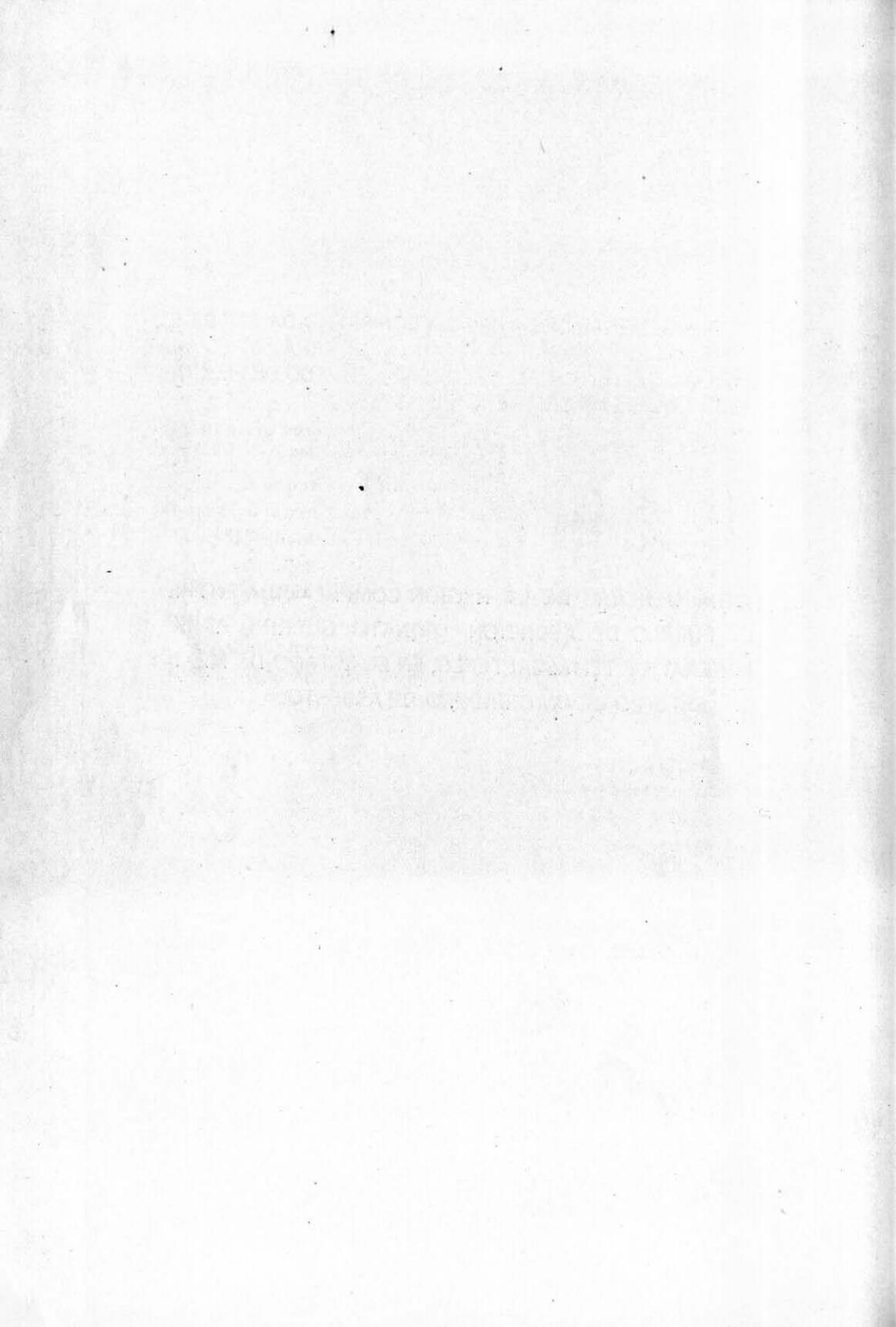


GEOLOGIA GENERAL DE LA REGION COMPRENDIDA ENTRE
EL PUEBLO DE ASUNCION (DONATO GUERRA) Y EL
MINERAL DE TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXI-
CO. ESTUDIO DE UN CRIADERO DE ASBESTO.



GEOLOGIA GENERAL DE LA REGION COMPRENDIDA ENTRE EL PUEBLO DE ASUNCION (DONATO GUERRA) Y EL MINERAL DE TEMASCALTEPEC, EN EL ESTADO DE MEXICO. ESTUDIO DE UN CRIADERO DE ASBESTO.

Por los ingenieros Germán García Lozano y Jesús J. Falomir.

Con el fin de estudiar un criadero de asbesto que se encuentra situado en el rancho del Aguacate, en las cercanías del pueblo de Asunción (Donato Guerra), en el Estado de México, a principios del mes de octubre de 1928, nos trasladamos a aquel lugar, donde permanecemos un mes. Al mismo tiempo, nuestra comisión tenía por objeto emprender los estudios de geología general en la región de Valle de Bravo, comprendida entre el pueblo de Asunción y el Mineral de Temascaltepec, para determinar posibilidades de encontrar asbestos de mejor calidad que el de las muestras obtenidas del criadero del rancho del Aguacate, o de la ocurrencia de criaderos similares al ya citado, que pudieran ser susceptibles de explotación comercial.

La región explorada está situada en la porción centro-occidental del Estado de México y puede limitarse como sigue: al N., por una línea quebrada que pasando por Asunción, une al rancho de San Ramón, situado a 6 kilómetros al E. de este pueblo, con el Mineral de Ixtapan del Oro; al E., por una línea que liga al rancho de San Ramón, antes mencionado, con el pueblo de Tequexquipan, situado como a 10 kilómetros al E. de Temascaltepec; al S., por una línea quebrada, que partiendo de Tequexquipan pasa por San Juan, La Labor, San Andrés de los Gammas, Carnicería, Las Trancas, Temascaltepec y llega al rancho del Tule, situado al W. del Mineral de Temascaltepec; y por último, al W., por una línea quebrada que partiendo del rancho del Tule se dirige hacia el N., pasando por Las Trancas, El Pinal y San

Nicolás, de donde quiebra hasta llegar al Mineral de Ixtapan del Oro. Este polígono irregular abarca una superficie aproximadamente de 600 kilómetros cuadrados. El clima de esta región puede considerarse templado; frío en las partes elevadas en donde la altura es poco menor que la del Valle de Toluca y templado y agradable en los valles y barrancas, pudiéndose considerar el clima de las barrancas más profundas como de tierra caliente. La precipitación atmosférica es muy abundante y la temporada de lluvias generalmente empieza durante el mes de junio, para terminar a principios de noviembre. Durante el resto del año llueve, aunque con menos frecuencia y con menor intensidad. La mayor parte de la región está cubierta de bosques en los que predominan, en los lugares elevados, el pino y encino y en los de menor altura los árboles de la tierra templada y caliente. En los valles, además de cosecharse en abundancia el maíz con relativa seguridad, debido a la escasez de heladas, también existen muchas variedades de árboles frutales, como naranjos, chirimoyos, limoneros, plátanos y cafetos.

