

Asbestos de México

García Calderón, Jorge*

GENERALIDADES

Qué son los asbestos?

La palabra asbestos es un amplio término que ha sido aceptado y aplicado a un número de silicatos minerales fibrosos que se encuentran en la naturaleza. Son incombustibles y resisten la acción de los ácidos; pueden ser separados por medios mecánicos en fibras de varias longitudes y espesores. Difieren en su composición química y en otras propiedades físicas.

Diferentes variedades.

a).— La forma de fibras finas, de serpentina, son silicatos hidratados por magnesio y tiene la misma composición química que la serpentina: se denomina Crisotilo. Este, aparece en venitas de fibras transversales. En secciones delgadas, es incoloro. El crisotilo aparece en venitas de serpentina. $H_4Mg_3Si_2O_9$.

b).— Del grupo de las anfíbolas: Amosita (no es completamente reconocida como una especie mineral, pero su nombre es aceptado en la terminología de los asbestos), Antofilita, Crocidolita, Tremolita y Actinolita. Silicatos de Ca, Mg, Fe, Na y Al. Estos asbestos tienen índices de refracción más altos que el crisotilo.

CRISOTILO:

Estructuras: en vetas de serpentina.

Estado natural: en periodita alterada, adyacente a la serpentina y calizas, en contacto cercano con rocas ígneas básicas.

Origen: alteración y metamorfismo de rocas ígneas básicas y ricas en silicato de magnesio.

Vetas: fibras cruzadas y deslizadas.

Composieión: silicatos hidratados de magnesio.

Fórmula teórica: $3MgO \cdot 2SiO_2 \cdot 2H_2O$.

Estructura cristalina: fibrosa y asbestiforme.

Cristalización: Monoclínico.

Color: blanco, gris, verde y amarillento.

Lustre: sedoso.

Dureza: 2.5 - 4

Peso específico: 2.4 - 2.6

Dirección de la rotura: 110 perfecto.

Propiedades ópticas: biaxial positiva, extinción paralela.

Índice de refracción: 1.50 - 1.55 ±

Punto de fusión: funde a 2770°F (1521°C)

Flexibilidad: muy flexible.

Longitud: desde cortas hasta largas.

Textura: puede ser áspera y sedosa.

Resistencia a la tensión: muy buena.

Resistencia a la acción de los ácidos: medianamente resistente.

Grado de hilatura: óptimo.

Identificación:

Los análisis químicos no dan suficiente información para la identificación de las fibras de asbes-

* Instituto de Geología, UNAM.

tos, por lo que es necesario recurrir a otras propiedades para poder hacerlo. Tales pruebas son: análisis térmico diferencial, área de superficie, es decir

área de la sección transversal, conductibilidad, solubilidad, análisis espectrográfico, medición de su intensidad magnética, flexibilidad, esfuerzo a la tensión, basicidad de las fibras y reactividad de las fibras con otros electrolitos.

Como se presentan.

El asbesto crisotilo se encuentra en serpentinas que se han producido por alteración, a partir de: a) Rocas ígneas ultrabásicas, como peridotita o dunita. b) Calizas magnésicas o dolomía.

En los casos de yacimientos en rocas ultrabásicas, la fibra se halla en venillas lenticulares incluidas en serpentinas y tiene tres formas de presentarse: 1.— Fibra cruzada, con las fibras siguiendo la dirección de las paredes laterales, su longitud es la anchura de la venilla, o inferior a la misma si contiene bifurcaciones. 2.— Fibra deslizada, paralela u oblicua a las paredes, larga, pero de baja calidad. 3.— Fibra de masa, compuesta por una serie de fibras entrelazadas sin orientación determinada. Las tres formas de presentación pueden encontrarse en un mismo yacimiento. El crisotilo puede ser hasta el 20% de la roca.

