

ARCHIVO TECNICO

CONSEJO DE RECURSOS NATURALES NO RENOVABLES

PRESIDENTE

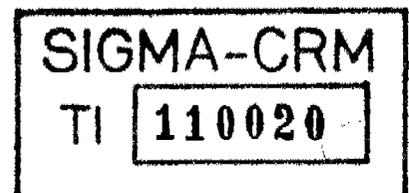
Lic. Guillermo Aguilar y Maya

VOCALES

Ing. Manuel Franco López

Ing. Guillermo P. Salas

MEXICO, D. F.



ESTUDIO PRELIMINAR DE LA GENESIS Y PARAGENESIS

DE LAS VENAS ALUMINICAS DE LA ZONA DE ROVERO

ESTADO DE GUANAJUATO.

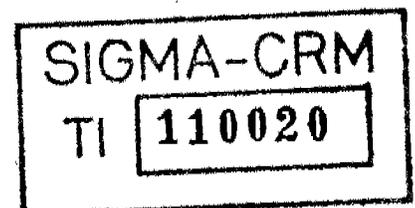
POR

carlos acosta del campo

Y

juan José martínez bermúdez

Consejo de Recursos Naturales No Renovables
Sección de Geofísica
abril de 1958.



CONTENIDO

	<u>Página</u>
RESUMEN	vi
CONCLUSIONES	xii
RECOMENDACIONES	xiii
INTRODUCCION	1
Propósito de Investigación	1
Localización del Area	4
Clima de la Región	5
Hidrografía	5
Vías de Comunicación	6
Métodos de Trabajo	7
Agradecimientos	8
GENERALIDADES	9
La Alunita	9
Usos de la Alunita	9
BOSQUEJO GEOLOGICO	14
Rocas Metamórficas	17
Calizas y Margas	18
Conglomerado Gris	19
Complejo de Rocas Verdes	19
Tobas "A"	21
Riolitas "A"	23
Tobas "B"	24
Riolitas "B"	25
Tobas "C"	26
Basaltos	26
Yacimientos de Alunita	27
GENESIS Y PARAGENESIS DE LOS YACIMIENTOS DE ALUNITA DE LA ZONA DE ROMERO	29
Generalidades	29
Factores Determinantes en la Localización de la Mineralización	31
Origen y Características de las Soluciones	34
Génesis de los Yacimientos	36
Paragénesis de los Yacimientos	39
Edad de la Mineralización	42
APENDICE	

DESCRIPCION Y CLASIFICACION PETROGRAFICA DE ALGUNAS
DE LAS MUESTRAS TOMADAS DURANTE EL ESTUDIO DE LAS
ALUNITAS DEL ESTADO DE GUANAJUATO

44

Ilustraciones

Entre las páginas 13 y 14:

- Figura 1.- Una de las calderas empleadas en Rincón de Centeno, Guanajuato, durante los últimos pasos del procedimiento seguido en esta localidad para la obtención de alumbre.
- Figura 2.- Troncos de árbol, parcialmente ahuecados, usados como cristalizadores en la obtención de alumbre. Rincón de Centeno, Guanajuato.
- Figura 3.- Cristales de alumbre obtenidos a partir de tobas riolíticas alunitizadas. Rincón de Centeno, Guanajuato.

Entre las páginas 28 y 29:

- Figura 4.- Porción Noroccidental de la "Zona de Romero" vista desde el cerro El Sombrerito.
- Figura 5.- Vista de "La Alberca".
- Figura 6.- Tobas riolíticas alunitizadas mostrando una estratificación casi horizontal y numerosas juntas verticales. Cerro Pinto, frente a El Naranjillo.
- Figura 7.- Detalle de la Figura 6. Bloques de roca alunitizada separados por fisuras debidas al agrandamiento de juntas de enfriamiento por acción del intemperismo.
- Figura 8.- Vista del cerro El Sombrerito.
- Lámina 1.- Sección esquemática entre los cerros Alto de la Joya y Piedras de Amolar, "Zona de Romero", Juventino Rosas, Guanajuato.

Entre las páginas 43 y 44:

- Figura 9.- Geiseres vistos desde el centro del Valle de las Huastecan, Los Azufres, Michoacán.
- Figura 10.- Cráter de un cono de geiser, Los Azufres, Michoacán.
- Figura 11.- Geiser "El Chiflador", Los Azufres, Michoacán.
- Figura 12.- Cráter de un pequeño "Volcán de Lodo", Los Azufres, Michoacán.
- Figura 13.- Depósito fumarólico de azufre nativo, Los Azufres, Michoacán.
- Figura 14.- Roca riolítica litofisal alterada por procesos hidrotermales, Los Azufres, Michoacán.

Al final del Texto:

- Figura 15.- Fotomicrografía de toba vítrea con cristales, riolítica, Luz polarizada.
- Figura 16.- Fotomicrografía de toba vítrea con cristales, riolítica, Nícoles cruzados.
- Figura 17.- Fotomicrografía de toba alunitizada, Nícoles cruzados.
- Figura 18.- Fotomicrografía de toba alunitizada, Nícoles cruzados.
- Figura 19.- Fotomicrografía de cornubianita (hornfels) diopsídico-plagioclásica, Nícoles cruzados.

VI

ESTUDIO PRELIMINAR DE LA GENESIS Y PARAGENESIS DE LAS MENAS ALUNITICAS DE LA ZONA DE ROMERO, ESTADO DE GUANAJUATO.

RESUMEN

La zona alunitica a la que se refiere principalmente el informe, denominada "Zona de Romero" está situada en la porción Este-Sureste del Estado de Guanajuato, a unos 15 kilómetros al Norte de Juventino Rosas. Es aún muy somero el conocimiento que se tiene de la estratigrafía de esta zona; no obstante, se han reconocido tentativamente varias formaciones y se ha delucidado más o menos claramente su orden cronológico. Así pues, puede decirse, con las reservas del caso, que la columna geológica de la zona alunitica de Romero es la que aparece a continuación:

Holoceno	Aluviones y Suelos	
Pleistoceno	Basaltos	
Plioceno	} Tobas "C"	
		} Riolitas "B"
Mioceno	} Tobas "B"	
		} Riolitas "A"
Eoceno Superior - Oligoceno Inferior	} Complejo de Rocas Verdes	
		} Conglomerado Gris
Cretácico	Calizas y Margas (fuera de la zona)	
Triásico Superior - Jurásico	Serie Parametamórfica	

La roca alunitizada, (Tobas "A"), que existe en la zona de Romero es generalmente de grano fino, muy compacta, de color blanco o rosado, tiene una fractura que varía de regular a semiconcoidal de acuerdo con su contenido de sílice, y presenta una apariencia más o menos aporcelanada; es relativamente común observar en ella vesículas, o huecos dejados por fragmentos de pómez, parcialmente rellenos de cristales de alunita. Es también frecuente observar costras de casiterita, espequerita y alunita en las paredes de algunas de las múltiples fisuras que presentan, lo mismo que en las oquedades antes mencionadas.

Las llamadas Tobas "A", afloran en una gran extensión de terreno, aunque sólo una parte ha sido alunitizada. No obstante, la extensión de los yacimientos, en conjunto, debe ser considerable.

El movimiento de las soluciones mineralizantes que dieron origen a los yacimientos de alunita fué tanto turbulento (canales principales) como laminar, y estuvo controlado por la permeabilidad inducida o secundaria, así como por la permeabilidad congénita o primaria de las Tobas "A"; pero es de hacerse notar que fueron los cambios de porosidad lo que más influyó en la localización de la mineralización económica. No obstante, el factor determinante fué la presencia, en ciertos horizontes de tobas vítricas y aún inclusive de otro tipo, de un vidrio volcánico que se supone es de composición química especial; visto al microscopio presenta un color café claro deno-

lugar: que las rocas que forman la estructura de las rocas y las resinas. Este vidrio volcánico peculiar tuvo una afinidad química notable con las soluciones alcalinizantes y presentó grandes facilidades para su desplazamiento selectivo por la alunita.

A juzgar por las características de los yacimientos de alunita de la "Zona de Ezequiel", en su génesis intervinieron tres tipos generales de fluidos. A saber: Aguas subterráneas de temperatura más o menos baja o normal, cargadas de sales pero sin llegar a la saturación; soluciones hidrotermales tanto alcalinas como ácidas sulfúricas cargadas de mineralizadores; y gases compuestos de mineralizadores y de vapor de agua. Las soluciones hidrotermales alcalinas deben haber migrado de un intrusivo que se estaba consolidando a la profundidad, permeando las rocas metamórficas y las "Bocas Verdes", hasta alcanzar las Tobas "A". Las emanaciones gaseosas, dado su carácter ácido, tuvieron que proceder de un intrusivo cercano a la superficie y muy bien pudieron haberse mezclado con aguas subterráneas para dar origen a las soluciones hidrotermales ácidas por la oxidación del SO_2 . La acción de estas soluciones pudo haber estado separada por un lapso de tiempo relativamente grande, o pudo ser casi simultánea, pero en cualquiera de los casos las alcalinas fueron las primeras en actuar.

Las soluciones de la primera mineralización debieron ser alcalinas desde su origen, que pudo ser relativamente lejano, ya que a su paso se propilitizaron intensamente las lati-

... y en consecuencia, se observó que en las zonas donde se
se han desarrollado las condiciones de las soluciones, se
que de acuerdo a la distribución de los minerales, se
construyeron las estructuras y por último, silicificación de
alguna parte, y por otra parte, una abundante deposita
de calcita en la superficie.

Posteriormente al flujo de las soluciones se empezaron a
calinas empezaron a llegar emanaciones gaseosas ácidas. Es
muy probable que estas emanaciones, al combinarse con aguas
subterráneas de origen volcánico, hayan sido las que genera
ron las soluciones termales ácidas sulfúricas que efectuaron
la mineralización de alunita. Parte de estas emanaciones es
tuvieron aluminando continuamente la superficie en forma ga
seosa, combinados con gran cantidad de vapor de agua, dejando
como testigo de su paso zonas de calcita, especkita,
y alunita, en las paredes de las fisuras que los sirvieron
como canales.

A juzgar por las observaciones hechas, tanto en el cam
po como en el laboratorio, la alunitización se realizó más in
tensamente en zonas solo parcialmente calcinadas y silicifi
cadas durante la primera mineralización. Aún dentro de estas
zonas la mineralización fue selectiva, siendo preponderante
en determinados horizontes favorables, tanto por su porosidad
y permeabilidad, como por su contenido de fragmentos de vidrio
volcánico de características químicas tan especiales que le -

permitieron no sólo resistir la acción de la primera mineralización y los procesos de devitrificación que sufrió el resto de la masa vítrea, sino también constituir un medio favorable para la formación de alunita por procesos de reemplazamiento. La alunita también se encuentra discriminada en las tobas rellenando cavidades preexistentes, (principalmente las oquedades dejadas por el pómez) y asociada, en ocasiones, con hematita especular. En realidad, es en esta forma en la que se presentan las mayores concentraciones de dicho mineral. Tal hecho parece indicar que la alunita se precipitó directamente de las soluciones ácidas, tanto líquidas como gaseosas, y por lo tanto es de suponerse que parte del mineral formado por procesos metasomáticos fué disuelto y redistribuido por las propias soluciones que le dieron origen.