No cuenta la región con buenas vías de comunicación, debido en parte a lo accidentado del terreno y en parte a que el exceso de lluvias los descomponen fácilmente. En la actualidad existe un camino carretero que une la ciudad de Toluca con Asunción y Valle de Bravo. Tiene un tramo que es el camino que construyeron los dueños de la hacienda de La Gavia, que une a la ciudad de Toluca con esta hacienda. De allí parte otro tramo que pasa por las haciendas de Altamirano, El Maguey y La Venta, para entrar a la zona estudiada en la hacienda de San Martín. De este lugar sigue hacia el SW. internándose en el monte, en donde se dividen a poca distancia dos ramales: uno que llega a Asunción y otro que sigue hasta Valle de Bravo. Estos dos caminos tienen muy fuertes pendientes y durante la temporada de lluvias se ponen en malísimo estado, al grado que sólo salvando innumerables obstáculos, pueden los automóviles hacer el tránsito. De Toluca a Asunción se emplean en recorrer este camino, en automóvil, 3 horas y media y a Valle de Bravo cinco horas.

Existe otro camino carretero que une a Valle de Bravo con el Valle de Tilosto, el cual, durante la temporada de aguas, se vuelve difícil de transitar, debido a los lodazales que se forman en su parte que atraviesa el Valle de Bravo.

Hay un camino de herradura que une a Valle de Bravo con el Mineral de Temascaltepec, el que se encuentra en regulares condiciones de conservación en la mayoría de sus tramos y puede decirse que no es demasiado accidentado. Existen también muchos caminos de herradura que unen a las principales poblaciones de la zona entre sí, y con las haciendas y rancherías más importantes. Estos son bastante transitados y se encuentran en buen estado de conservación. Por último, también cuenta esta zona con innumerables veredas que ligan los ranchos y parajes menos importantes con los caminos carreteros o de herradura antes mencionados.

FISIOGRAFIA

La región explorada está situada en el borde de la Mesa Central y en el límite W. de la altiplanicie formada por el Valle de Toluca. Ocupa el comienzo de la pendiente entre la Mesa Central y la costa del Pacífico. En su límite E. tiene una altura en promedio de unos 2,500 m. sobre el nivel del mar y desciende rápidamente hasta llegar a 1,300 m. en el rancho de San Nicolás, que está ubicado en su límite W. Debido a lo fuerte de la pendiente en esta zona, la erosión ha desarrollado una topografía bastante accidentada, pero dada la intensa precipitación atmosférica, se han modelado en los cerros con preferencia formas arredondadas.

En lo general, los lineamientos más importantes de la fisiografía de esta región están parcialmente subordinados a la estructura de las formaciones sedimentarias que influyeron originalmente en la dirección de los valles, pero en la actualidad la fisiografía viene a ser principalmente el resultado de la erosión producida en las enormes cantidades de lavas terciarias que vinieron a rellenar las depresiones y las cuencas que existían como resultado de la erosión de las rocas sedimentarias.

La mayor parte de la región está ocupada por serranías, siendo los valles que en ella existen relativamente pocos y de pequeñas dimensiones. En varias partes también se ven profundas barrancas, como la de Temascaltepec y Santo Tomás.

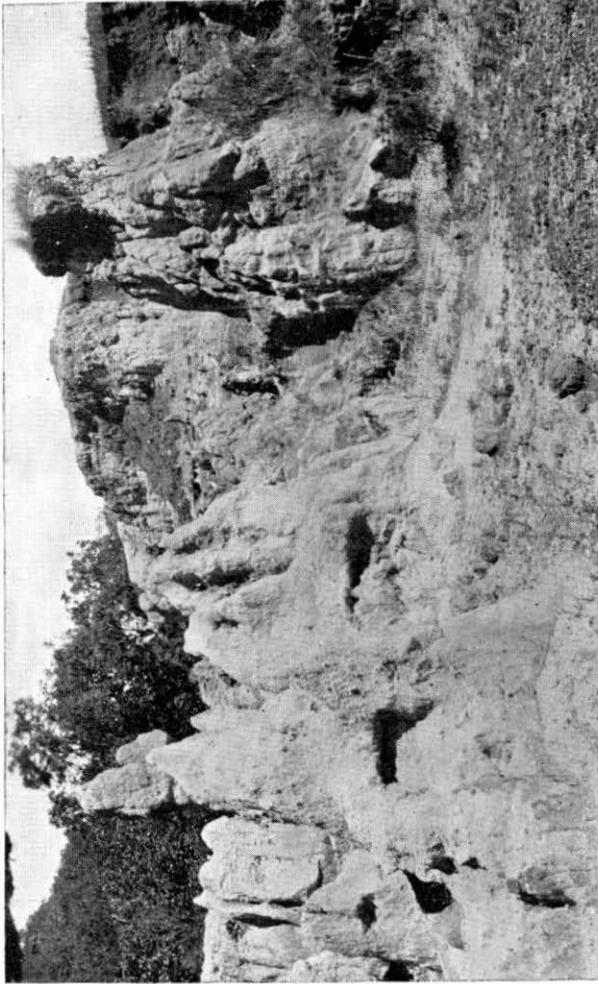
La región explorada se encuentra situada al W. del parteaguas que divide las vertientes de los ríos Lerma y Cutzamala. Al E. de esta línea divisoria se encuentra la vertiente del río

Lerma, mientras que al W. del parte-aguas se halla la vertiente que recoge las corrientes que vienen a formar el río de Cutzamala, afluente del Balsas. Ambas vertientes son tributarias del Océano Pacífico.

Dentro de la zona, el drenaje se efectúa totalmente por los afluentes del Cutzamala. En la porción norte corre hacia el S. el río de Ixtapan. Un poco al E. de este río fluye al SW. el de Asunción, que es afluente del río de Tilosto, el que a su vez, al recibir las aguas del Ixtapan en el pueblo de Santa Bárbara, viene a formar el río Cutzamala. En la fracción central corre hacia el W. el río de Amanalco de Becerra que en medio del Valle de Bravo se une con el del Salitre, el que ha venido corriendo con dirección NW. y ya juntos forman el río de Tilosto, que sale del Valle de Bravo en forma de torrente por una garganta angosta y ya en el valle de su nombre se une al río de Asunción, como se mencionó anteriormente.

Al S. de Valle de Bravo hay una serie de alturas conocidas como Sierra de Teneyac, entre las que figuran, como más prominentes, el Cerro Gordo, de la Escalerilla, de Jesús del Monte y de San Mateo, que vienen a limitar el parte-aguas de esta zona, dividiendo la vertiente de Valle de Bravo con los ríos ya descritos y la vertiente de Temascaltepec formada por los ríos siguientes: de la Comunidad, que naciendo entre la sierra de Temascaltepec y los montes de la Gavia, corre hacia el SW. hasta el Mineral de Temascaltepec, en donde se le unen los ríos Verde y Santiago y ya juntos forman el río de Temascaltepec que fluye hacia el SW. Este río, después de recibir las aguas del de Tejupilco, desemboca en el Cutzamala, en los límites del Estado de México con el de Michoacán.

Todos estos ríos son de gasto permanente y esto ha sido un factor muy favorable para el desarrollo de energía eléctrica en esta región. Todas las poblaciones* de mayor importancia cuentan con plantas hidro-eléctricas que suministran la energía necesaria para el alumbrado y la pequeña industria. Debido a lo accidentado del terreno y lo abundante de las lluvias, la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza tiene estudiado un proyecto para el aprovechamiento de las aguas de los ríos de Tilosto y sus afluentes para la construcción de una gran planta hidro-eléctrica.