Además de los grandes depósitos de los asbestos crisotilo encontrados en peridotitas serpentinizadas, existen también tonelajes relativamente pequeños provenientes de calizas dolomíticas serpentinizadas. Tales fibras son a menudo de alta calidad y están libres de magnetita, la cual se encuentra asociada en diferentes grados en los depósitos cuando la roca encajonante fue de origen ígneo. Asbesto crisotilo de este tipo, ha sido explotado en el Distrito de Carolina en el Transvaal y en el río Salado y en la Sierra Ancha, regiones de Arizona, U.S.A., donde ha sido encontrado en bandas angostas asociadas con sills de diabasa.

La mayor parte de la producción de crisotilo proviene de tres áreas principales: de la parte oriental de la ciudad de Quebec, Canadá; de los Urales de la URSS y de la parte sur de Rodesia y del Sur de Africa. Los de Quebec son de una edad correspondiente al Paleozoico medio. Los de los Urales del Paleozoico tardío y los de Africa son Pre-Cámbricos.

La crocidolita y la amosita se encuentran en ciertas formaciones sedimentarias ferruginosas metamorfoseadas, conocidas como formaciones bandedas de piedra ferruginosa, las cuales pueden ser

clasificadas como cuarcita ferruginosa o más exactamente como una argilita silicificada rica en Fe. Estas variedades se presentan en Sud Africa.

Los asbestos crisotilo proporcionan casi el 90% de la producción mundial y las otras variedades el resto.

Origen

El asbesto crisotilo está confinado completamente a la serpentina, es la variedad fibrosa de la serpentina.

La serpentización es un proceso autometamórfico y en rocas ultrabásicas como la dunita, se ha efectuado a lo largo de fracturas. En los yacimientos de Quebec, Canadá, se observa una relación constante entre la anchura de las fajas de serpentina con el crisotilo de 6-1-6. (Dresser, 1944). No se forma serpentina salvo donde existe la serpentización, pero puede haber serpentina sin crisotilo. Algunos investigadores han identificado dos fases de serpentización, en la primera se convierte en serpentina del 40 al 60% de la masa rocosa y una segunda fase durante la cual, las porciones de roca alterada parcialmente a lo largo de fracturas, se alteran por completo convirtiéndose en serpentina. Esta alteración se realizó probablemente a consecuencia de soluciones residuales calientes surgidas del interior de la intrusión. En la alteración, el silicato de magnesio (olivino) se convirtió en el silicato de Mg hidratado, con solo la adición de agua.

El problema consiste en saber como se formó el crisotilo teniendo la misma composición que la serpentina y como se emplazó.

Hay varias teorías:

1.— Las venillas son rellenos de fisura: a) En aberturas de expansión de hidratación a partir de soluciones de serpentina de transporte a corta distancia. b) En fracturas producidas por tensiones dinámicas, mediante soluciones hidrotermales de origen remoto.

2.— Substitución y recristalización de las paredes de serpentina hacia el exterior, desde fisuras apretadas.

3.— Serpentina extraída de roca y depositada en forma de asbesto en fracturas de poca separación, cuyas paredes son apretadas por la fuerza de los cristales recientes.

Con base en una serie de investigaciones, se ha llegado a la conclusión de que, respecto a los depó-

sitos de Quebec, la substitución es insostenible y el relleno de fisuras ordinario es imposible, por lo cual, se ha expuesto la hipótesis de que la fibra comenzó a cristalizar en fracturas apretadas cuyas paredes fueron separadas por el crecimiento de las fibras, ayudado por la tensión creada por los movimientos de deformación.

En lo referente a los asbestos asociados con calizas, la explicación más generalizada es que ciertas capas de esta roca fueron convertidas en serpentina por soluciones circulantes, y que algún cambio ligero en el carácter de las soluciones hizo que la serpentina experimentara una reorganización molecular pasando a la forma fibrosa.

Especificaciones comerciales de crisotilo:

De acuerdo con las especificaciones usuales en Canadá y en los Estados Unidos, las variedades y tamaños del asbesto crisotilo están divididos en 9 grupos y éstos en grados, según se muestra en el esquema o cuadro número I.

ESQUEMA I:

Clasificación canadiense de asbesto crisotilo.