Es muy probable que las soluciones alcalinas de la primera mineralización marquen el fin de la intensa actividad volcánica de tipo paroxísmico que dió origen al grueso depósito de Tobas "A".

Con el derrame de las primeras riolitas (Riolitas "A") empezó la segunda mineralización como consecuencia de fenómenos postvolcánicos sostenidos por largo tiempo, pues alcanzaron a mineralizar en parte las primeras tobas depositadas posteriormente a la emisión de las riolitas. Así pues, prácticamente se puede fijar el fin del período de alunitización en el tiempo en que se efectuó el depósito de las primeras Tobas "B".

y para fines prácticos deben considerarse dichas rocas como límite estratigráfico superior para explorar los yacimientos económicamente costables.

CONCLUSIONES

- 1).- La alunita se encuentra ubicada en tobas piroclásticas--
das (volcán de Parí o Laguna de Parí) de tipo ríolítico (To--
bas "A").
- 2).- Los yacimientos son de tipo hidrotermal de baja tempera--
tura, formados por procesos tanto de reemplazamiento co--
mo de relleno de cavidades.
- 3).- En la génesis de estos yacimientos intervinieron tres ti--
pos generales de fluidos. A saber: aguas subterráneas;_
soluciones hidrotermales tanto alcalinas como ácidas sul--
fúricas; y soluciones gaseosas.
- 4).- Las soluciones alcalinas fueron las primeras en actuar...
Propilitizaron a las latitas que subyacen a las Tobas "A"
(posteriormente alunitizadas); estas últimas fueron sili--
cificadas, o caolinizadas, o lixiviadas de sílice, en for--
ma parcial y local.
- 5).- Las soluciones ácidas sulfúricas, tanto líquidas como ga--
seosas, actuaron simultáneamente después de las alcalinas.
Estas soluciones realizaron la mineralización de alunita.
- 6).- La influencia de la roca huésped en la mineralización fué...
tanto física como química. El factor determinante en la --
localización de la mineralización económica, fué la exis--
tencia de un tipo especial de vidrio entre los elementos --

estratificación que constituyen la roca huésped.

7).- Todas las características litológicas de la roca huésped, al tener de alunita debe presentar cierta homogeneidad a lo largo y a lo ancho de cada uno de los estratos, y en cambio, debe ser muy irregular y variable en sentido perpendicular a la estratificación.

Las conclusiones antes enunciadas se derivan de los resultados obtenidos hasta la fecha con estudios de carácter preliminar, de manera que algunas de ellas no deben considerarse como definitivas mientras no se comprueben con los datos que sólo se pueden obtener mediante exploraciones mineras por métodos directos (socavones, y obras mineras en general, etc.) y mixtos (sondeos de barrenos de diamante, etc.); y mientras no se complete el estudio con investigaciones tan especializadas como sería el análisis de elementos, espectroscópico y de Rayos X, tanto del vidrio volcánico que ha favorecido la mineralización como de muestras de los supuestos depósitos superficiales formados por las soluciones hidrotermales que intervinieron en la génesis de los yacimientos.

RECOMENDACIONES

Aún cuando el presente estudio no fué de tipo geológico económico, se cree pertinente hacer notar que la industrialización de la alunita sería un gran paso en el progreso del País, puesto que se contaría con grandes reservas de un mineral que --

eventualmente pueda considerarse como la única fuente potencial de alúmina de que se dispone, aparte de constituir una probable rena de potasa. Por tal motivo, los autores no creen extralimítarse al recomendar que, por lo menos, se termine la fase preliminar del estudio de estos yacimientos, afinando el estudio geológico y comprobando el comportamiento de las Tobas "A" en lo que respecta a su tenor de alunite. Con este último fin se recomienda particularmente la realización de no menos de tres sondeos de barrena de diamante, que lleguen hasta la base de los yacimientos (Rocas Verdes), y un socavón de una longitud suficiente (no menos de 50 metros) para poder tener una idea más correcta de las variaciones en el contenido de alunite en direcciones paralelas a la estratificación. Sin embargo, en el caso del socavón, es de esperarse que la información obtenida no se pueda aplicar a otros estratos e inclusive ni a la continuación del mismo estrato explorado, pero se tiene la esperanza de que cuando menos el promedio de las leyes se conserve más o menos con poca variación dentro del mismo estrato.

RECONOCIMIENTO GEOLÓGICO

El estudio de la génesis y programación de las zonas mineras de la "Zona de Tenorio", Estado de Chiriquí, fue iniciado a fines del año de 1957 a petición de la Brigada del Instituto Nacional para la Investigación de Recursos Minerales, que se encuentra estudiando la geología de esas zonas mineras. La investigación de estos yacimientos es de importancia económica por el Consejo de Recursos Naturales No Renovables.

A fines del mes de noviembre de 1957, el Ingeniero Carlos Acosta Del Campo, entonces geólogo consultor del INIRM, rindió un breve dictamen al Director General del Instituto. De tal dictamen se extraen unos cuantos párrafos, que se insertan a continuación, con fines aclaratorios:

"El objeto del reconocimiento geológico fue el de orientar en sus trabajos de geología y génesis a la brigada del INIRM, que ahí se encuentra dedicada a las labores de exploración de los yacimientos de alunita."

"Las labores de campo se desarrollaron en un período de cuatro días, a principios del mes próximo pasado, por lo que las indicaciones que se den enseguida deberán verse con la cautela y reservas del caso, máxime que no se contó con ninguna base ni estratigráfica ni genética en la que se pudieran basar las observaciones de campo y cuyos detalles se pudieran desarrollar o corregir sobre el terreno. Por consiguiente, los esquemas estratigráficos y genéticos que ahora se presentan tienen las condiciones de preliminares, sujetos a cambios derivados de la observación, por los miembros de la brigada del Instituto, de las características geológicas en el campo."

"Todo lo que se va a indicar a continuación, se refiere exclusivamente a la localidad comprendida entre el Alto de la Joya y los cerros Cuates, que fue la zona visitada."

"El principal resultado de la observación fué el de que, al contrario de lo que se creía con anterioridad, la mineralización económica de este lugar se encuentra en tobas brechoides de tipo ríolítico y no en rocas efusivas ríolíticas. Estas tobas pasan gradualmente a la profundidad por etapas alternadas de tobas de cristales, tobas brechoides, microbrechas y brechas, y así sucesivamente, siendo por consiguiente de características vítricas, líticas, y de cristales, predominando en distintos horizontes unas y otras características o la mezcla de ellas. Parte de esas tobas están piroconsolidadas (welded tuffs o ignimbritas). Presentan la mayor mineralización en el contacto con unas tobas de cristales que las suprayacen. Bajo tal contacto, en las oquedades dejadas por la lixiviación de los trozos de pómez de las tobas, se encuentran las mayores concentraciones de cristales de Alunita. En el Alto de la Joya, el espesor de estas tobas alunitizadas o susceptibles de presentar mineralización alunitica alcanza espesores de cerca de 200 metros."

"En la zona entre Juventino Rosas y Comonfort, del lado de la sierra, son muy abundantes y todas ellas han sido silicificadas; parte de ellas fueron caolinizadas, otra parte fué alunitizada y otras, como en las cercanías de Neutla, sólo están silicificadas".

"Aparte del depósito neumatolítico de alunita en las oquedades ya mencionadas, hay reemplazamientos de los feldespatos potásicos por alunita, principalmente por emanaciones gaseosas ácidas, así como por soluciones también ácidas. Previamente estas tobas habían sido silicificadas, y caolinizadas en parte, por soluciones termales alcalinas, las que también depositaron calcedonia y cuarzo hialino. Durante los fenómenos neumatolíticos, en esas cavidades u oquedades se depositaron también Especularita y Casiterita, ambos minerales en forma de cristales casi microscópicos, que sin embargo se reconocen con facilidad con la ayuda de la lupa."

Como comentario al párrafo anterior se debe hacer notar que la evidencia de campo y laboratorio, resultado del examen petrográfico de nuevas muestras de rocas recogidas en visitas posteriores, indica que no fueron los feldespatos potásicos los reemplazados por la alunita, sino vidrios volcánicos de composición especial.

En el Dictamen mencionado sigue a continuación un esque-

de la génesis de él que se encuentran en otros de los campos de mineralizaciones de oxonianas, y un esbozo preliminar de la litografía de la zona. Y ya para finalizar, el autor indica:

"Por último, a pesar de la brevedad del tiempo empleado en la primera visita, el esbozo planteado para que la zona, en proceso de exploración, presenta algunas posibilidades de suministrar grandes volúmenes de rocas alunitizadas, y considera que se debe continuar la exploración actual, combinándose los métodos de pozos a cielo abierto con la ejecución de sondeos direccionales con barrenos de diamante, auxiliados con la apertura de socavones, tomándose en cuenta, para la obtención de resultados con este tipo de exploraciones, la distribución irregular de los valores de Alunita dentro del seno de la masa de rocas piroclásticas. Quizá la Geofísica Aplicada podría ayudar en la localización de tales obras mineras."

"Atentamente, Ing. Carlos Acosta Del Campo,
Geólogo Consultor del I.N.I.R.M."

Con posterioridad a la visita preliminar ya indicada, el Ing. Carlos Acosta Del Campo, acompañado del Sr. Ing. Juan José Martínez Bermúdez, realizó una nueva visita a la localidad, con duración de 10 días, durante el mes de diciembre del mismo año. En tal visita, con mayor amplitud de tiempo, se confirmaron la mayor parte de las observaciones realizadas durante la visita preliminar, y se tuvo la fortuna de encontrar la mayor parte de la secuencia estratigráfica de la zona. Así mismo, se hicieron nuevas observaciones sobre el terreno acerca de la génesis de estos orideros, con las cuales varió en parte el criterio sustentado por el Ing. Acosta durante su visita preliminar, en lo referente a que eran los feldespatos potásicos los que se habían reemplazado por alunita.

Por último, en los primeros días del mes de febrero del -

presente año, y ya perteneciendo los dos ingenieros anteriormente mencionados al personal técnico del Consejo de Recursos Naturales No Renovables, se realizó una última visita, con duración de 4 días, durante los cuales se acabaron de recoger muestras pendientes, se hicieron observaciones adicionales que confirmaron las ya practicadas, y se tomaron muestras en el cerro Pinto, frente al sitio llamado El Naranjillo. De las muestras tomadas en el cerro Pinto también se hicieron láminas delgadas que se observaron al microscopio petrográfico, con lo cual los autores creen que ya tienen una mejor idea de la génesis y paragénesis de los criaderos minerales de alunita de la "Zona de Romero", Estado de Guanajuato. Esas ideas son las que se expresan a lo largo del presente informe.