Fot. número 1.—Figuras de alteración de las tobas.—Entre Temascaltepec y rancho de San Lucas del Pulque.

Existen también, entre otros, unos manantiales de aguas termales en el paraje conocido como La Fundición, situado a unos 4 kilómetros al NE. de la población de Valle de Bravo y otro en el Mineral de Ixtapan del Oro.

GEOLOGIA

Esta parte del Estado de México está cubierta por rocas ígneas y sedimentarias. Las primeras son las dominantes y están representadas por rocas ígneas jóvenes, entre las que pueden citarse como más importantes las andesitas y riolitas; rocas que se presentan a veces acompañadas de sus tobas y brechas respectivas. (Fot. núm. 1.) También como representantes de las formaciones de origen ígneo existen varios afloramientos de basaltos y una poderosa intrusión granítica que la erosión ha puesto al descubierto. La formación de origen sedimentario está constituida principalmente por pizarras arcillosas y calizas. Aparecen también, en lugares aislados, pequeños afloramientos de rocas metamórficas de contacto, derivadas de las rocas sedimentarias.

Al final se acompaña un croquis geológico de la región, para cuya formación se tomaron datos de un plano que la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza levantó de la parte norte de la zona, de un plano del Estado de México del señor L. G. Becerril y de las observaciones de campo hechas por los suscritos con brújula Brunton. Por la falta de un buen plano, no fué posible hacer un plano geológico limitando con exactitud las distintas rocas de esta zona.

La formación más antigua en ella, está compuesta por una poderosa serie de pizarras arcillosas, que varía en algunas localidades a margosas y en otras son un poco arenosas. Cuando no están alteradas, son por lo general de color negro, compactas, de grano fino y bastante consistentes; pero por intemperismo se alteran a colores ocre y gris y se vuelven suaves y fácilmente desmonorables. Alternan con las pizarras capas de calizas margosas cuyo espesor varía desde unos cuantos centímetros hasta varios metros. Estas rocas sedimentarias se encuentran muy plegadas y debido a los esfuerzos dinámicos que produjeron este plegamiento, en algunas partes están muy metamorfizadas. (Fotografía núm. 2.) El metamorfismo fué mucho más intenso en

las pizarras que en las calizas, debido a que siendo estas últimas más recientes, produjeron un movimiento diferencial que dió lugar en las pizarras a un plegamiento secundario de ondas chicas. Esto, en algunos lugares, ha producido en las pizarras un metamorfismo intenso transformándolas a esquistos. En donde el plegamiento no fué tan intenso, se encuentran las pizarras solamente lajeadas y conteniendo en los planos de estratificación y partición pequeñas cantidades de talco. En esta formación sedimentaria, hasta ahora no se han encontrado fósiles que permitan determinar su edad de una manera cierta.

En el Mineral de El Oro, del Estado de México, y cercano a esta región, estas pizarras las consideró W. Lindgren (1) como jurásicas y el señor ingeniero Teodoro Flores (2) como pre-cretácicas. Además, en las sierras de Temascaltepec y del Hospital, se han encontrado estas pizarras debajo de y en discordancia con ellas (3) las calizas del Cretácico Inferior.

Esta formación de pizarras intercaladas de calizas se encuentra cubriendo una superficie mayor en la parte norte de la región estudiada. El afloramiento de mayor extensión se observó desde Valle de Bravo hasta Asunción, en una franja como de cuatro kilómetros de ancho. Otra área importante de pizarras se extiende desde la hacienda de San Nicolás hasta el Mineral de Ixtapan del Oro. Afloramientos aislados se observaron: al SE. de Xoconusco, como a dos kilómetros y que se extiende hacia el sur como seis kilómetros; en el cerro al N. del rancho del Cerrillo, abarcando este afloramiento, por el W., hasta cerca del pueblo de Atexcapan y por el N. hasta el cerro Cualtenco; entre Santa Rosa y La Fundición en el borde E. del Valle de Bravo, afloramiento que está unido con las pizarras que constituyen la terraza en que está la población de Valle de Bravo y también con las que se encuentran en la base del cerro de la Peña; al S. de la zona, en la hacienda de La Albarrada, en el

(1) W. Lindgren, Mineral Deposits, 3d. ed. 1919, pág. 511.

(2) Teodoro Flores, Estudio Geológico-Minero de los Distritos de El Oro y Tlalpujahua, Instituto Geológico de México, Bol. 37.

(3) E. Ordóñez, La Industria Minera de México, pág. 174.



Fot. número 2.—Afloramiento de pizarras arcillosas plegadas y metamorfizadas cerca del rancho de Santa Rosa.

Mineral de Temascaltepec, cerca del rancho de Telpintla y en Tequexquipan.

Entre las rocas ígneas ya enumeradas que ocurren en esta zona, la primera en hacer su aparición, quizá muy a principios del Terciario, fué el granito. Está formado por grandes elementos con feldespatos de color blanco y crema que le imparten su color a la roca y con biotita como elemento ferromagnésiano. Por efectos del intemperismo y de la erosión se desintegra en capas delgadas concéntricas. Bien definido sólo se encontró en una localidad que está situada al NW. del Mineral de Temascaltepec, como a unos 6 kilómetros. Existe allí un poderoso afloramiento de este granito, que cubre una área aproximadamente de 10 kilómetros cuadrados, limitada por terrenos de la hacienda de La Albarrada al N. y E., de los ranchos de Los Timbres y El Tule al S. y por el rancho de Los Jaramillos y cerro del Peñón de Tenayac al W. Dentro de esta superficie está situada la mina de La Guitarra y el cerro del Castillo.

Esta gran intrusión granítica ya descubierta por la erosión, está completamente rodeada por andesitas que vinieron a apoyarse en ella en partes, y en otras a cubrirla. El granito se encuentra atravesado en muchos sitios por diques y vetillas de cuarzo, en planos paralelos a los dos sistemas de diaclasas; uno con rumbo N. 52° a 85° W. con echado de 73° al SW. y el otro con rumbo de N. 65° W., con echado de 73° al SE.

En el lugar denominado La Fundición existe otro afloramiento de una roca muy alterada, de textura granítica, que también pudiera ser granito; pero como en su masa no se le nota ningún grano de cuarzo, es probable que sea más bien una sienita.

Rocas riolíticas ocurren en esta región como corrientes de lava, en forma de diques, como tobas y principalmente como brechas volcánicas. Por lo general el color de estas rocas es rosado, variando desde el tono oscuro hasta el rosado muy pálido. En las riolitas intrusivas y aun en la corriente de lava, la textura es por lo general porfirítica.

Como diques, se observaron las riolitas en la zona granítica cercana al rancho de Albarrada. Cruzan al granito con rumbo N. 25° a 80° E. y con echado de 67° al NW.; son angostos, no excediendo su espesor de 15 cm. Ocurren asociados a estas rocas intrusivas diques aplíticos con espesor hasta de 25 cm. con rumbo

también al NE., que varía entre los 10° y 60°, pero con echado al SE. y un poco más verticales. La intrusión riolítica de mayor importancia se encuentra en el límite norte de la formación granítica, formando el cerro conocido como el Peñón de Teneyac, que afecta la forma de un pilón de azúcar. (Fot. núm. 3.)