Crudos	Principales usos y productos
Crudo No. 1 "fibra corta" de 1.8 cm.	hilados, textiles, ropa, cortinas para teatro.
Crudo No. 2 "fibra corta" entre 0.9 y 1.8 cm.	hilados, textiles, ropa, etc.

Grupo 3 fibras para tejido

Grado O n z a s

3 F 2-4-10	residuo textiles, ropa, empaque, balatas, embragues de autos, bloques de magnesia para cubiertas aislantes, etc.
3 K 7-7-1.5-1	
3 R 2-8-4-2	
3 T 1-9-4-2	
3 Z 0-8-6-2	

Grupo 4 fibras para lámina

4 H 0-5-8-3	láminas de asbesto, láminas y tubería de asbesto-cemento, chaquetas de aislamiento, empaques, papel, cemento plástico a prueba de incendio, etc.
4 K 0-4-9-3	
4 R 0-4-8-4	
4 T 0-2-10-4	
4 Z 0-6.5-9.5-5	

Grupo 5 fibras para papel

5 D 0-0.5-10.5-5	láminas plana o corrugadas, tableros eléctricos, papel y cartón para cubiertas aislantes, juntas para balatas de frenos, asbesto-asfalto para techados, etc.
5 K 0-0-12-4	
5 M 0-0-11-5	
5 R 0-0-10-6	

Grupo 6 desperdicio o revoque

6 D 0-0-7-2	láminas de asbesto-cemento plano o corrugado, marcos, balatas para frenos, papel cartón, rellenos de plástico, etc.
-------------	---

Grupo 7 rechazados o cortos

7 D 0-0-5-11	asbesto-amianto para aislante de calderas, asbesto-asfalto para techados, pinturas, varillas de soldadura, tejas de asbesto-asfalto, rellenos de plástico, etc.
7 F 0-0-4-12	
7 H 0-0-3-13	
7 K 0-0-2-14	
7 M 0-0-1-15	
7 R 0-0-0-16	
7 T 0-0-0-16	
"flotas 7RF	
OTF 0-0-0-16	

Grupo 8 arena

8 S abajo de 1.21 kg/litro	rellenos que requieren elevada densidad, enrejada.
----------------------------	--

Grupo 9

9 T más de 1.21 kg/litro	rellenos de elevada densidad, grava para techados.
--------------------------	--

Requisitos del asbesto en la industria:

Es fácil suponer que las características del asbesto varíen según sea el uso a que se destinen. A continuación se mencionarán los más importantes:

a) Productos de asbesto-cemento.

Constituyen la principal demanda del mineral, es una industria ampliamente distribuida. Se usan fibras de 1/2 pulgada (1.27 cm) de longitud o menos, que actúa como enlazadores o ligas con el cemento y constituyen un 12 a 20% de los artículos ya terminados, tales como: láminas para techos, tuberías, etc.

b) Papel y cartón.

Estos importantes productos aislantes contie-

nen un 80% de asbesto, mezclado con silicato de sodio o almidón.

Las fibras empleadas son generalmente más cortas que las usadas en los productos de asbesto-cemento.

El cartón de asbesto se usa mucho para empaques.

c) Aislamientos de asbesto y magnesia.

Contiene cerca de 15% de asbesto en fibras cortas y un 85% de carbonato de magnesio; esta mezcla tiene un elevado poder aislante de calor.

Se usa crisotilo, amosita o asbesto azul, del tipo 0-6-6-4 a 5-8-3. El carbonato de magnesio utilizado puede ser dolomita, magnesita, etc.

d) Filtros de asbesto.

Las fibras para este propósito son usualmente de 1/2 a 1/4 de pulgada (12.7 mm a 6.35 mm) de longitud.

Se elimina el polvo y las impurezas de las fibras:

Los asbestos del grupo de los anfíboles ofrecen mayor resistencia a los ácidos que el crisotilo, por lo que fibras del primer tipo son las usadas.

e) Juntas.