A continuación se describirá brevemente la localización y tamaño del área, y se darán datos generales sobre el clima, sobre la hidrografía, y sobre las vías de comunicación, en la inteligencia de que todos estos incisos se podrán consultar con mayor detalle en el informe general, sobre la geología de los criaderos minerales de la "Zona de Romero", que ha elaborado la brigada geológica a la cual le ha correspondido efectuar las exploraciones mineras y el levantamiento geológico regional.

Localización del Área

La "Zona de Romero", a la que se refiere principalmente este informe, está situada en la porción Este-Sureste del Estado de Guanajuato, a unos 15 kilómetros al Norte de Juventino Ro

sas, y queda comprendida entre los paralelos $20^{\circ} 48' 24''$ y $20^{\circ} 42' 42''$ de latitud Norte, y los meridianos $100^{\circ} 58' 30''$ y $101^{\circ} 00' 12''$, de longitud al Oeste de Greenwich.

Los yacimientos estudiados en particular se encuentran situados en la parte superior y media de la cuenca del arroyo de Romero.

Clima de la Región

El clima de la región es templado, con lluvias en verano. La precipitación media anual es de 776 milímetros, la mayor parte de la cual corresponde a los meses de mayo y octubre. La temperatura mínima es de 1°C , la máxima de 38°C , y la media de 19.3°C ; la media máxima anual se observa antes del solsticio de verano.

La vegetación es escasa y está representada principalmente por robles, encinos, huizaches, pirules, y cactáceas.

Hidrografía

La zona aluvial de Guanajuato drena por dos arroyos principales, que son el de Neutla y el de Romero; ambos afluentes del río de la Laja, el que a su vez se une al río Lerma.

La "Zona de Romero" comprende una serie de elevaciones de altura media de unos 300 metros con respecto a las tierras planas, y de 2150 metros con respecto al nivel del mar. El arroyo que la drena, arroyo de Romero, tiene una dirección Norte Sur y pasa al Noroeste de la población de Juventino Rosas.

Además de este arroyo existen otros más pequeños, verdaderos regatos, cuyas direcciones son perpendiculares al principal. Entre ellos se citan los siguientes: arroyo de Carrizo, arroyo de La Alberca, arroyo de San Diego, arroyo de Charco Prieto, y el arroyo de los Mastrantos. El arroyo de Homero se incorpora al río de la Laja a la altura de la ciudad de Salamanca donde, a su vez, se une éste último con el río Lerma.

La pendiente general del terreno es hacia el Sureste, siendo fuerte en la parte Norte y disminuyendo hacia el Sur-Sureste hasta llegar a la planicie de Juventino Rosas-Celaya.

Con relación al arroyo de Neutla se puede decir que tiene una dirección general de Noroeste a Sureste. Nace en el rancho Ojo de Agua de García, y se unen a él los arroyos de Delgado, San Diego y otros, antes de desembocar en el río de la Laja, a la altura de Espalme Escobedo. El cauce de este arroyo siempre conduce agua, siendo su régimen irregular.

El río Lerma, al cual corresponde todo el sistema hidrográfico citado, nace en el Estado de México y recorre unos 360 kilómetros en el Estado de Guanajuato, para alimentar por último el lago de Chapala. Debido a obras artificiales la mayor parte de sus aguas van a dar, mediante un canal, al cauce del río Santiago, que es el desfogue del lago de Chapala. El río Santiago desemboca en el Océano Pacífico, dentro de las costas del Estado de Nayarit.

Vías de Comunicación

La zona de las alunitas se encuentra bien comunicada con

la ciudad de Celaya, y por ende con los principales centros de población de la República Mexicana, mediante la carretera México-Ciudad Juárez. La "Zona de Romero" está ligada a la ciudad de Juventino Rosas por medio de una brecha de 15 kilómetros de longitud; entre esa ciudad y Celaya existe una carretera pavimentada que tiene un desarrollo de 25 kilómetros. El acceso a los yacimientos de Neutla es también relativamente fácil, ya que se puede hacer uso de la carretera Celaya-San Miguel Allende hasta la población de Comonfort, en donde parte una brecha que llega a Neutla. Dentro de la zona existen también otras brechas de menor importancia pero que, al igual que las ya mencionadas, son transitables la mayor parte del año.

Además de los caminos carreteros, existe la facilidad del ferrocarril. Se cuenta con el de México-Ciudad Juárez, que llega hasta Celaya, lo mismo que con el de México-Nuevo Laredo, cuya estación más cercana es Empalme Escobedo, situada a 15 y 25 kilómetros al Este de las zonas de Neutla y Romero, respectivamente.

Métodos de Trabajo

Aparte de los múltiples recorridos realizados en la "Zona de Romero", con el objeto de estudiar la secuencia estratigráfica, durante el transcurso de las labores de campo se recogieron más de cien muestras de rocas y de minerales, de las cuales se seleccionaron 60 para las investigaciones de laboratorio, incluyéndose en éstas dos grupos sistemáticos colectados a dis-

deben haberse hecho en la región del norte de la zona, a la Al-
beres, como en el caso del cerro Pindo que mira a El Miranji-
llo. De cada una de las 50 muestras seleccionadas se hizo una
lámina delgada. Todas las muestras recogidas fueron observadas
al microscopio binocular e incandescente, y las láminas delgadas
de roca se estudiaron con el microscopio petrográfico. En el
apéndice de este informe aparece el estudio petrográfico deta-
llado de dichas muestras, estudio que sirvió para normar el cri-
terio de los autores acerca de la génesis y paragénesis de las
masas aluviales de Romero.

Agradecimientos

Los autores del presente informe agradecen profundamente
a los señores Ing. Reyes Serna Vigueras, Ing. Lino Villarreal -
Cárdenas, y pasante de Geólogo José Nava Arrieta, miembros de
la brigada del INIER que estaba a cargo de la exploración mine-
ra en Romero, todas las facilidades que les otorgaron para el
desempeño de sus labores; facilidades que incluyeron el papel
de guías y conocedores de la región que generosamente se atribuy-
eron personalmente los citados profesionistas.

ALUMINATO

La Alunita

La alunita, según el Dana^o, es un mineral que se presenta en cristales romboédricos que ocasionalmente aparentan ser cubos. También se le encuentra en forma masiva (piedra alumbre), con texturas que varían de la granular a la impalpable, pasando por la fibrosa. Su dureza oscila de 3.5 a 4.0 y su gravedad específica de 2.58 a 2.752. Tiene un color blanco, con tonalidades que van de grises a rojizas. La alunita pura es quebradiza; tiene un crucero bastante notable y una fractura concoidal irregular; su rayadura es blanca y su lustre es vítreo en la generalidad de los casos; y varía de transparente a subtranslúcida.

La alunita es un sulfato hidratado de potasio y aluminio. Su fórmula es $K_2Al_6(OH)_{12}(SO_4)_4$ o sea que su contenido teórico en trióxido de azufre es de 38.6 %, de alúmina 37.0 %, de potasa 11.4 %, y agua 13.0 %; suma el conjunto 100 %. Algunas veces contiene sodio en cierta cantidad, por lo cual se denomina natroalunita.

Usos de la Alunita

La alunita en sí no tiene ninguna aplicación industrial, pero de ella se pueden obtener sustancias que tienen bastante demanda comercial, como son el alumbre, la alúmina, y la potasa.

^o Dana, E.S. - "A Text Book of Mineralogy". - Sixteenth Printing
Pag. 768.

El ácido sulfúrico (H_2SO_4), es la base de la industria química pesada, y su consumo anual es un índice de la industrialización relativa de la nación que lo produce. Con frecuencia se supone que este ácido se produce con facilidad utilizando como el azufre, materia prima barata y abundante, como los humos de las plantas metalúrgicas que benefician sulfuros metálicos, pero en el caso de la alunita, el ácido que se obtiene es bastante puro, y aunque se trata de un subproducto que no es de importancia primaria, no por eso debe dejarse de mencionar.

Las necesidades del País, en lo que respecta a fertilizantes, son de consideración; por lo que resalta la importancia de la alunita al considerársela como fuente potencial de sulfato de potasio, el cual es una de las sustancias más importantes en la fabricación de abonos químicos. Tan es así, que la mayor parte de los intentos de industrialización de la alunita han girado sobre este producto, puesto que de la alunita se puede obtener una quinta parte de su peso de sulfato de potasio.

El ácido sulfúrico (H_2SO_4), es la base de la industria química pesada, y su consumo anual es un índice de la industrialización relativa de la nación que lo produce. Con frecuencia se supone que este ácido se produce con facilidad utilizando como el azufre, materia prima barata y abundante, como los humos de las plantas metalúrgicas que benefician sulfuros metálicos, pero en el caso de la alunita, el ácido que se obtiene es bastante puro, y aunque se trata de un subproducto que no es de importancia primaria, no por eso debe dejarse de mencionar.

DESCRIPCION Y CLASIFICACION PETROGRAFICA DE ALGUNAS DE LAS
MUESTRAS TOMADAS DURANTE EL ESTUDIO DE LAS ALONITAS DEL
ESTADO DE GUANAJUATO

Número de Muestra: A - 7

Localidad: Mesa de La Laguna, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica : Roca con líneas de flujo, con una inclusión. La roca es efusiva, de tipo riolítico. Puede ser una brecha de arrastre correspondiente a la parte inferior de un derrame de riolita.

Descripción

Microscópica : La lámina corresponde a la inclusión. Fenocristales de oligoclasa, albíta, ortoclasa y cuarzo, corroídos. Toda la pasta está silicificada con calcedonia.

Clasificación: Se trata de un fragmento de roca mineralizada silicificada que pudo ser de tipo riolítico o riódacítico, tanto efusiva como piroclástica. En cuanto a la roca envolvente, macroscópicamente se trata de una riolita.

Clasificó: C. Acosta Del C.

Número de Muestra: B - 7

Localidad: Mesa de La Laguna, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica : Roca color crema de aspecto piroclástico de grano fino.

Descripción

Microscópica: Abundantes fragmentos de cristales de cuarzo, y algunos de ortoclasa y biotita, en una matriz criptocristalina con reliquias de textura vitroclástica.

Clasificación: Toba vítrea con cristales de tipo riolítico, devitrificada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Parece ser que la mayor aplicación industrial de la alunita, extraída hasta la fecha de yacimientos de escaso tonelaje, ha sido en la fabricación de alumbre. El alumbre potásico, o alumbre común, es un mineral que cristaliza en el sistema isométrico, y que tiene un hábito octaédrico. Su fórmula química es semejante a la de la alunita, $K Al (SO_4)_2 \cdot 12 H_2O$. Su dureza es de 2, tiene gravedad específica de 1.76, y cuando puro es incoloro. El alumbre se obtiene con facilidad a partir del tratamiento metalúrgico de las rocas aluniticas.