Las riolitas, como lavas, sólo se encontraron formando una pequeña corriente en el cerro que está situado entre la hacienda de La Albarrada y el rancho de Tehuastepec. En cambio, las brechas y tobas riolíticas son mucho más abundantes y se observaron desde el rancho de Atexcapan, en la porción centro-occidental de la zona, hasta la hacienda de La Albarrada, situada al N. del Mineral de Temascaltepec. En Atexcapan se encuentra la formación a 1,820 m. (1) de altura sobre el nivel del mar y se extiende hacia el rancho de Peñas Altas, lugar situado cerca del Pinal, en donde alcanza una altura de 2,430 m., por lo que se ve que el espesor de esta brecha allí es de 610 m.

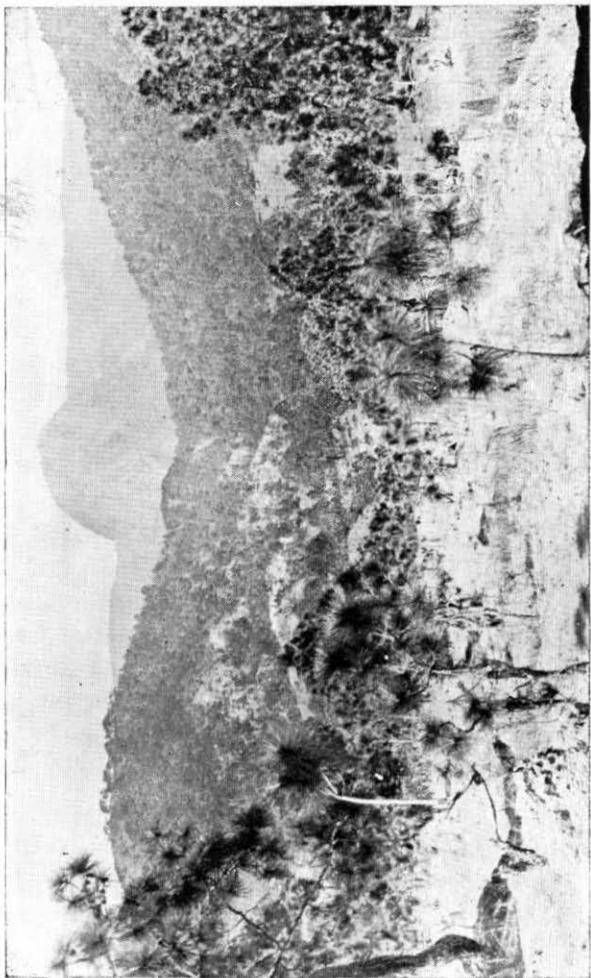
Cerca de Carboneras, como a dos kilómetros al NE., se encontró un pequeño afloramiento de una roca que fué clasificada al microscopio (2) por el señor Rodolfo Martínez Quintero como traquita.

Las rocas que cubren la mayor parte de la superficie de esta región, son andesitas. Estas ocurren principalmente como corrientes de lava. Hubo dos emisiones: las primeras se caracterizan por los cristales alargados de hornblenda y las segundas contienen piroxena, principalmente augita, y se han clasificado como andesitas basálticas.

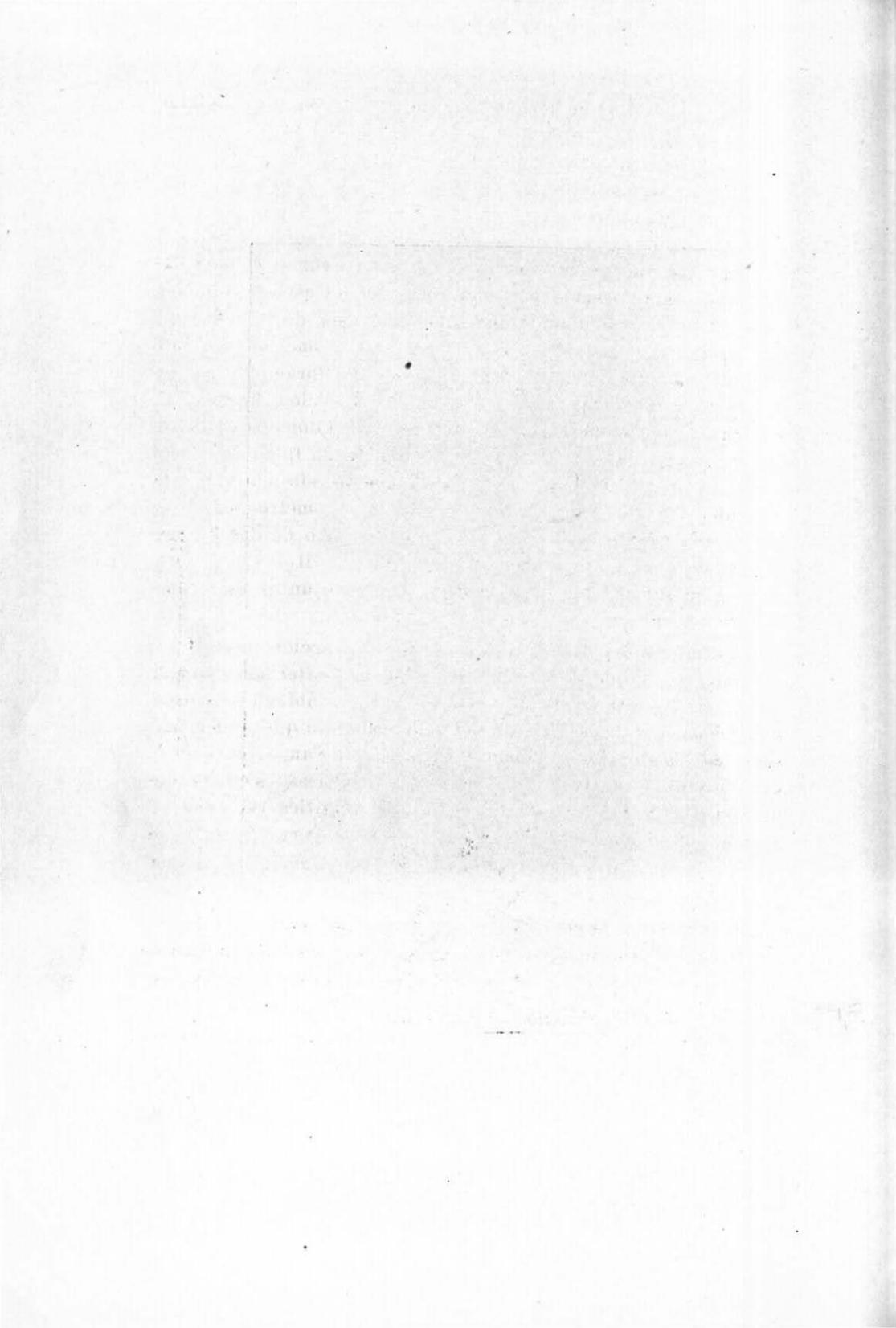
Las andesitas de hornblenda son de colores claros, gris y rosado, graduando en un mismo afloramiento de un color al otro. No son muy compactas, lo que permite que se usen como cantera de buena calidad para la construcción de edificios. Los fenocristales de hornblenda son siempre alargados y en algunas localidades son pequeños y poco numerosos, mientras que en otros son muy abundantes y tienen hasta 10 mm. de largo.