Son realizadas mediante una mezcla que contiene un 20-60% de asbesto con solución de hule y nafta.

Esta mezcla se hace pasar a través de una calandria calentada y se prensa para formar láminas.

Se usan fibras de longitud media de cerca de 1/2 a 3/4 de pulgada (12.7 mm a 19.05 mm), menos de esta longitud es perjudicial para el producto.

f) Aislantes de sonido.

Se emplean fibras de una longitud aproximada de 1/2 pulgada (12.7 mm).

Este tipo de aislantes se usaba en las paredes de los trenes.

g) Textiles.

Se utilizan sólo crocidolita, amosita y crisotilo, que son las fibras que poseen la suficiente fuer-

za y flexibilidad para la fabricación de materias textiles.

Durante el proceso de cardado o de hilado, las fibras de asbesto son sometidas a tensiones, compresiones y flexiones, las cuales causan en las fibras ásperas o duras un gran daño; no así en las fibras suaves y flexibles.

Usualmente los asbestos que se emplean para hilatura tienen mejor clase y mayor longitud de fibra que los usados en productos de asbesto-cemento. Las fibras de asbesto se pueden hilar de manera muy similar a las fibras vegetales.

h) Termoplásticos.

Recientemente se encontraron nuevos usos para el asbesto (crocidolita y crisotilo), los cuales se utilizan en fibras o productos ya hilados para formar matrices de ciertos materiales termoplásticos.

El asbesto-silicón se emplea en las industrias eléctrica y aeronáutica.

La "marinita" es un producto en forma de láminas rígidas, consistentes esencialmente en asbesto y diatomita, es sumamente empleado para aislamientos de calor a temperaturas superiores a 900°F (482°C).

Un importante material termo-aislante, utilizado en gran escala por la industria Química es el conocido comercialmente como "haveg", que está constituido por una resina fenol-formaldehído o cresol-formaldehído, reforzada con fibras largas de asbesto, las cuales son previamente tratadas con ácido con el fin de eliminar toda la materia soluble. Este material es resistente a temperaturas de más de 1300°C (291.6°F).

Principales distritos asbestíferos de México.

En México se utilizan las variedades crisotilo y amosita, especialmente en la industria del concreto o productos de cemento con asbestos, a la cual, generalmente se le denomina industria del fibrocemento.

El consumo anual (1975) de crisotilo importado fue de 59,686 toneladas con un valor de 329 millones de pesos mexicanos. El incremento anual del uso de esta fibra, según datos del Consejo de Recursos Minerales, es de 13%. (SCRNNR) Anuario de la Minería Mexicana, 1976).

Con el objeto de resolver este problema nacional de importación, con la consiguiente fuga de divisas, se han desarrollado programas de exploración en diversas zonas del país, con el objeto de localizar yacimientos de esta clase de minerales no metálicos. Los resultados han sido satisfactorios, especialmente en el área de Ciudad Victoria, Tamaulipas y en la de Cuicatlán, Oaxaca. De acuerdo con los resultados obtenidos en la exploración inicial, parece ser que este último es el más importante económicamente.

Cañón de El Novillo, Tamps.

Localización.— Los yacimientos de asbestos de esta región están situados en una localidad al poniente de Ciudad Victoria en el denominado Cañón del Novillo y otros cañones afluentes tales como el de Las Burras, Las Latas, El Barbón, El Tigre, Las Abras, La Peregrina y otros, en las estribaciones de la Sierra Madre Oriental.

Geología.— La zona mineralizada está formada por un dique estrato de serpentina o roca semiserpentinizada, que tiene una longitud de aproximadamente 10 km de largo por 1 km de ancho.

El depósito de serpentina que dió origen a los depósitos de asbesto, de variedad crisotilo, está expuesto por la erosión de una faja de nueve kilómetros de longitud por cuatrocientos metros en la parte sur y por un kilómetro en el arroyo de El Tigre, como anchos mínimo y máximo. En el puerto de El Caballete se ha revelado que aun dentro o debajo de los esquistos, puede existir serpentina y que ésta puede estar mineralizada.