En Rincón de Centeno, Guanajuato, se ha fabricado alumbre por métodos completamente rudimentarios, posiblemente desde hace un siglo, siendo la secuela de tratamiento muy semejante a la que se aplica en la región de La Tolfa, Italia. El mineral obtenido de las cercanías se coloca en hornos de ladrillo y de cielo abierto, se calcina durante varias horas, usando como combustible leña y ramas secas de arbustos. Una vez calcinado, que propiamente es una tostación debido al pésimo combustible empleado, la masa porosa que resulta se acaba de oxidar fácilmente al contacto del aire, para lo cual se le coloca en forma de tortas circulares en un patio, y se le dan baños de agua periódicamente, con el objeto de humedecer y acelerar las reacciones químicas; se le deja en reposo sujeta a este tratamiento durante un lapso de cuatro semanas. A continuación se pasa todo este material por agua, y se evaporan los líquidos, que generalmente contienen algo de sulfato ferroso, el cual a su vez se separa en su mayor parte por cristalización. Cuando los lí-

quidos en evaporación llegan a tener la concentración correspondiente a 1.4 de densidad, se les vierte en unas pilas para cristalizar el sulfato ferroso, si es que se desea este producto; si no es así, se les tira directamente al arroyo. Las aguas madres que con posterioridad dan el alumbre, se obtienen después de que la masa ya mencionada, lavada con agua fría varias veces, como ya se dijo, se deja escurrir, y después se le trata con agua hirviendo en una caldera de cobre; esta caldera así mismo es calentada mediante el uso de leña; el agua hirviendo disuelve las sales, y cuando ya está saturada, se vierte en unos cristalizadores de madera que no son más que troncos de árbol parcialmente ahuecados, en donde queda sometida la solución a la evaporación por la acción de los rayos solares. Mediante repetidas cristalizaciones se puede ir mejorando paulatinamente la calidad del alumbre; cuanto esto no es de desear, invariablemente de la primera cristalización se separan unos cristales en forma de octaedros, que son los que constituyen el alumbre de inferior calidad. Cuando se desea alumbre cúbico, que tiene exactamente la composición del alumbre tipo o alumbre común, es indispensable realizar una nueva cristalización agregando previamente un exceso de base aluminica, para lo cual se añade carbonato potásico hasta que el precipitado que ocasiona deje de redisolverse, y todo esto a una temperatura que no exceda de 40°C a 45°C, procurando que los cristales se formen en el líquido filtrado. Los cristales que se forman en estas condiciones carecen de hierro.

La industria del alumbre será siempre del tipo de la pequeña industria, pues, aunque es un producto químico de cierta importancia, su consumo es muy limitado.

Ladoo[®], en su obra de Minerales No Metálicos, menciona distintos procesos metalúrgicos modernos para obtener una serie de subproductos de las menas aluniticas.

[®] Ladoo, Raymond B. and Myers, W.M.: "Non Metallic Minerals; 2a. Ed., 1951, McGraw - Hill, Pag. 32.

A P E N D I C E

Número de Muestra: F - 7

Localidad: Arroyo de La Alberca, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca afanítica de color gris claro, con fractura semiconcoide.

Descripción

Microscópica: Textura hialopilitica con vesículas y fenocristales de plagioclasa. La plagioclasa es oligoclasa y andesina. Los microlitos de la pasta, que en su mayoría es criptocristalina, no se pudieron identificar. Quizá la pasta está devitrificada. Mucha clorita. Como minerales opacos presenta magnetita alterada a hematita en los bordes, y hematita. Algunos fenocristales son de ortoclasa; mucha calcita secundaria. Como ferromagnesianos, hornblenda alterada. Presenta síntomas de metamorfismo por anomalías ópticas de sus cristales.

Clasificación: Latita (?) muy alterada.

Clasificó: C. Acosta Del C.

Número de Muestra: J - 7

Localidad: Arroyo de La Cieneguilla, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca blanco grisácea de aspecto clástico de grano grueso, mal clasificada. Contiene abundantes granos blancos de arcilla procedente, probablemente, de la alteración de rocas volcánicas vítricas.

Descripción

Microscópica: Granos alterados de agregados microcristalinos de cuarzo y ortoclasa, en matriz criptocristalina que es de arcillas y vidrio devitrificado alterado.

Clasificación: Toba riolítica muy alterada, posiblemente re-depositada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: K - 7

Localidad: Cerro Cuate Norte, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Boca de color blanco de aspecto argiláceo.

Descripción

Microscópica: Compuesta casi exclusivamente de arcillas del grupo del caolín. Se observan restos de vidrio volcánico y de feldespatos caolinizados. Contiene algunos granos pequeños de cuarzo y cristales cúbicos de hematita pseudomorfos de pirita.

Clasificación: Toba vítrea, probablemente de tipo riolítico, caolinizada por acción hidrotermal.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: R - 7

Localidad: Cerro Piedras de Amolar, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Boca argilácea de color rosado.

Descripción

Microscópica: Compuesta casi exclusivamente de minerales de arcillas, en gran parte del grupo de la montmorillonita. Se observan algunos granos de cuarzo de dimensiones del orden de los limos.

Clasificación: Arcillita. Puede tratarse de cenizas volcánicas alteradas.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de muestra: B - 8

Localidad: Alto de la Joya, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca de color blanco calcedónica, con numerosas vesículas y con cristales.

Descripción

Microscópica : Textura porfirítica en pasta microcristalina con vesículas. Se nota un poco de textura -- fluidal. Fenocristales con crecimiento secundario y corroídos de cuarzo y ortoclasa. La -- pasta microcristalina compuesta de cuarzo y -- ortoclasa. Una de las vesículas rellena de -- ortoclasa manchada de color amarillento café. La pasta es calcedónica en su mayoría, por lo que esta roca o es material de veta o es una -- roca preexistente silicificada. Se da preferencia a esta última acepción.

Clasificación: Roca compuesta de calcedonia vesicular con -- cristales de cuarzo y feldespatos (Novaculita ?). Pudo ser una riolita, actualmente silicificada.

Clasificó: C. Acosta Del C.

Número de muestra: D - 8

Localidad: Alto de la Joya, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica : Roca blanca grisácea con manchas café, de aspecto piroclástico.

Descripción

Microscópica: Granos corroídos de cuarzo en matriz cripto-- cristalina que muestra reliquias de textura -- perlítica. La roca se encuentra muy alterada, posiblemente por acción hidrotermal.

Clasificación: Vitrofiro riolítico muy alterado.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: G - 8

Localidad: Arroyo de Romero, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca clástica de color gris y grano fino.

Descripción

Microscópica: Formada principalmente por granos subangulosos de vidrio andesítico o basáltico devitrificado, los cuales contienen abundante magnetita. Contiene granos de cuarzo y feldespatos; éstos últimos generalmente reemplazados por calcita. La matriz es muy escasa y de tipo arcilloso.

Clasificación: Gravaca volcánica.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: H - 8

Localidad: Cerro Caste Sur, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca de aspecto clástico, mal clasificada, con granos blancos de tamaño fino a grueso, en matriz fina de color pardo rojizo. Los granos blancos son de un mineral de arcilla del grupo de la montmorillonita, procedente, probablemente, de la alteración de fragmentos de pómez.

Descripción

Microscópica: Se observa textura clástica y reliquias de textura vitroclástica. Los granos son en su mayoría de vidrio volcánico devitrificado y muy alterado a arcillas.

Clasificación: Toba vítrica riolítica muy alterada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: A - 9

Localidad: Arroyo del Rascadero, Zona de Romero, Guana-
juato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca afanítica de aspecto volcánico, de color blanco grisáceo con numerosos puntos pardo ro-
jizos.

Descripción

Microscópica: Roca criptocristalina en la cual se observan algunas porciones formadas por agregados mi-
crocristalinos de cuarzo y ortoclasa. Con-
tiene algunos fragmentos de cristales de - -
cuarzo.

Clasificación: Toba vítrea riolítica, devitrificada y alte-
rada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: C - 9

Localidad: Arroyo del Rascadero, Zona de Romero, Guana-
juato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca color crema de aspecto pumítico.

Descripción

Microscópica: Roca criptocristalina finamente vesicular que
contiene fragmentos de cristales de cuarzo y
ortoclasa. Contiene también abundantes gránu-
los de color café de un material que podría -
ser vidrio hidratado. Aparentemente, la masa
criptocristalina está formada por un agregado
de cuarzo y ortoclasa.

Clasificación: Toba vítrea de tipo riolítico, devitrificada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: D - 9

Localidad: Arroyo del Rascadero, Zona de Romero, Guana--
juato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca con aspecto de limolita, de color pardo rojizo muy claro.

Descripción

Microscópica: Textura reliquia de toba vítrica. El vidrio - se encuentra devitrificado y parcialmente alterado a arcillas. Contiene abundantes gránulos microscópicos de color café que pueden - ser de vidrio hidratado; contiene además algunos fragmentos de cristales de cuarzo.

Clasificación: Toba vítrica riolítica (?) alterada

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: F - 9

Localidad: Arroyo del Rascadero, Zona de Romero, Guana--
juato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca de aspecto brechoide, de color crema claro, de tipo piroclástico, con vesículas.

Descripción

Microscópica: Textura reliquia de toba volcánica. El vidrio original de la pasta ha sido devitrificado a calcedonia y a cuarzo microcristalino. Con - minerales del grupo de la caolinita. Pocos - cristales anhedrales de cuarzo y en menor cantidad de albita.

Clasificación: Toba volcánica algo brechoide, silicificada y caolinizada.

Clasificó: C. Acosta Del C.

Número de Muestra: G - 9

Localidad: Arroyo del Bascadero, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca afanítica de color blanco, con manchas amarillentas arregladas en tal forma que dan la apariencia de líneas de fluidez.

Descripción

Microscópica: Roca criptocrystalina muy alterada a arcillas posiblemente del grupo de la montmorillonita, que tiene textura reliquia vitro-clástica.

Clasificación: Toba vítrea riolítica muy alterada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: H - 9

Localidad: Arroyo del Bascadero, Zona de Romero Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

Descripción

Macroscópica: Roca blanca grisácea del aspecto clástico fino.

Descripción

Microscópica: Fragmentos de cristales de cuarzo y ortoclasa en una matriz criptocrystalina, caolinizada, con reliquias de vidrio devitrificado. - Contiene calcedonia.

Clasificación: Toba vítrea riolítica caolinizada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Numero de Muestra: I - 9

Localidad: Arroyo de Romero, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: R. Serna y J. Nava.

cual es particularmente notable en las rocas calcáreas, ya que presentan diferentes grados de recristalización de una localidad a otra. Se considera que los esquistos calcáreos, en lo referente al bajo grado de metamorfismo, son equivalentes a las filitas en los sedimentos arcillosos.