(1) Las alturas anotadas en este informe se tomaron con aneroide compensado.

(2) La mayor parte de las rocas fueron clasificadas en el campo, macroscópicamente, y sólo aquellas que no se pudieron identificar de este modo, fueron clasificadas al microscopio por el señor Martínez Quintero.



Fot. número 3.—Cerro del Peñón de Teneyac, tomado desde el rancho de Los Timbres,
Región de Temascaltepec.



Estas andesitas de hornblenda, que en esta parte del Estado de México se han considerado como del Mioceno (1), se encuentran ocupando superficies aisladas de corta extensión. Se observaron en los siguientes lugares: en el cerro al E. del campamento de la Compañía Mexicana de Luz y Fuerza en Tilosto, con un espesor como de 100 m., extendiéndose este afloramiento hacia el NE. cerca de diez kilómetros. El cerro de La Cruz al E. de Valle de Bravo, está formado por esta roca con un espesor también como de 100 m. y ocupando una superficie como de 4 kilómetros cuadrados. Entre el rancho de Santa Rosa y la hacienda de Santa María Pipioltepec se encontró un pequeño afloramiento de andesita de hornblenda. Desde el pueblo de Asunción, hacia el E. y el SE. y cubriendo una área como de 6 a 8 kilómetros cuadrados, se observó la andesita de hornblenda. En la falda del Cerro Gordo se vió aflorar esta roca y parece que de este material está formado todo el cerro. Al NW. y como a dos kilómetros del Mineral de Temascaltepec hay un afloramiento como de dos kilómetros cuadrados de una brecha volcánica, constituida con fragmentos de andesita de hornblenda y que tiene un espesor como de ochenta metros.

Las andesitas basálticas que hicieron erupción desde fines del Terciario y que se prolongaron hasta el Cuaternario, son de color gris oscuro, variando hasta el negro, cambiándose por intemperismo a rojizas. Una corriente de esta roca que se derramó sobre los basaltos entre Tilosto y el rancho de San Nicolás, es de color rosado. La textura de las andesitas basálticas, es en algunos lugares porfirítica, pero por lo general es afanítica y a veces vesicular. El elemento ferromagnesiano más importante en estas rocas, es la augita y gradualmente, al aumentar la proporción de anortita, pasan a basaltos.

Las andesitas basálticas son las rocas que ocupan la mayor parte de la superficie en esta región y son las predominantes en la parte E. y S. donde alcanzan los mayores espesores. Del lado norte y principalmente hacia el poniente, no llegan a cubrir las partes más elevadas del terreno y se ven, por lo general, como grandes corrientes en los flancos de los cerros.

(1) Ingeniero Teodoro Flores, Loc. Cit.

Las lavas basálticas que se observaron, son de color gris a negras y su textura varía de vesicular a afanítica, habiéndose clasificado las más vítreas como taquilas. Los basaltos se observaron asociados a las andesitas basálticas, pero se encuentran principalmente en los flancos de los cerros a niveles más bajos y rellenando algunos valles como en el rancho de San Nicolás, donde la corriente de taquilas que se observó en el cauce del río desde Tilosto, alcanza un espesor de 60 m.

Todas las rocas sedimentarias post-cretácicas en esta región son continentales y principalmente cuaternarias. Consisten de los productos de la alteración y erosión de las rocas que se han descrito anteriormente y en parte también de material cinerítico, aun no bien consolidado, que han arrojado las últimas emisiones volcánicas. Estas rocas sedimentarias continentales forman por lo general rellenos lacustres de gran espesor que se observaron, como en los alrededores de Asunción, formando grandes bancos de brecha compuesta de fragmentos de rocas ígneas rodeados de tierra arcillosa. En otros lugares, como en Valle de Bravo, en el valle de Tilosto, al sur de San Martín (en el límite NE. de la zona) y al E. de San Bartolo, los depósitos cuaternarios consisten de material fino arcilloso que relleno los lagos originados por las corrientes de lava más recientes, que taparon el curso de los ríos transformando parte de sus valles en lagos. (Fot. número 4.) Además, es frecuente encontrar al pie de los cerros conos de deyección que han formado algunos arroyos torrenciales al entrar su cauce a las partes más planas de la región.

Conocidas las rocas que afloran en esta región, se dan en seguida los datos principales que revelan los rasgos estructurales de la geología en esta parte del Estado y el orden de superposición de las rocas enumeradas anteriormente.

Las pizarras arcillosas pre-cretácicas tienen un rumbo de NW. a SE. y su echado dominante es al NE. Sólo en el Cerrillo, situado al W. del Valle de Bravo, se les vió con un echado francamente al SW. Debido a lo muy plegadas que se encuentran estas pizarras, es muy difícil determinar su echado; pero con los datos que se observaron, se infiere que probablemente las pizarras forman un anticlinal cuyo eje pasa por Valle de Bravo e Ixtapan del Oro. Solamente en los lugares más apartados de esta línea, tanto al E. como al W., fué posible determinar con mayor clari-



Fot. número 4.—Valle de Bravo.

dad tanto el rumbo como el echado de las pizarras, por estar en esos lugares menos plegadas.

El señor ingeniero Ordóñez (1), en otras partes del Estado de México cercanas a este lugar, ha observado restos de las calizas del Cretácico Inferior en discordancia con las pizarras subyacentes, por lo que se deduce que entre las calizas del Cretácico y las pizarras aquí descritas hubo un intervalo de erosión. Después de la regresión del mar, a fines del Cretácico y antes de la emisión de las rocas volcánicas que cubren actualmente en esta zona a las pizarras, hubo otro intervalo de erosión, largo e intenso, que removió las calizas del Cretácico en esta parte del Estado.

A principios del Terciario y ya iniciado el plegamiento y levantamiento de las rocas que afloran en esta región, ocurrieron las intrusiones de rocas ácidas, como los granitos de Albarrada y los diques de pórfidos riolíticos que se encontraron asociados a esos granitos. A la intrusión de estas rocas, siguieron después erupciones riolíticas, como las que se observaron en el rancho del Pinal y en el cerro del Peñón. Las vetas de cuarzo mineralizadas que con tanta frecuencia se encuentran cortando a las pizarras, son probablemente contemporáneas de la erupción de las riolitas. Spurr (2), al estudiar el Mineral de El Oro, ha considerado a esas vetas de cuarzo mineralizado, como anteriores a las andesitas de hornblenda, y el ingeniero Teodoro Flores (2) consideró a estos criaderos también anteriores a las andesitas de hornblenda y posteriores a una andesita porfirítica, muy alterada, que no se vió aflorar en la superficie.

Después de un corto período de erosión, se inició otro de gran actividad volcánica en dos épocas. La primera, en la que hicieron erupción las andesitas de hornblenda, probablemente a mediados del Terciario, seguido de un corto tiempo de quietud volcánica, durante el cual fueron erosionadas estas andesitas formando valles de alguna importancia. La segunda época de actividad volcánica corresponde a las andesitas basálticas de piroxena que en el Valle de México y en el de Toluca se han considerado como del Plioceno, aunque las últimas emisiones de estas rocas han de haber ocurrido ya en el Cuaternario. Al final, las

(1) Ezequiel Ordóñez, Loc. Cit.

(2) J. A. Spurr, *The Ore Magmas*, pág. 366.