Dentro de la zona serpentinizada existen crestos rocosos constituidos por peridotita y en partes por dunita, que forman prominencias topográficas orientadas, como en el cordón de La Escalera, La Zacatosa y márgenes del arroyo de El Barbón, casi directamente de norte a sur. También existen crestos orientados aproximadamente de NW a SE, como ocurre desde el arroyo de El Tigre hasta el puerto de Las Abras.

Es notable que los contactos del esquisto con la serpentina tienden a orientarse, en general, en sentido paralelo a los crestos de peridotita. Así pues, los contactos de la serpentina, con los esquistos que le encajonan, y la orientación de los crestos peridotíticos, parecen obedecer al mismo control estructural.

La orientación de los contactos, crestos de peridotita y fallas con rumbo norte sur, pudieran

estar relacionados con los esfuerzos tectónicos de la orogenia Hercínica o Apalachiana, de fines del Paleozoico. Los contactos y crestos orientados de N-W a S-E parecen reflejar la influencia de la orogenia Laramide, a fines del Mesozoico y principios del Terciario.

Se ha encontrado, que en lo general, los contactos serpentina-esquisto están fallados y que los esquistos cercanos están muy distorsionados. No soporta la serpentina la compresión y los esfuerzos cortantes, o la combinación de ambos, por lo que dentro de esta roca hay fallas mineralizadas importantes.

De lo anterior, se deduce que la mineralización a lo largo de los contactos de esquisto y serpentina, se debe a la acción de una solución viscosa que rellenó las fracturas y que estaba formada por el agua de los esquistos y el silicato de magnesio de la serpentina. La orogenia de fines del Precámbrico y principios del Paleozoico, fue posiblemente, la causa del principal metamorfismo y de la mineralización a lo largo de los crestos que corren de norte a sur, así como en los contactos entre la serpentina y el esquisto paralelos a este rumbo; de esta manera, se originó el primer tipo de mineralización. Otro tipo de mineralización existe a lo largo y en los contactos de los crestos de roca semiserpentinizada. Un tipo más de mineralización es el debido a la distorsión de la serpentina. En este caso, la fibra es de tipo deslizada y parece que su génesis obedece al cambio de estructuración molecular de la serpentina en presencia de agua, (Salas, 1970).

Exploraciones efectuadas.

El Fideicomiso de Minerales no Metálicos efectuó en el año de 1962 y subsiguientes, una serie de trabajos exploratorios para un mejor conocimiento de las características y posibilidades del yacimiento. Los estudios geológicos realizados permitieron definirlo, tanto genética como morfológicamente y conocer los controles estructurales de la mineralización, asimismo, las diversas obras ejecutadas, tales como tajos, caminos y principalmente barrenos, confirmaron la continuidad, a profundidad, de los cuerpos mineralizados.

Con base en las obras anteriormente mencionadas, fue posible la determinación de las reservas existentes. Los cálculos efectuados determinaron 1,141,400 toneladas de mineral probado y 1,224,000 toneladas de mineral inferido (Salas, 1970, p. 16). Es conveniente precisar que el incremento de las obras exploratorias y desarrollo, aumentarán estas cifras.

Area de Catorce, San Luis Potosí.

Localización.— Los yacimientos asbestíferos de esta área se localizan a inmediaciones de la Ciudad de Matehuala, en la vertiente occidental de la porción septentrional de la Sierra de Catorce, la cual está situada en la parte occidental de la Sierra Madre Oriental.

Geología.— Afloran en el área una serie de rocas metamórficas de bajo grado, constituidas por filitas, cuarcitas y conglomerados de la Formación Catorce, de edad pre-mesozoica.