En el arroyo de Charco Prieto se observa un cuerpo de cornubianita, que aparentemente se encuentra alojado en las rocas parametamórficas guardando una relación intrusiva discordante. Se trata de una roca fanero cristalina de color verde (bicolor, aproximadamente la mitad de sus minerales son blancos y la otra mitad verdes) con aspecto acaramelado de viscos plateados. Al microscopio se observa un agregado granulítico de diopsida y plagioclasas, entre las que se distinguen, en orden decreciente de abundancia, andesina, labradorita, y oligoclasa. Se puede notar, sobre todo en las muestras de mano, que las plagioclasas en conjunto prácticamente igualan en abundancia a la piroxena. Estas características hacen suponer que es muy probable que dicha roca sea el producto de la alteración pneumatolítica de una roca eruptiva saturada, que pudo haber sido una diorita.

Por lo que respecta a la edad de las rocas metamórficas anteriormente mencionadas, sólo puede asegurarse que son preterciarias, aunque no se cree probable que las más antiguas sean anteriores a las filitas del Triásico Superior de Zacatecas.

Calizas y Margas

A unos diez kilómetros al Noroeste de Comonfort, sobre la

Descripción

Macroscópica: Roca afanítica, con vesículas, de tonalidad grisácea oscura. Se nota textura fluidal.

Descripción

Microscópica: Textura intergranular algo microporfirítica. Los intersticios entre los microlitos de plagioclasa están ocupados por piroxenas y magnetita. Los microfenocristales son de oligoclasa y andesina; los microlitos son de labradorita. Hay algunos microfenocristales de iddingsita. Las piroxenas intersticiales son gránulos de augita y pigeonita. Los microfenocristales de plagioclasa son de oligoclasa y andesina. La mayoría de los microlitos son de labradorita. Tiene zeolitas en las vesículas.

Clasificación: Basalto con iddingsita.

Clasificó: C. Acosta Del C.

Número de Muestra: AMA - 6

Localidad: Rancho de Corrales, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: C. Acosta y J. J. Martínez.

Descripción

Macroscópica: Roca clástica de grano grueso, mal clasificada. Granos de cuarzo y de feldespato alterado en una pasta afanítica de un matiz morado de tono claro.

Descripción

Microscópica: Fragmentos macroscópicos de vidrio volcánico, lo mismo que de cristales de cuarzo y ortoclasa, incluidos todos ellos en una matriz vitroclástica, que muestra los tepalcates (shards) deformados de tal manera que dan cierta apariencia de estructura fluidal.

Clasificación: Toba vítrica de cristales de tipo riolítico, piroconsolidada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: AMA - 7

Localidad: Arroyo de Romero, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: C. Acosta y J. J. Martínez.

Descripción

Macroscópica: Roca afanítica de color verde oscuro.

Descripción

Microscópica: Reliquias de textura diabásica. Pequeños -- cristales tabulares de labradorita y andesina en una matriz formada de clorita, algo de calcita y restos de augita. La lámina contiene abundantes granos de hematita, y algunos de pirita parcialmente alterada a hematita.

Clasificación: Diabasa propilitizada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Número de Muestra: AMA - 11a, AMA - 11b.

Localidad: La Alberca, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: C. Acosta y J. J. Martínez.

Descripción

Macroscópica: Roca de color blanco de aspecto porfirítico. Granos macroscópicos de cuarzo y de un material blanco amarillento que en algunas partes es muy blanco; contienen también granos de -- un material deleznable que semeja caolín, pero probablemente se trata de agregados microcristalinos de alunita.

Descripción

Microscópica: Vestigios de textura vitroclástica. Fragmentos corroídos de vidrio volcánico, de cristales de cuarzo, y de ortoclasa y albita (raros), en una matriz criptocristalina algo caolinizada y silicificada. En algunas partes de la pasta se observan agregados microcristalinos de cuarzo y ortoclasa. La albita no presenta gemelación. El vidrio es muy limpio y tiene un color café muy claro; algunos fragmentos se encuentran reemplazados por cristales tabulares de alunita, en forma casi total o sólo hacia la periferia; algunos fragmentos

presentan principios de devitrificación. En uno de los fragmentos de vidrio de la lámina AMA - 11b se notan cristales incipientes de alunite arreglados en tal forma que dan idea de una estructura de fluidez; probablemente se trata de cristalitos reemplazados por alunite.

Clasificación: Toba vítrea con cristales, riolítica, alunizada.

Clasificó: J. J. Martínez Bermúdez.

Nota: Se estudiaron 22 muestras más de rocas alunizadas, tomadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar tanto en el cerro Alto de la Joya como en el cerro Pinto. Considerando que la muestra descrita anteriormente es bastante representativa, por lo que respecta a la composición y características microscópicas, no se considera necesario incluir la descripción de las restantes.

Número de Muestra: AMA - 16

Localidad: Arroyo Charco Prieto, Zona de Romero, Guanajuato.

Colectó: C. Acosta y J. J. Martínez.

Descripción

Macroscópica: Roca fanero cristalina de grano grueso, de color verde con manchas blancas.

Descripción

Microscópica: Textura granoblástica. Roca formada principalmente por diopsida y plagioclasas. Entre las plagioclasas se distinguen, en orden de creciente de abundancia, andesina, labradorita y oligoclasa.

Clasificación: Cornubianita (hornfels) diopsídico-plagioclásica.

Clasificó: C. Acosta y J. J. Martínez.

BOSQUEJO GEOLOGICO

Antes de iniciar la descripción geológica de la zona alunítica de Juventino Rosas y Neutla, se considera pertinente hacer notar que las observaciones efectuadas en el campo, dados los fines del trabajo, fueron de un carácter muy general y que, por lo tanto, es muy somero el conocimiento que se tiene de la estratigrafía y tectónica de la región, ya que se trata de una zona volcánica que sin duda debe presentar muchas complejidades locales. No obstante, tomando en consideración las características litológicas y las relaciones estratigráficas de las rocas que afloran en la región, lo mismo que algunas complicaciones aparentes de origen tectónico, se han reconocido tentativamente varias formaciones y se ha delucidado más o menos claramente su orden cronológico. No se han encontrado fósiles en la zona, así que al asignárseles edad a estas formaciones no se ha contado con datos paleontológicos, sólo se pudo tomar como base la correlación litológica entre algunas de ellas y las existentes en otras localidades del mismo estado que han sido estudiadas con más detalle. Así pues, puede decirse, con las reservas del caso, que la columna geológica de la zona alunítica de Guajalajara es la que aparece a continuación:

7.- RECIENTE

Aluviones y Suelos

6.- PLEISTOCENO

Basaltos
 Espesor máximo estimado: 20 metros, en el cerro El Sombrerito.

DISCORDANCIA

(Angular y de Depósito)

5.- PLIOCENO

b).- TOBAS "C"

Tobas andesíticas, arenas, y gravas. Espesor máximo estimado: 20 metros, en El Naranjillo.

a).- RIOLITAS "B"

Riolitas vesiculares con estructura fluidal poco conspicua marcada por la forma y orientación de las vesículas. Espesor máximo estimado: 15 metros, entre Juventino Rosas y cerro Pinto, en el cerro del Sauz.

DISCORDANCIA

(Angular y de Depósito)

4.- MIOCENO

c).- TOBAS "B"

Parte Superior.- Serie lacustre formada por lechos delgados, interestratificados, de grauvacas volcánicas y tobas riolíticas, riodacíticas y andesíticas, todas ellas generalmente deleznable. Espesor máximo estimado: 250 metros, en el cerro Blanco.

Parte Inferior.- Tobas y brechas riolíticas, en parte piroconsolidadas y silicificadas. Espesor máximo estimado: 80 metros, en el cerro Barbón.

b).- RIOLITAS "A"

Riolitas no vesiculares con estructura fluidal muy conspicua marcada por delgadas bandas de tonos rosados y rojos, sobre todo en las porciones más intemperizadas. Vidrios y vitrofiros riolíticos. Espesor máximo estimado: 50 metros, entre los arroyos Zapotito y Agua Zarca.

DISCORDANCIA

(Angular y de Depósito)

a).- TOBAS "A"

Tobas y brechas riolíticas silicificadas, piroconsolidadas (llamadas también ignimbritas o welded tuffs). Espesor máximo estimado: 200 metros, en el arroyo de La Alberca.

DISCORDANCIA

(Angular, de Depósito y de Tiempo)

3.- EOCENO SUPERIOR-OLIGOCENO INFERIOR

b).- COMPLEJO DE ROCAS VERDES.

Latitas y andesitas comúnmente propilitizadas. Tobas (?) de la misma composición. Diabasas. Espesor máximo estimado: 30 metros, en el arroyo Charco Prieto.

DISCORDANCIA

(Angular, de Depósito y de Tiempo)

a).- CONGLOMERADO GRIS

Conglomerado formado por fragmentos de calizas, margas, pedernales, y rocas metamórficas. Espesor máximo estimado: 15 metros, en el arroyo Charco Prieto.

DISCORDANCIA

(Angular, de Depósito y de Tiempo)

2.- CRETACICO

HIATUS por erosión.-

Calizas y margas gris verdosas, en estratos delgados. Espesor máximo estimado: 150 metros, en la carretera a San Miguel Allende, a 10 kilómetros al Noroeste de Comonfort.

DISCORDANCIA

(Angular, de Depósito y de Tiempo)

1.- TRIASICO SUPERIOR-JURASICO

b).- ROCAS ORTOMETAMORFICAS

Cornubianita alojada en rocas parametamórficas guardando una relación intrusiva discordante. Se considera muy probable que esta roca sea una diorita metamorfoseada.

a).- SERIE PARAMETAMORFICA

Parte Superior.- Serie interestratificada de pizarras arcillosas y calcáreas, y calizas recristalizadas en las cuales pueden observarse lentes de pedernal negro.

Parte Inferior.- Esquistos calcáreos.

Rocas Metamórficas

Las rocas más antiguas forman parte de una serie metamórfica que aflora en el arroyo de Charco Prieto, rancho de Corrales, arroyo de Ojo de Agua de García, rancho de Don Diego, y en el poblado de Rincón de Centeno. La parte inferior de la serie está constituida por esquistos calcáreos de tonalidad gris aparlada, y puede observarse mejor representada en las dos últimas localidades mencionadas. La parte superior consiste de una alternancia de lechos, generalmente delgados, de pizarras arcillosas y calcáreas, y calizas recristalizadas en las cuales es común observar lentes de pedernal negro; se considera al rancho de Centeno como la mejor localidad representativa de esta parte de la sección. El grado de metamorfismo que exhiben estas rocas es bajo, aunque no siempre uniforme en toda la sección, lo

cual es particularmente notable en las rocas calcáreas, ya que presentan diferentes grados de recristalización de una localidad a otra. Se considera que los esquistos calcáreos, en lo referente al bajo grado de metamorfismo, son equivalentes a las filitas en los sedimentos arcillosos.