(3) Teodoro Flores, Loc. Cit., pág. 40.

emisiones andesíticas basálticas fueron más básicas y sin haber mediado una interrupción en este período eruptivo, las siguió la erupción de los basaltos. Las andesitas basálticas hicieron erupción por grietas, mientras que los basaltos se derramaron por focos volcánicos. Las enormes cantidades de lava que resultaron de este período volcánico, que se prolongó desde mediados del Terciario hasta los tiempos recientes, motivó un gran cambio en la topografía del terreno, rellenando los valles y elevando la superficie del terreno.

En la época reciente, los focos volcánicos que estuvieron en actividad hasta el Cuaternario, se han extinguido y durante el período de quietud que ha seguido al eruptivo, la erosión ha modelado el terreno hasta darle la forma fisiográfica actual, produciendo al mismo tiempo los rellenos lacustres y los depósitos fluviales cuaternarios.

ASBESTO

En la parte norte de la región comprendida en este estudio, hay un afloramiento de pizarras metamórficas que contienen asbesto anfibólico. En línea recta, este criadero está a 5 kilómetros al SW. de la población de Asunción y como a 5 kilómetros al NE. de la casa principal del rancho de Tilosto. Las pequeñas excavaciones de donde se ha sacado algo de asbesto, están en el borde E. de la barranca del río Asunción. Con relación a la casa del rancho del Aguacate, este criadero está como a un kilómetro hacia el W. Para ir al lugar en automóvil, se puede usar el camino que une al campamento de la Compañía de Luz y Fuerza en el valle de Tilosto con la población de Asunción, cruzando el río a pie al llegar enfrente del rancho del Aguacate. Para ir a caballo, se va por la vereda que une al rancho de Tilosto con Asunción, desviándose hacia el W. con dirección a la orilla de la barranca cuando se llega cerca del rancho del Aguacate. El lugar está marcado con unas mohoneras que se han construido para unos denuncios de asbesto.

La pizarra metamórfica donde ocurre el asbesto está a 2,050 metros sobre el nivel del mar y ocupa una elevación de forma arredondada, que divide la barranca del río Asunción de la quebrada que forma el pequeño arroyo del Aguacate, situado al E.

del lugar. Tanto el río Asunción, cuyo cauce está a 1,910 m., como el arroyo del Aguacate, que está a 2,020 m., corren hacia el S. El terreno se levanta gradualmente hacia el N. hasta alcanzar una altura de 2,300 m.

La formación geológica en esta parte de la región está constituida por pizarras metamórficas, andesitas basálticas y tobas volcánicas recientes. Desde la población de Asunción hasta el rancho de San Gaspar, situado en el Valle de Bravo, afloran las pizarras arcillosas metamórficas, que se encuentran intercaladas por capas de calizas sin fósiles. Esta franja de pizarras se extiende hacia el E. unos 3 kilómetros; y más hacia el E. afloran solamente las andesitas basálticas. Hacia el NW. este afloramiento de pizarras se extiende hasta la hacienda de San Bartolo. Por el W. y al otro lado de la barranca del río Asunción, se ven aflorar bancos de tobas y brechas volcánicas de color rosa, que fueron emitidas después de los basaltos. Por último, hacia el SW. y como a medio kilómetro de donde están los prospectos de asbesto, aflora la andesita basáltica que se extiende hasta el rancho de Tilosto. En esta zona no hay rocas intrusivas y solamente acompañan a las pizarras metamórficas, las yetillas de cuarzo que se han descrito en otra parte de este informe.

El asbesto ocurre exclusivamente en las pizarras metamórficas, y se observó que en las partes donde se encuentra, no acompañan a las pizarras capas de caliza, pues solamente hasta cerca del arroyo del Aguacate se encuentra intercalada en las pizarras una capa de caliza.

El metamorfismo en este lugar ha transformado a la pizarra en un esquisto y los mismos esfuerzos dinámicos que plegaron a la roca y que produjeron este metamorfismo, la dividieron en capas muy delgadas. Su color es azul verdoso, tendiendo al gris. Al tacto es untuosa por el talco que se ha formado en los planos de partición. Tiene un rumbo de N. 60° W. y en el lugar donde están los tajos se ve vertical, aunque no se le nota echado bien definido por estar la pizarra muy plegada; pero como a 200 m. hacia el E. donde está un arroyito, se le nota un echado de 30° al NE. El afloramiento de esta pizarra metamórfica, en la que ocurre el asbesto, ocupa una extensión de 300 m. de largo en la dirección del rumbo de la pizarra, por 100 m. de ancho.

El asbesto ocurre en cuerpos irregulares intercalados entre

las capas de la pizarra metamórfica y las dimensiones de estos depósitos son muy variables: desde unos cuantos centímetros hasta bolsones de cerca de un metro de largo. Entre sí, los cuerpos de asbesto no guardan ninguna relación con referencia al rumbo o echado que pudiera corresponder a una veta, sino que se encuentran distribuidos indistintamente y a distancias muy variables en toda la pizarra. En los cuerpos chicos, la fibra del asbesto está a lo largo del criadero, es decir, en dirección del plano de resbalamiento de las capas de la pizarra metamórfica que es el mismo que el rumbo de la roca. El contacto entre los respaldos y el asbesto no está bien marcado, sino que, por el contrario, se ve con claridad que existe una transición entre la pizarra y el mineral.

Con anterioridad a la fecha de esta excursión, el señor Manuel Henkel remitió al Instituto Geológico una muestra de este asbesto para su estudio. El análisis químico lo hizo el profesor Carlos Castro; y el ingeniero Tomás Barrera, al estudiar las propiedades físicas de esta muestra, clasificó el asbesto como una variedad de anfibola que se asemeja mucho a la tremolita. El análisis químico dió el siguiente resultado:

Humedad (agua a 110°).....	4.01%
Agua al rojo.	5.61 „
SiO ₂	51.02 „
FeO.	4.07 „
Fe ₂ O ₃	4.36 „
Al ₂ O ₃	8.07 „
CaO.	6.64 „
MgO.	16.23 „
	<hr/>
Suma.....	100.01%
	<hr/>

E. S. Dana, en su texto de mineralogía, da para la tremolita el siguiente análisis teórico: sílice 57.7%, magnesia 28.9% y cal 13.4%. Desde luego se ve que el asbesto del rancho del Aguacate difiere de la fórmula de la tremolita en su contenido de agua al rojo, de óxidos de fierro y alúmina. Siendo la literatura sobre tremolita muy escasa, no se pudo comparar el análisis de este asbesto con otros que se encontraran en igualdad de condiciones. Sin embargo, al compararse con los análisis de tremolita de Natal, en la Unión de Sur Africa, de Escocia, Gran Bretaña y de

Roanoke, Va., E. U. A. (1), se vió que éstas contienen los mismos elementos, aunque todas difieren bastante de este asbesto del Estado de México, en que el de aquí contiene más agua de combinación, fierro y aluminio y menos sílice, magnesia y cal. Por lo tanto, puesto que el asbesto de esta localidad, a la variedad que más se asemeja, es a la tremolita, se considera atinada la clasificación hecha por el ingeniero Barrera, aunque estudios más detallados posteriores pudieran descubrir que este asbesto amerite clasificarse como una variedad distinta a las conocidas.