Sobre estas rocas metamórficas descansa, con una clara discordancia angular, una secuencia de más de 100 m de espesor constituida por conglomerados y areniscas continentales del denominado Conglomerado Huizachal. Esta última unidad está cubierta transicionalmente por una secuencia de limolitas y areniscas de grano fino de la Formación Carretas. Al final del Jurásico se depositó una secuencia considerable de carbonatos originando la Caliza Zuloaga y la Formación La Caja. Posiblemente antes del depósito de los clásticos de edad triásica, fueron intrusionadas las rocas metamórficas por diques y pequeños troncos de piroxenita. Sin embargo la mineralización de asbesto, contenida en los intrusivos, tuvo lugar posiblemente a fines del Cretácico o principios del Terciario.

El asbesto del yacimiento llamado "4 de Octubre" corresponde a una variedad fibrosa de actinolita, de acuerdo con su composición química y sus propiedades físicas. Se presenta en las fracturas y juntas de la piroxenita, rellenándolas en forma transversal, formando pequeñas vetas de 2 mm a 30 mm de espesor y ocasionalmente forma bolsas hasta de 30 cm.

En general, la mineralización del asbesto en la piroxenita se presenta muy irregularmente, ya que en un gran volumen de roca estéril se presentan pequeñas áreas mineralizadas. La zona de mayor mineralización se localiza en la parte central del cuerpo.

Este yacimiento se ha considerado de pocas posibilidades económicas, (FDMNM, 1964).

Area de Camacho, Zac.

Localización.— Tres pequeños yacimientos se localizan en un área situada a 30 km aproximadamente al norte de la estación Camacho, Zacatecas; uno de ellos se encuentra en la falda del cerro de El Coyote al norte de la rancharía El Rodeo y

otros dos a 3 km al noroeste del Picado Teyra.

Geología.— Todos estos yacimientos se encuentran en la Formación Rodeo y en la base de la Formación Nazas.

El primero de los yacimientos se presenta en un cuerpo de diabasa, de color verdoso, clorítica, de grano fino, en algunas partes muestra serpentización. Las fibras de asbesto tienen una longitud que varía de 1 mm hasta 3 cm., son duras cruzadas, conteniendo mucho carbonato de calcio en la superficie. El mineral presenta ángulos normales con la foliación. Otro de los yacimientos se encuentra en el arroyo Taray y está en una sección de la Formación El Rodeo, consiste en filita de color gris a negra, grauvacas y conglomerado muy metamorfizados. Esta secuencia está intrusionada por un pequeño tronco de anfibolita (?) de unos 100 m de espesor que constituye el yacimiento. el mineral es de fibra dura y las vetillas miden hasta 8 cm de espesor. La tercera localidad se encuentra a 3 km al noroeste del Pico de Teyra, subiendo por el arroyo Veta Grande. La roca es esquistos a clorítica, presentando numerosas vetillas con espesores que varían desde 2 a 3 mm hasta 5 cm de espesor; el material en la superficie es duro y se va ablandando hacia abajo. La fibra es larga, sedosa, de color blanco y ligeramente dúctil.

Debido a la poca magnitud del yacimiento, así como al tipo del asbesto que contiene, actinolita, se considera que no tiene valor comercial, (FDMNM, 1964).

Areas en el Estado de México.

Localización.— Los yacimientos se encuentran en la parte suroeste del Estado, en las localidades de Palmar Chico, San Pedro Limón, Coloxtitlán, Tonatico y Progreso de Luvianos. Se presentan varios afloramientos de rocas ultrabásicas serpentinizadas que presentan, en distintos grados, mineralización de crisotilo.

Geología.— Al oriente de Palmar Chico se encuentra el Cerro Pelón, el cual es una pequeña loma, que parece estar constituida en su totalidad por serpentina como parte aflorante de un dique estrato, encajonado en los esquistos y pizarras predominantes en la región. Al sureste y en la parte alta de la falda, se encuentra una venilla de fibra cruzada de asbesto tipo crisotilo.