En el arroyo de Charco Prieto se observa un cuerpo de cornubianita, que aparentemente se encuentra alojado en las rocas parametamórficas guardando una relación intrusiva discordante. Se trata de una roca fanero cristalina de color verde (bicolor, aproximadamente la mitad de sus minerales son blancos y la otra mitad verdes) con aspecto acaramelado de viscos plateados. Al microscopio se observa un agregado granulítico de diopsida y plagioclasas, entre las que se distinguen, en orden decreciente de abundancia, andesina, labradorita, y oligoclasa. Se puede notar, sobre todo en las muestras de mano, que las plagioclasas en conjunto prácticamente igualan en abundancia a la piroxena. Estas características hacen suponer que es muy probable que dicha roca sea el producto de la alteración pneumatolítica de una roca eruptiva saturada, que pudo haber sido una diorita.

Por lo que respecta a la edad de las rocas metamórficas anteriormente mencionadas, sólo puede asegurarse que son preterciarias, aunque no se cree probable que las más antiguas sean anteriores a las filitas del Triásico Superior de Zacatecas.

Calizas y Margas

A unos diez kilómetros al Noroeste de Comonfort, sobre la

carretera a San Miguel Allende, aflora una serie marina, probablemente cretácica, compuesta de estratos delgados, intensamente plegados, de calizas y margas gris verdosas, que no se han observado dentro del área estudiada ya sea porque está cubierta por la sección volcánica terciaria, o bien porque existe un Hiatus (pérdida de record geológico) por erosión, la cual parece ser lo más probable. Se le estima un espesor aproximado de 150 metros a esta serie.

Conglomerado Gris

Cerca de la confluencia de los arroyos Charco Prieto y Piedras de Amolar, se observa un conglomerado que descansa sobre pizarras arcillosas de la serie metamórfica Triásico-Jurásica (?). Este conglomerado, al que se le ha denominado "Conglomerado Gris", probablemente constituye la base de la sección terciaria y está formado por cantos de calizas, margas, pedernales, y rocas metamórficas. Por lo regular, los cantos son subangulosos o subarredondados y están incluidos en una matriz arcillo-arenosa más o menos calcárea, de tonalidad gris. En la única localidad en que se le descubrió, mencionada anteriormente, se le estimó un espesor máximo de 15 metros.

Complejo de Rocas Verdes

Se le ha denominado "Complejo de Rocas Verdes" a un grupo de rocas eruptivas y piroclásticas (?), caracterizadas por mostrar ese color en la mayoría de sus afloramientos. Como pue

de observarse en el arroyo de Charco Prieto, estas rocas tienen en conjunto un espesor máximo del orden de los 30 metros, descansan discordantemente sobre la cornubianita diopsídico-plagioclásica, y están cubiertas por tobas riolíticas alunitizadas (Tobas "A"). Las "Rocas Verdes" son latitas en su mayor parte, y en menor proporción diabasas y probablemente andesitas y tobas metamorfoseadas de la misma composición. Estas dos últimas se han identificado al microscopio con poca certeza, debido al grado de alteración de estas rocas.

Las latitas presentan una tonalidad gris verdosa, salvo las que afloran en la zona comprendida entre el flanco Sureste del cerro El Sombrerito y el poblado de Corrales, y en una localidad al Norte de Don Diego, las cuales conservan su color original, o sea un morado muy claro, casi tonalidad lila. Vistas al microscopio se les han reconocido texturas tanto hialopiliticas como microporfiríticas, con microfenocristales de oligoclasa, andesina, ortoclasa, y hornblenda alterada, todos ellos incluidos en una matriz generalmente criptocristalina con microlitos de feldespato y granos de magnetita y hematita; en algunas muestras se les pueden observar vesículas y líneas de flujo, de notándose estas últimas por la presencia orientada de escamas de hematita. El color verde que comúnmente se observa en los afloramientos de estas rocas se debe a la acción de procesos hidrotermales que han reemplazado a los minerales ferromagnesianos por clorita, a los feldespatos por sericita y calcita, y a la magnetita por pirita (propilitización). El color verde, por

supuesto, es impartido por la clorita.

Las diabasas presentan generalmente un color verde oscuro, y se les puede distinguir macroscópicamente algunos fenocristales de plagioclasa. Vistas al microscopio se les observa una textura diabásica[®], cristales subhedrales y euhedrales de plagioclasa (labradorita en su mayoría, y en menor cantidad andesina y oligoclasa) en matriz de piroxena (augita) anhedral; como productos de alteración se observan cloritas, calcitas, piritas, y leucoxenos, indicando que también han sufrido el proceso de propilitización que afectó a las latitas y, por lo tanto, que éste no pudo haber sido deutérico.

Dada la posición estratigráfica de este complejo cabe pensar en la probabilidad de que pertenezca a la base de la sección terciaria de la región, y de que sea ligeramente más antiguo, o contemporáneo, de la base del conglomerado Rojo de Guanguato, es decir, de una edad Eoceno Superior u Oligoceno Inferior.

Tobas "A"

Descansando discordantemente sobre las "Rocas Verdes" (Zona de Romero), o sobre las rocas metamórficas Triásico-Jurásicas (Zona de Neutla), se encuentran unas tobas de composición

[®] De acuerdo con Kemp la textura diabásica no es exactamente igual a la textura ofítica y se distinguen en que en la primera predomina la plagioclasa, y la piroxena se encuentra llenando los intersticios dejados por ella, mientras que en la textura ofítica la piroxena, que forma la mayoría de la pasta, mesostasis, o matriz, y que se presenta en formas que varían de anhedrales a subhedrales, embebe materialmente a la plagioclasa euhedral o subhedral.

principalmente riolítica, a las cuales se les ha denominado "Tobas A", para diferenciarlas de otras más recientes del mismo tipo. En la sección que aflora en los arroyos de la Joya y La Alberca, a la cual se le estima un espesor máximo del orden de -- los 200 metros, se puede apreciar que estas rocas piroclásticas varían en sentido vertical casi gradualmente de textura y composición, de tal manera que se observa una alternancia de horizontes de características francamente vítricas, de características cristalinas (tobas de cristales), o de composiciones líticas, y horizontes que presentan varios grados de combinación de estas características (vítricas con cristales, vítricas líticas, etc. etc.). Son rocas macizas de colores muy claros, en parte piroconsolidadas (welded tuffs o ignimbritas), que se presentan en capas de espesor variable entre unos cuantos centímetros y varios metros. Es común encontrar en ellas fragmentos de pómez, o por lo menos evidencias de su existencia, así como fracturas de enfriamiento, (planos de disyunción), si se trata de las partes piroconsolidadas. Es conveniente hacer notar que en algunas localidades gran parte de estas tobas, no sólo las piroconsolidadas, tienen la apariencia de riolitas afaníticas o porfíricas alteradas; tan es así que anteriormente se les había -- considerado como tales. No cabe duda de que se trata de tobas, y de que esta apariencia es consecuencia directa de la mineralización que han sufrido o de la forma en que se han consolidado (piroconsolidadas), ya que vistas al microscopio no es raro reconocer por lo menos reliquias de texturas vitroclásticas y fragmentos de pómez.

Las Tobas "A" afloran sobre una amplia extensión de terreno como remanentes de la erosión, ocupando las partes altas de algunas formas topográficas positivas. En la zona comprendida entre Juventino Rosas y Comonfort, del lado de la sierra, son particularmente abundantes; todas ellas están silicificadas y en parte han sido, además, intensamente caolinizadas o alunitizadas.

Comparando la sección geológica con la del Distrito de Guanajuato, las Tobas "A" pueden correlacionarse con las tobas riolíticas que descansan sobre las areniscas tobáceas de la Eufra, que a su vez suprayacen al Conglomerado Rojo de Guanajuato, y por lo tanto, puede asignárseles tentativamente una edad Miocénica.

Riolitas "A"

Sobre las Tobas "A", como puede observarse entre los arroyos Zapotito y Agua Zarca, yace localmente una serie de rocas eruptivas efusivas de tipo riolítico entre las que se identifican riolitas, vidrios y vitrofiros ácidos, que en conjunto alcanzan un espesor máximo del orden de los 50 metros. Estas riolitas se distinguen macroscópicamente de otras más recientes (Riolitas "B"), en que presentan una estructura fluidal muy conspicua marcada por un fino bandeamiento coloreado de diversos tonos de rosa y rojo.

Tobas "B"

En los cerros Alto de la Joya y Barbón las Tobas "A" y Riolitas "A" están cubiertas discordantemente por una serie de rocas piroclásticas de características semejantes a las de las Tobas "A", pero que en general se presentan en estratos de espesores no mayores de un metro, son menos macizas y más porosas, no están mineralizadas, y son sólo vítricas y líticas. Entre estas rocas se distinguen tanto delgadas capas como gruesos bancos de calcedonia que con toda seguridad constituyen depósitos superficiales de antiguos manantiales termales. A esta serie se le ha colocado tentativamente en la base de las Tobas "B", y se le estima un espesor máximo de 80 metros en la sección que aflora en el cerro Barbón. Se le dió el nombre de Tobas "B" a una serie de rocas, principalmente piroclásticas, que afloran en una gran área de la Zona de Romero, cubriendo discordantemente a las Tobas "A" y rocas más antiguas. Se caracterizan por ser sumamente deliznables y por presentar una estratificación tan perfecta que hace suponer que fueron depositadas en agua. Las Tobas "B" consisten de una alternancia de lechos, de 10 a 100 centímetros de espesor, de tobas riolíticas, riolíticas y andesíticas, y grauwacas volcánicas, que en conjunto alcanzan un espesor máximo que se ha estimado en 250 metros (cerro Blanco). Los colores de estas rocas son: blanco, gris, amarillento o rojizo, y presentan echados al noroeste que llegan a ser del orden de los 70°, indicando que la región ha sufrido

fuertes trastornos tectónicos, ya que tales echados no pueden ser originales. Como consecuencia de tal período diastrófico, ocurrido probablemente a fines del Mioceno, las Tobas "B" yacen anormalmente en el flanco oriental del cerro del Alto de la Joya y en los flancos occidentales de los cerros Cuates y del Sombrerito, debido a un sistema de fallas (tal vez tres) normales que corren aproximadamente en dirección Norte-Sur. Estas son fallas normales y basculantes, y el block hundido alcanza su máxima depresión hacia el Sur.

Por la relación que existe, tanto estratigráfica como en composición, entre gran parte de estas rocas y las Tobas "A", se les asigna tentativamente también al Mioceno.

Riolitas "B"

Entre Juventino Rosas y el cerro Pinto se observan remanentes de gruesos derrames de riolita que yacen en marcada discordancia angular sobre las Tobas "B". Se les ha llamado Riolitas "B" y se distinguen de las Riolitas "A" en que son vesiculares y en que presentan una estructura fluidal menos conspicua, marcada generalmente sólo por la forma y orientación de las vesículas.

Se les estima un espesor máximo del orden de los 15 metros. Por su posición estratigráfica se les considera tentativamente como pertenecientes al Plioceno.