Tomando en consideración que en esta parte de la región, como se dijo anteriormente, no se vieron aflorar rocas intrusivas, y tomando en cuenta, además, la forma en que ocurren los cuerpos de asbesto, como también que la fibra se encuentra a lo largo y paralela al rumbo de las capas de pizarra metamórfica (y que por este motivo corresponde a la que se denomina como fibra de resbalamiento), se deduce que el origen de este criadero se debe únicamente al metamorfismo dinámico producido en las pizarras por el plegamiento intenso a que estuvieron sujetas. Por lo tanto, este asbesto se formó a gran profundidad, bajo gran presión y a alta temperatura. Del examen de los ejemplares de asbesto y de la roca encajonante, se observa que hay una graduación de la roca al asbesto. El análisis de la roca en la zona mineralizada dió el siguiente resultado:

Humedad.	0.76%
Agua al rojo.	6.56 „
SiO ₂	42.71 „
FeO.	5.28 „
Fe ₂ O ₃	3.38 „
Al ₂ O ₃	27.82 „
TiO ₂	0.32 „
CaO.	5.65 „
MgO.	6.83 „
K ₂ O.	0.20 „
Na ₂ O.	0.60 „
Suma.....	100.11%

(1) A. L. Hall, Asbestos in the Union of South Africa. Mem. No. 12, Dept. of Mines and Industries, Geological Surv. of the Union of South Africa, pág. 23, 1918. Foster M. Heddle, Chapters on the Mineralogy of Scotland. Min. Magazine and Journal of the Min. Soc., vol. III, 1880, pág. 128.

Comparando el análisis del asbesto que remitió el señor Henkel con el análisis de esta pizarra metamórfica, se observa que la roca de la que se derivó el asbesto contiene todos los elementos componentes del mineral y difiere principalmente en que la roca tiene un poco más del 10% de aumento en alúmina y por otra parte tiene 10% menos de magnesia.

La tremolita de otras localidades no ha sido objeto de estudios tan detallados como los que se han hecho del crisotilo y de la crocidolita. Esto se debe probablemente a que los criaderos de tremolita no han tenido la importancia comercial de estas otras dos variedades de asbesto. Sin embargo, por lo general se ha considerado a la tremolita como fibra que se ha producido por el movimiento diferencial entre dos rocas (1) y por la influencia de agentes de metamorfismo que han afectado extensamente a la roca encajonante (2).

Hasta la fecha, el criadero de asbesto del rancho del Aguacate no se ha explotado formalmente. Las pequeñas excavaciones a tajo abierto que se han hecho para sacar algo de asbesto, se pueden considerar tan sólo como trabajos previos de exploración. Las excavaciones se han hecho con pico, pagando a los peones a razón de 22 centavos el kilo de asbesto escogido a mano, que obtengan de la roca que sacan. Si este mineral tiene aplicación en la industria, se puede extraer con un costo mucho menor usando una excavadora mecánica a tajo abierto.

Del estudio que hizo el ingeniero Barrera de la muestra de asbesto que remitió el señor Henkel, se obtuvieron los siguientes datos:

Solubilidad en los ácidos

	A	B	C	D	E	F
HCl.	1.20	17.9%	18.4%	17.1%	13.8%	14.2%
HNO ₃	1.42	14.2%	17.6%	16.0%	14.0%	12.0%
H ₂ SO ₄	1.84	23.0%	21.8%	19.6%	17.0%	17.0%

A, representa la densidad del ácido; B, la cantidad disuelta en ácido concentrado; C, cantidad disuelta en ácido 10 veces nor-

(1) A. L. Hall, Op. cit., pág. 109.

(2) Samson Edward, Asbestor in 1920. Min. Ressources of the U. S. Geol. Surv., págs. 309-322.

mal; D, la cantidad disuelta en ácido 5 veces normal; E, cantidad disuelta en ácido 2 veces normal; y F, cantidad disuelta en solución normal.

Fusibilidad:

No fundió a la temperatura de 1200° C.

Otras propiedades,

Densidad.	2.93.
Longitud de la fibra.	4 ½ cm.
Resistencia en tensión.	Buena.
Flexibilidad.	"
Calidad.	Algo fina.
Susceptibilidad de hilarse.	Regular.

El material, lavado con ácido clorhídrico cinco veces normal, no sufrió ninguna descomposición y tiene un aspecto muy semejante al de otras muestras comerciales de origen alemán con las que se le comparó.

Como conclusión, manifiesta el señor ingeniero Barrera que una vez lavado en ácido, según se indicó anteriormente, presenta buenas condiciones para ser usado en la industria, especialmente si se aplica a la manufactura de objetos que necesiten ser de alta resistencia al calor y a los ácidos.

Hopkins (1), al comparar las propiedades físicas de las distintas variedades de asbesto, con referencia a su aplicación a la industria, establece que con relación a la finura, longitud y flexibilidad de la fibra, el crisotilo y la crocidolita son superiores a la tremolita; para resistir el ácido, la tremolita es mejor que el crisotilo y la crocidolita; para el fuego, el crisotilo y la tremolita son superiores a la crocidolita. Por lo tanto, aunque el crisotilo es la variedad de asbesto más preferida, en algunos casos es mejor la tremolita y para ciertos usos tiene las mismas ventajas que el crisotilo y la crocidolita.

En el mercado por lo general se entiende por asbesto al crisotilo. A la tremolita, en la actualidad, no se le da importancia comercial, no obstante que fue el primer mineral que se usó como asbesto y que es al que realmente corresponde ese nombre. Sin

(1) Oliver B. Hopkins, Asbestos Deposits of Georgia, Geol. Surv. of Georgia, Bull. 29, pág. 95.

embargo, considerando que la estructura asbestiforme depende en gran parte de las condiciones físicas que motivaron su formación, el sólo hecho de que el asbesto sea de la variedad tremolita no lo debe condenar como inservible, antes de intentarse su empleo: y más injustificado resultaría condenar el asbesto del rancho del Aguacate, si se toma en cuenta el resultado del estudio que hizo el ingeniero Barrera con la muestra de esa localidad.

La industria de automóviles es la que consume más asbesto, usándolo en la fabricación de frenos y debrayadores, necesitando para este objeto la mejor clase de abesto. Fibra de buen tamaño y de buena resistencia se usa también para hacer telas incombustibles, como para cortinas contra incendio, guantes, etc. Fibra que no puede hilarse se emplea para hacer tejas, tableta para muros, cubierta para tuberías, papeles y cartones, accesorios de teléfonos, cementos para cubrir calderas y, mezclado con asfalto, para cubrir techos. Cemento de asbesto se usa extensamente como aislante de calor en tuberías de agua y de vapor, en plantas de refrigeración y para forros de cajas de seguridad, de estufas y hornos. En el laboratorio, el asbesto se usa como filtro para ácido, para taponés en tubos de combustión, para soportes y protectores incombustibles y para hacer mechas que, saturadas con distintas sales minerales, produzcan flamas de diversos colores. El asbesto tiene además innumerables usos en muchas industrias.

Los Estados Unidos del Norte es el país que más asbesto consume, pero dentro de su territorio se produce una parte muy pequeña de lo que requiere para su industria. La mayor parte la importa del Canadá, pero también importa cantidades considerables de Sud-Africa, que han aumentado considerablemente en los últimos años.