A unos 3 km de San Pedro Limón, se encuentra la loma de El Coyol donde afloran esquistos y filitas como roca encajonante de un dique estrato

ultrabásico de unos 300 m de longitud por 50 m de ancho. La serpentinización es homogénea, presentando frecuentes indicios de fibra deslizada de asbesto. La variedad anfíbola aparece esporádicamente alojada en fracturas de esquistos. A unos 6 km al sur de Zacualpan y a 2 km al suroeste de Coixtlán, en una barranca, se encuentra un afloramiento de serpentina encajonada en esquisto. En un área de 10 por 4 m se presentan cuatro cordones de asbestos de 1 a 5 cm de ancho; la fibra aparece alojada en las fracturas de la serpentina, como pequeños cuerpos delgados y discontinuos. Se le ha clasificado como de la variedad tremolita.

La localidad de Tonatico se encuentra en el kilómetro cuatro y medio de la carretera que va de Ixtapan a Coatepec de Harinas; a 3 km al oeste, se encuentra el cerro de La Cruz, donde en un arroyo que drena al sur y sobre el camino, hay indicios de fibra de asbestos. No se observan concentraciones de mineral en cantidad que hagan costear su extracción.

A 3 km de Progreso de Luvianos, rumbo a la Sierra de Nachititla, hay un pequeño afloramiento de roca ultrabásica parcialmente serpentinizada, expuesto por la erosión de un arroyo. No se presentan indicios de mineralización de asbesto, ni serpentinización, por consiguiente la única importancia de este afloramiento es la presencia de rocas ultrabásicas encajonadas en esquistos, debajo de volcánicos terciarios. Estos yacimientos ameritan estudios detallados, (FDMNM, 1964).

Región Cuntla—Pezuapa, Guerrero.

Localización.— El denuncia Azteca No. 1 se localiza en el Cerro Alto, las barrancas de San Pedro Ocoxtitla y el cerro Pedregoso. La mojonera de localización está a 2 km y medio de Cuntla. El denuncia Azteca No. 2 está ubicado en el cerro de El Tepanzolco, al sur de la rancharía Chuluaya y al este del cerro de El Cajinicuil, que está a unos 5 km al este de Pezuapa. La región está muy mal comunicada.

Geología.— Las rocas más antiguas que afloran en el área pertenecen al complejo metamórfico; consisten en esquistos, filita, cuarcita y roca verde. Estas rocas fueron intrusionadas por diques y troncos de piroxenita, en los cuales arma la mineralización de asbesto. Por su composición química, mineralógica y propiedades físicas, el asbesto corresponde a una variedad fibrosa de la tremolita-actinolita. Como es común en este tipo de yacimientos, la mineralización del asbesto es errática; algunos de los afloramientos contienen mineraliza-

ción superior a un 100% de fibra deslizada en vetas de 5 cm de espesor. En los alrededores de la mojonera de localización hay una zona continua de 250 m de mineralización, (FDMNM, 1964).

Región de Petatlán, Guerrero.

Localización.— La zona estudiada se localiza al norte de la población de Petatlán, en el Estado de Guerrero y dentro de ella se localizan 8 denuncios mineros que cubren una superficie de 4,340 hectáreas.

Las obras de exploración realizadas por los concesionarios son muy escasas y de carácter muy preliminar, pero en una gran extensión de terreno se localizan indicios de fibra crisotilo.

Región de Sahuaripa, Sonora.

Localización.— En la porción oriental del Estado de Sonora, en una paraje de la Sierra Madre Occidental denominado Tacupeto, en la jurisdicción municipal de Sahuaripa.

Geología.— Se trata de un yacimiento de asbesto de variedad crisotilo, enclavado en un cuerpo de rocas ultrabásicas, posiblemente peridotita serpentinizada. En este yacimiento asbestífero todavía no se han efectuado trabajos exploratorios adecuados, para determinar su verdadera potencialidad, solamente se han hecho algunos análisis de laboratorio los que han permitido conocer la variedad de que se trata.

Región de Cuicatlán, Oaxaca.

Localización.— En la parte norte del Estado de Oaxaca, a 10 km aproximadamente de la población de Cuicatlán, en el camino que conduce a Concepción Papalo.