Tobas "C"

Al poniente del yacimiento de el Alto de la Joya, lo mismo que en las inmediaciones del poblado El Naranjillo, se puede observar una serie de sedimentos poco consolidados formados principalmente por granos y fragmentos de rocas de toda la sección terciaria, mezclados en diferentes proporciones con materiales piroclásticos finos. Dentro de estas series se distinguen arenas, gravas, grauvacas volcánicas, y tobas andesíticas. En el Alto de la Joya puede observarse que descansan discordantemente sobre las Tobas "B" y Riolitas "A", y en El Naranjillo, que subyacen a unos derrames de basalto; en esta última localidad se les estima un espesor máximo de 20 metros.

Basaltos

Los derrames más jóvenes de la región son sin duda los basaltos, que se notan descansando tanto sobre las Tobas "C", como sobre las "B" y las "A".

Se trata de basaltos con iddingsita, (alteración del olivino), de textura intergranular algo porfirítica, con vesículas comúnmente rellenas con zeolitas. Se les estima un espesor máximo de 20 metros en el cerro El Sombrerito. Por lo que respecta a su edad, se les ha colocado tentativamente en el Pleistoceno.

Yacimientos de Alunita

Los yacimientos de alunita de Guanajuato son hidrotermales de baja temperatura de tipo mixto, es decir, de relleno de cavidades y de sustitución. Las rocas que alojan el mineral son tobas riolíticas (Tobas "A") que contienen elementos vítreos cuyas características químicas fueron el factor determinante en la localización de la mineralización. La roca alunitica de la "Zona de Romero" es generalmente de grano fino, muy compacta, de color blanco o rosado, tiene una fractura que varía de regular a semiconcoidal de acuerdo con su contenido de sílice, y una apariencia más o menos aporcelanada; es relativamente común observar en ella tanto vesículas como huecos dejados por fragmentos de pómez, ambos parcialmente rellenos de cristales de alunita. Es también frecuente observar, en las paredes de algunas de las múltiples fisuras que presentan, costras de casiterita, specularita, y alunita, lo mismo que dentro de las oquedades antes mencionadas. El estudio de los sistemas prevalentes de fisuras y juntas nos indica que son debidas principalmente a: la piroconsolidación de estas rocas, en menor escala al tectonismo, y por último, a los efectos del intemperismo y al agrandamiento de las fisuras superficiales; constituye todo el conjunto un sistema complicado reticular de fisuras, la mayoría de ellas unidas entre sí.

Comúnmente se encuentran estas tobas alunitizadas en las partes prominentes de las elevaciones topográficas, debido a su

resistencia a los agentes erosivos, y están rodeadas generalmente por rocas piroclásticas más recientes situadas a niveles inferiores, como puede observarse en los yacimientos del Alto de la Joya, cerro Piedras de Amolar, cerros Cuates, El Bascadero, y cerro Pinto.

Las rocas susceptibles de presentar mineralización de alunita, es decir, las llamadas Tobas "A", afloran en una gran extensión de terreno en forma de manchones aislados, en la generalidad de los casos. Como ya se dijo anteriormente, son muy abundantes en la zona de la sierra comprendida entre Juventino Rosas y Comonfort, aunque sólo en parte han sido alunitizadas. No obstante, la extensión de los yacimientos de alunita, en conjunto, debe ser considerable a juzgar por las características de los pocos afloramientos visitados. Sólo en la Zona de Romero, según cálculos de Serna y Nava, los yacimientos de alunita tienen una superficie del orden de los 800,000 metros cuadrados. Según los autores, esa superficie mínima observada hasta la fecha, incluyendo Tobas "A" cubiertas por un corto espesor de Tobas "B", es del orden de 2 500 000 metros cuadrados con espesores medios de 100 metros.

Recordando que el espesor máximo observado en estas rocas es del orden de los 200 metros, no resulta aventurado afirmar que la región presenta enormes posibilidades de suministrar grandes volúmenes de rocas alunitizadas.

GENESIS Y PARAGENESIS DE LOS YACIMIENTOS DE
ALUNITA DE LA ZONA DE BOMBEO

SIGMA-CRM

TI 110020

Generalidades

En la génesis de los yacimientos de alunita, por lo que respecta a la localización del mineral, jugaron un papel importante algunas de las características físicas de la roca huésped, particularmente su porosidad y su permeabilidad. Aunque estos conceptos son de todos conocidos, se considera conveniente recordarlos brevemente para mayor claridad en la exposición del tema.

Los poros son espacios vacíos de materia que accidentalmente existen en los cuerpos, entendiéndose por estos últimos las soluciones de continuidad sólida. Se pueden dividir en intersticios o poros supercapilares, intersticios capilares, e intersticios subcapilares. Los intersticios supercapilares son aquellos cuyas dimensiones son tan grandes que el agua no puede ser levantada o sostenida dentro de ellos por la atracción molecular, excepto en el menisco. Los intersticios subcapilares son teóricamente tan pequeños que la atracción entre las moléculas de sus paredes se extiende por todo el espacio abarcado por ellos, de manera que se supone que el agua en esos intersticios queda tan firmemente retenida que no puede ser movida excepto por fuerzas que excedan grandemente las presiones que usualmente se encuentran en las aguas subsuperficiales. Los intersticios capilares son aquellos en los que se ejerce la fuerza de atracción molecular de tal manera que el agua se eleva en el interior de ellos.

La porosidad de una roca es su propiedad de contener intersticios. Se expresa cuantitativamente como el porcentaje del volumen total de la roca que está ocupada por intersticios, es decir, es la relación que existe entre el volumen de espacios vacíos y el volumen total del cuerpo, expresado en por ciento. La permeabilidad de un cuerpo es la capacidad que tiene de transmitir o dejar pasar un fluido bajo presión; sólo en determinadas ocasiones es una función de la porosidad. Esto último se realiza cuando los poros están intercomunicados con intersticios de tamaños supercapilares, para el caso de las aguas subterráneas o de las soluciones mineralizadas, y por aberturas que pueden llegar a ser tan pequeñas como las subcapilares, para el caso de los fluidos gaseosos. Por otra parte, las características del fluido, así como la presión a la cual se encuentra sometido, hacen que varíe grandemente la permeabilidad de las rocas; como ejemplo ilustrativo se tiene el caso, mencionado por Bridgeman⁹ de que el acero estructural, aunque es impermeable al aire, es traspasado fácilmente por aire sometido a una presión de 60 mil atmósferas.

Las fuerzas que controlan el flujo de fluidos a través de la roca son, en lo general, la gravedad, atracción molecular, presión, y la temperatura. En las aguas subterráneas obra de preferencia la gravedad y la atracción molecular; en el flujo o

⁹ Bridgeman, T.W.; "Experiments on the Effects of Extremely High Pressure"; Compressed Air Mag., Vol. 26, p.p. 10223-10225, Sept. 9, 1921.

progresión de las soluciones hidrotermales obran de preferencia la gravedad, la presión, y la temperatura, siendo éstas dos últimas las más importantes; en el caso de los gases, las que obran primordialmente son la presión, y la temperatura.

Bajo las rocas y en el seno de las rocas, los flúidos subterráneos se pueden mover bajo un flujo laminar o bajo un flujo turbulento. En el laminar las partículas elementales de agua se mueven en líneas más o menos paralelas orientadas en el sentido del flujo, mientras que en el turbulento las partículas toman cualesquier trayectoria irregular, e inclusive llegan a girar al formar parte de remolinos. El flujo laminar ocurre a bajas velocidades, mientras que el turbulento toma lugar a altas, o sea que el carácter del movimiento depende de la velocidad. En el caso específico del agua queda expresada esta relación por el número de Reynolds, el que no tiene dimensiones y se representa por una fórmula en la cual interviene la velocidad media de las partículas elementales de agua, el diámetro del conducto en el cual se mueve, la densidad del agua, y su viscosidad. Para el caso de los flúidos gaseosos sería una variante de dicho número, ya que la viscosidad de los gases es nula o casi nula.

Factores Determinantes en la Localización de la Mineralización

Si bien es cierto que la porosidad de los sedimentos es una función de la uniformidad del tamaño y de la forma de las

partículas, lo mismo que del grado de arreglo de éstas, fueron otros factores los que determinaron la porosidad original o primaria de las Tobas "A"; entre estos deben mencionarse la temperatura y grado de plasticidad de los elementos vitroclásticos que constituyen su matriz, la velocidad de depósito de estos elementos, y el grado de fracturamiento (juntas, fisuras, y otras cavidades) y de cementación desarrollado durante su compactación o consolidación. Por tal motivo, es de suponerse que originalmente la porosidad efectiva (poros intercomunicados) de las Tobas "A" era relativamente baja. No obstante, cuando empezaron a actuar las soluciones mineralizantes que dieron origen a los yacimientos, encontraron a su paso unas Tobas "A" más porosas, debido a fenómenos tectónicos y a la acción de aguas percolantes. Es decir se desarrolló en ellas una porosidad secundaria o inducida, tanto por la remoción de materia mineral por aguas percolantes, como por la formación de fisuras y juntas, combinadas con las cavidades que se encuentran en las zonas de cizalleo y con el agrietamiento debido al combamiento de los estratos por esfuerzos tectónicos, como puede notarse principalmente en el Alto de la Joya.

Como es de suponerse, la permeabilidad debe haber variado notablemente a través de toda la formación de Tobas "A"; las zonas más permeables fueron aquellas en las cuales las fisuras, juntas, y planos de estratificación formaron un sistema de intercomunicación entre manto de toba y manto de toba. Por otra parte, las características estructurales de estas rocas hicie-

ron que su permeabilidad variara más grandemente en una dirección que en otra, y por consiguiente, tomando en cuenta las variaciones litológicas, resulta ser que consideradas en conjunto se comportaron como anisótropas por lo que a permeabilidad se refiere. Las leyes que rigen el movimiento de las soluciones mineralizantes y de los flúidos gaseosos a través de los medios porosos anisótropos no son las de Darcy, sino aquellas que están representadas por una serie de fórmulas derivadas de teorías que han sido enunciadas principalmente por Ferrandon (1948), Ghizetti (1949), Litwiniszyn (1950), y Irmay (1951)[®], para el comportamiento del flujo de flúidos con las características físicas del agua. Si se desea aplicar fórmulas empíricas, derivadas de las anteriores hipótesis, para el caso de soluciones termales y gases mineralizadores, hay que tener en cuenta la diferencia tan notable de propiedades físicas; como ejemplo, la viscosidad en los gases es prácticamente nula, y en los líquidos disminuye conforme aumenta la temperatura, pero en el caso de las soluciones mineralizantes aumenta a pesar de la alta temperatura que tienen, debido a los minerales que lleva en disolución, a los minerales que lleva en suspensión o suspensoides, y a los que lleva en ese estado tan peculiar de la materia que se llama estado coloidal.