La mejor clase de asbesto (crisotilo) escardado a mano, tuvo un precio, en 1927, de 650 dólares por tonelada. El Bureau of Mines de la Provincia de Quebec, dió, para 1927, los siguientes precios:

Crudo número 1.	\$ 423.65
Crudo número 2.	249.59
Crudo como sale de la mina.....	226.73
Fibra susceptible de hilarse.....	129.32

Fibra para tejas	\$ 64.80
Fibra para hacer papel y cartón.....	37.82
Fibra corta para rellenos, etc.....	14.73

El promedio de precio a que se vendió el total del asbesto producido fué de 38.65 dólares, de lo que se desprende que la mayor cantidad que se emplea es el de muy baja calidad.

El asbesto producido en Sud-Africa se vendió a un promedio de 116.59 dólares por tonelada (principalmente crocidolita). Esta gran diferencia de precio con el promedio a que se vendió el del Canadá, se debe a que de Sud-Africa no se puede mandar el asbesto de mala clase por lo costoso de los fletes hasta los Estados Unidos.

En el Instituto Geológico hay ejemplares de asbesto de la localidad, objeto de este estudio, los que están a la vista de las personas que tengan interés en la industria del asbesto.

Debido a lo irregular de la forma en que ocurre el asbesto en esta localidad, no es posible formarse un buen juicio de la verdadera importancia económica que pudiera tener este criadero, basándose únicamente en las observaciones superficiales que se hicieron en el terreno. Pero de la explotación llevada a cabo hasta la fecha, de los datos geológicos y propiedades físicas y análisis del asbesto, se desprende que sí está justificado explorar sistemáticamente la zona de pizarra azul metamórfica en esta localidad, para determinar: si a mayor profundidad se encuentra el asbesto con la misma abundancia que se ha encontrado en la superficie; si a mayor profundidad mejora en pureza por estar más retirado de los agentes de alteración atmosféricos, y también para determinar si toda la zona de pizarra azul metamórfica contiene asbesto.

México, D. F., a 28 de febrero de 1930.

BOLETIN

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

ESTADO DE QUERETARO

BOLETIN

BOLETIN GEOLOGICO

DE LA

COMPRENSION ENTRE EL PUEBLO DE
QUERETARO (DONATO GUERRA) Y EL MINERAL DE
MASCALTEPEC, E. DE MEXICO.

—

POR LOS INGENIEROS

GARCIA LOZANO Y JESUS J. FALOMIR.

1828

ESCALA 1:100000

ESTADOS UNIDOS MEXICANOS

ESTADO DE QUERETARO

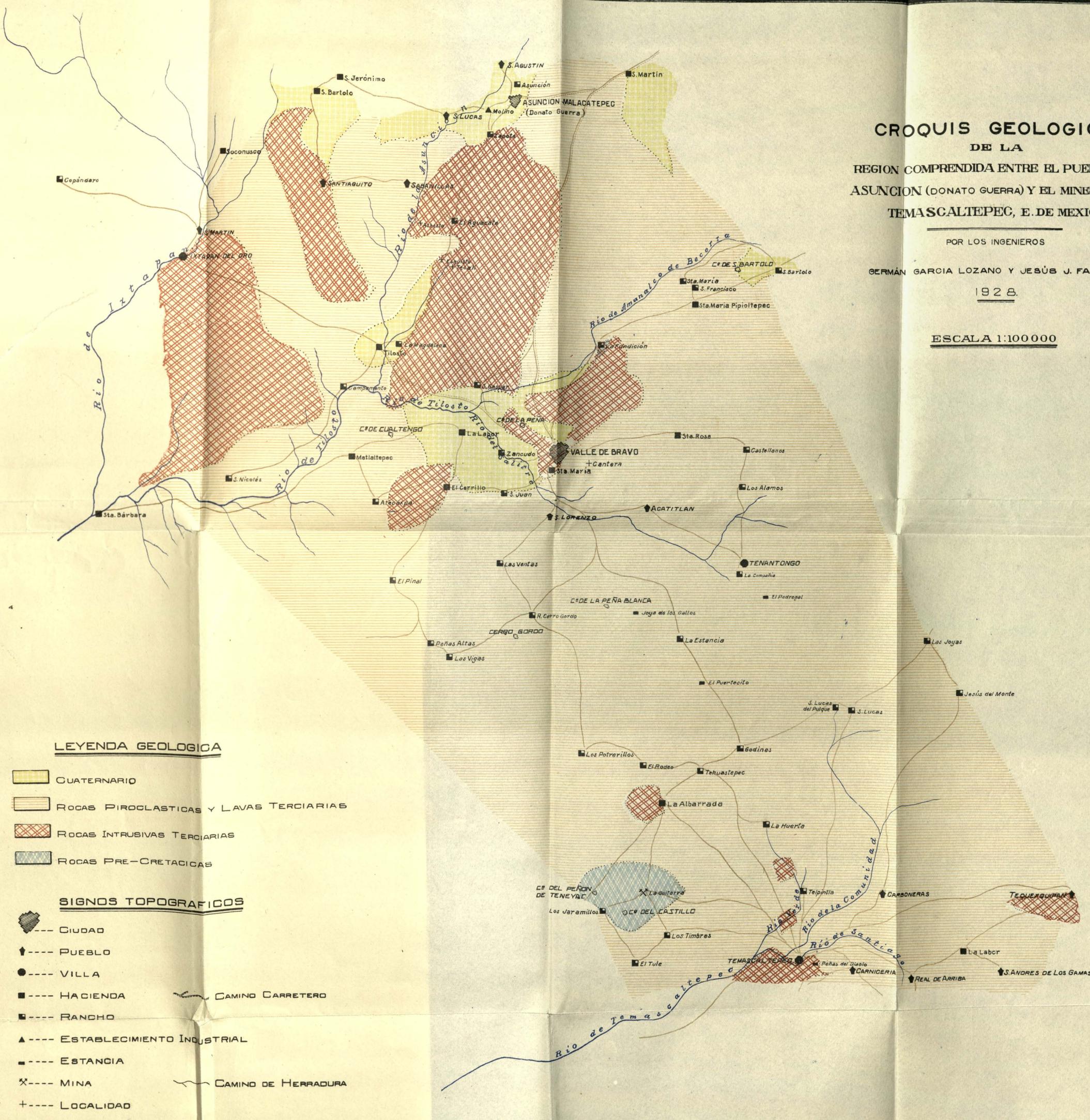
CROQUIS GEOLOGICO
DE LA
REGION COMPREDIDA ENTRE EL PUEBLO DE
ASUNCION (DONATO GUERRA) Y EL MINERAL DE
TEMASCALTEPEC, E. DE MEXICO.

POR LOS INGENIEROS

GERMÁN GARCIA LOZANO Y JESÚS J. FALOMIR.

1928.

ESCALA 1:100 000



LEYENDA GEOLOGICA

- CUATERNARIO
- ROCAS PIROCLASTICAS Y LAVAS TERCIARIAS
- ROCAS INTRUSIVAS TERCIARIAS
- ROCAS PRE-CRETACICAS

SIGNOS TOPOGRAFICOS

- CIUDAD
 - PUEBLO
 - VILLA
 - HACIENDA
 - RANCHO
 - ESTABLECIMIENTO INDUSTRIAL
 - ESTANCIA
 - MINA
 - LOCALIDAD
 - CERRO
- CAMINO CARRETERO
- CAMINO DE HERRADURA