Geología.— Se presentan grandes cuerpos de rocas ultrabásicas en proceso de serpentinización, en las cuales se presentan varios afloramientos de asbestos de calidad crisotilo. La Cía. Minera Peñoles está desarrollando un amplio programa de exploración que comprende estudios geológicos, obras directas como la construcción de catas, perforaciones con barrenos de diamante, etc., y estudios geofísicos, asimismo, se hacen todas las pruebas de laboratorio necesarias para determinar su calidad. De los resultados obtenidos inicialmente se puede deducir que se trata de un yacimiento de bastante importancia económica, siendo hasta la fecha, el de mayor magnitud encontrado en el territorio nacional.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- ASBESTOS CORPORATION LIMITED, 1961, *Asbestos: Thetford Mines, Quebec, Canadá.*
- BATEMAN, A.M., 1957, *Yacimientos Minerales: McGraw Hill, Book Company, p. 39-57.*
- BERLINER, J.J., & Staff *Asbestos, A Berliner Research Report, 684 Broadway, New York 12, N.Y. No. 7450.*
- BERLINER, J.J., & Staff *Asbestos Uses, A Berliner Research Report, 684 Broadway, New York 12, N.Y. No. 9590.*
- BERLINER, J.J., & Staff, *Asbestos Cement, A Berliner Research Report, 684 Broadway, New York 12, N.Y. No. 3283.*
- BERGER HANS, 1963, *Asbestos Fundamentals, Chemical Publishing Company, Ins. 212 Fifth Avenue, New York.*
- BOWLESS, O., 1959; *Asbesto, U.S. Bur. Mines, Bull. 7880.*
- BURMEISTER H. L., and Matthews I.E., 1962, *Mining and Milling Methods and Costs, Vermont Asbestos Mines, The Ruberoid Co. Hyde Park, V.T.*
- CERVANTES RUIZ, PABLO A., 1966, *Estudio Físico y Químico de Asbestos Mexicanos, Tesis Profesional. Universidad Iberoamericana.*
- CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES, 1969, 1970, 1971, 1972 y 1976, *Anuario de la Minería Mexicana.*
- DRESSER, J.A. y DENIS, T.C., 1944, *Geol. Report. 20 p. 413-422. Dept. of Mines, Quebec, Canada.*
- EDWING, G.W., 1960, *Instrumental Methods of Chemical Analysis, Kogakusha Company, Ltd. Tokyo.*
- FIDEICOMISO DE MINERALES NO METALICOS, México. *Memo-ria 1964, Asbesto.*
- GROVES, A.W., 1951, *Silicate Analysis, G. Allen & Union Ltd. London.*
- HILLEBRAND, LUNDELI, BRIGHT, HOFFMAN, 1953, *Applied Inorganic Analysis, Wiley, New York.*
- JENKINS, G.F., 1960, *Asbestos, A.I.M.E.*
- KENNEDY, D.O., 1960, *Asbesto, U.S. Bur. Mines Bull. 585.*
- LADOO, R.B., 1951, *Nonmetallic Minerals. McGraw Hill. Book Company, p. 39-57.*
- MANUAL OF TESTING PROCEDURES for *Chrysotile Asbestos Fibre, Lake Asbestos of Quebec, Ltd. 120 Broadway, New York 5, N.Y.*
- SALAS, GUILLERMO P. 1970, *Evaluación Geológico-Minera del Distrito Asbestífero del Cañón del Novillo, Ciudad Victoria, Tamaulipas, C.R.N.N.R., Boletín 71, 20 p.*
- SEELEY, W.M., 1960, *Industrial Mineral and Rocks, A.I.M.E.*
- STEWART, L.A., 1961, *Mining Methods and Costs, Regal Asbestos Mine Jaquay Mining Corp. Gila Country, Ariz. U.S. Bur. Mines Bull. 7986.*
- VELASQUEZ QUEZADA, FRANCISCO, 1965, *Estudio de un Mineral de Asbesto, localizado en el Estado de Sonora, Tesis profesional. Facultad de Química, U.N.A.M.*