Por lo expuesto anteriormente, es fácil imaginar que el

[®] Scheidegger, A.E.: "The Physics of Flow Through Porous Media"; University of Toronto Press, 1957; pag. 63.

móvimiento de las soluciones mineralizantes que dieron origen a los yacimientos de alunita fué tanto turbulento (canales principales) como laminar, y que estuvo controlado por la permeabilidad inducida o secundaria, así como por la permeabilidad congénita o primaria de las Tobas "A", pero es de hacerse notar que fueron los cambios de porosidad lo que más influyó en la localización de la mineralización económica. No obstante, el factor determinante fué la presencia en ciertos horizontes de tobas vítricas, y aún inclusive de otro tipo, de un vidrio volcánico que se supone es de composición química especial; visto al microscopio presenta un color café claro denotando quizás un mayor contenido de sustancias ferrosas o magnesianas. Este vidrio volcánico especial tuvo, digamos, una afinidad química notable con las soluciones mineralizantes y presentó grandes facilidades para su reemplazamiento selectivo por la alunita. Así pues, la influencia de la roca huésped en la localización del mineral, fué tanto física como química. Por tal motivo, dadas las características litológicas de las Tobas "A", es de suponerse que el tenor de alunita debe presentar cierta homogeneidad a lo largo y a lo ancho de cada una de las capas o estratos, y en cambio debe ser muy irregular y variable en el sentido normal vertical, o "a la profundidad", como suele decirse en términos mineros.

Origen y Características de las Soluciones

La diferenciación magmática de origen, como etapa final,

a un residuo acuoso alcalino rico en materiales volátiles, que puede ser expelido en forma de flúidos mineralizadores denominados soluciones hidrotermales. Cuando el magma en consolidación se encuentra próximo a la superficie, los volátiles se desprenden por ebullición del líquido residual y pueden alcanzar la superficie directamente en forma de gases ácidos, o condensarse en soluciones hidrotermales ácidas (Bateman, 1950)[®].

A juzgar por las características de los yacimientos de alunita de la "Zona de Romero", en su génesis intervinieron tres tipos generales de flúidos. A saber: Aguas subterráneas de temperatura más o menos baja o normal, cargadas de sales pero sin llegar a la saturación; soluciones hidrotermales tanto alcalinas como ácidas sulfúricas, cargadas de mineralizadores; y gases compuestos de mineralizadores y de vapor de agua. La naturaleza de estos flúidos se puede interpretar por inferencia o analogía con los actuales manantiales termales, geiseros, y fumarolas que se desarrollan con plenitud en la zona denominada "Los Azufres", en el Estado de Michoacán, ya que en ella se encuentran en operación, aunque en escala diferente, los procesos de mineralización que dieron origen a los yacimientos de caolín y de alunita de la "Zona de Romero".

Las aguas de los manantiales termales de "Los Azufres" pueden clasificarse dentro del grupo de aguas sódicas silicatas-

[®] Bateman, A.M.: "Economic Mineral Deposits"; Second Edition, John Wiley and Sons, 1950; p. 65.

das, cloruradas, y con azufre. Entre los geiseres predominan los de tipo solfatárico, o sea de los que, aparte de la gran cantidad de vapor de agua que desprenden, arrojan a la atmósfera grandes cantidades de CO_2 , H_2S , S , SO_2 , HCl y NH_4Cl ; el vapor es del tipo clasificado como vapor húmedo sobrecalentado. Tanto los manantiales termales como los geiseres están depositando sílice, pero el depósito más visible de ellos es el de azufre nativo; se puede observar que han alterado las tobas volcánicas de tipo riolítico y riodacítico que abundan en la zona, silicificándolas y transformando sus feldespatos a caolín; se notan también grandes depósitos de caolín en las cercanías; así mismo, se supone que están depositando alunita, aunque esto falta por comprobar ya que no se pudo identificar dicho mineral en las láminas de rocas recogidas en esta localidad.

Las soluciones hidrotermales alcalinas que intervinieron en la formación de los yacimientos de alunita deben haber migrado de un intrusivo que se estaba consolidando a la profundidad, permeando las rocas metamórficas y las "Rocas Verdes" hasta alcanzar las Tobas "A". Las emanaciones gaseosas, dado su carácter ácido, tuvieron que proceder de un intrusivo cercano a la superficie y muy bien pudieron haberse mezclado con aguas subterráneas, para dar origen a las soluciones hidrotermales ácidas por la oxidación del SO_2 .

Génesis de los Yacimientos

El origen de los yacimientos de alunita, que hasta la fe

cha se han estudiado en el mundo entero, es un problema al que no se le ha dado una solución única. La divergencia de opiniones que existe al respecto se debe, en gran parte, a que el origen de la alunita puede variar no sólo de una localidad a otra, sino también en diferentes partes de un mismo yacimiento. En síntesis, se han presentado buenas evidencias de que la alunita se puede formar de las siguientes maneras:

- a).- Por depósito directo de soluciones gaseosas.
- b).- Por depósito directo de soluciones hidrotermales -- ácidas sulfúricas.
- c).- Por alteración de feldespatos potásicos debido a la acción recíproca de soluciones hidrotermales (con sulfuros alcalinos) y aguas superficiales oxidantes.
- d).- Por alteración de feldespatos potásicos debida a la acción de soluciones ácidas sulfúricas percolantes.

Aquí es conveniente aclarar, que en lo que se refiere a los yacimientos de Romero, en México, los autores del presente estudio indican una quinta manera de formarse, que es por ataque y reemplazamiento de un vidrio volcánico de características especiales.

En todos los casos el radical sulfato es proporcionado por la solución. Según el tipo de depósito, la alúmina y la po-tasa son introducidas por la solución (casos "a" y "b"), o bien son proporcionadas por la roca huésped ("casos "c" y "d").

Es tan variado el criterio que sostienen los diferentes investigadores que han estudiado yacimientos de alunita, en lo que respecta al origen del ácido sulfúrico lo mismo que al de -

los elementos introducidos por las soluciones, que no tiene caso discutirlos en el presente informe.

En lo que respecta a la génesis de las rocas aluníticas de la "Zona de Romero" intervinieron los cinco factores que menciona Esteman⁹ como esenciales para la formación de los yacimientos hidrotermales, que son los siguientes:

1).- "Disponibilidad de soluciones mineralizantes capaces de disolver y transportar materia mineral". Dadas las características de los yacimientos, se supone que por lo menos intervinieron dos tipos de soluciones: una de ellas hidrotermal básica alcalina, y la otra ácida sulfúrica, de fases tanto líquidas como gaseosas.

2).- "Existencia de aberturas en la roca capaces de permitir la migración de las soluciones". Tal fué el caso de las cavidades existentes tanto en las Tobas "A" como en las rocas subyacentes.

3).- "Sitio disponible para el depósito de la materia mineral". Tal fué el caso de las rocas de porosidad anisótropa que constituyen las Tobas "A".

4).- "Reacción química cuyo resultado sea el depósito". Tal fué el caso de la reacción, entre las soluciones sulfúricas y un vidrio volcánico de composición especial, que dió origen a la alunita.

5).- "Concentraciones suficientes de mineral depositado"

⁹ Op. cit.; p. 96

para constituir yacimientos económicamente explotables". Tal es el caso de gran parte de los horizontes de las Tobas "A".

Paragénesis de los Yacimientos

En la formación de los depósitos minerales, no solamente de este tipo sino de cualesquier otro, los minerales se depositan, o se concentran, en determinada secuencia u orden. Ese orden de depósito se llama paragénesis; en el caso de los minerales constitutivos de las rocas este orden está regido por las llamadas leyes de Bowen.

Para explicar las características de los yacimientos de alunita de la "Zona de Romero" se supone, como ya se ha mencionado, que en su génesis intervinieron por lo menos dos tipos de soluciones termales: una de ellas básica alcalina, y la otra ácida sulfúrica. La acción de estas soluciones pudo haber estado separada por un lapso de tiempo relativamente grande, o pudo ser casi simultánea, pero en cualquiera de los casos las alcalinas fueron las primeras en actuar. Estas soluciones al percolar las rocas de la región las afectaron en la siguiente forma:

I - Primera mineralización (Soluciones termales alcalinas).

Las soluciones de la primera mineralización debieron ser alcalinas desde su origen, que pudo ser relativamente lejano, ya que a su paso se propilitizaron intensamente las latitas y andesitas impartiendoles el color verde que comunmente se les observa en sus afloramientos; las tobas riolíticas que descansan discordantemente sobre dichos derrames, fueron caolinizadas en ma--

yor o menor grado, debido a variaciones en su permeabilidad, con lixiviación de sílice. La lixiviación fué particularmente intensa en los fragmentos de pómez que con frecuencia se presentan en dichas tobas, de tal manera que en algunos lugares solo quedó una cavidad con residuos arcillosos dentro de ella. La sílice y cuarzo lixiviados de la zona de caolinización fué depositado tanto en la superficie como en las mismas tobas, hacia las zonas donde estuvieron localizados los canales principales o zonas de mayor permeabilidad por donde estuvieron fluyendo las soluciones hasta aflorar finalmente como manantiales termales. Así pues, como consecuencia del paso de las soluciones alcalinas, las tobas riolíticas sufrieron una caolinización local y una intensa silicificación de algunas porciones; y por otra parte, hubo abundante depósito de calcedonia en la superficie.

II.- Segunda mineralización (Soluciones termales ácidas y sulfúricas.)

Posteriormente al flujo de las soluciones termales alcalinas empezaron a llegar emanaciones gaseosas a la superficie, como lo atestigua la presencia de casiterita y specularita en las Tobas "A". Es muy probable que estas emanaciones, al combinarse con aguas subterráneas de origen meteórico, dieran origen a las soluciones termales ácidas sulfúricas que efectuaron la mineralización de alunita. Parte de estas emanaciones estuvieron alcanzando continuamente la superficie en forma gaseosa, combinadas con gran cantidad de vapor de agua, dejando como testigo de su paso costras de casiterita, specularita, y alunita, en

las paredes de las fisuras que les sirvieron como canales.

Considerando que no se encuentran cantidades apreciables de alunita en las zonas donde fué casi completa la caolinización provocada por la primera mineralización, es de suponerse que la alunitización no fué tan intensa en estas partes debido a que las soluciones no llevaban en su carga el potasio que entró a formar parte de la alunita, y todo esto favorecido por la disminución de la permeabilidad ocasionada por la formación de caolín durante la mineralización primera.

A juzgar por las observaciones hechas, tanto en el campo como en el laboratorio, la alunitización se realizó más intensamente en las zonas parcialmente caolinizadas y silicificadas que permitieron la existencia de las cavidades dejadas por el pómez, mencionadas al hablar de la primera mineralización. Aún dentro de estas zonas la mineralización fué selectiva, siendo más intensa en determinados horizontes favorables tanto por su porosidad, y permeabilidad, como por su contenido de fragmentos de vidrio volcánico de características químicas tan especiales que le permitieron no sólo resistir la acción de la primera mineralización y los procesos de devitrificación que sufrió el resto de la masa vítrea, sino también constituir un medio favorable para la formación de alunita por procesos de reemplazamiento. La alunita también se encuentra diseminada en las tobas rellenando cavidades preexistentes (principalmente las oquedades dejadas por el pómez), y está asociada, en ocasiones, con hematita especular. En realidad, es en esta última forma en la

que se presentan las mayores concentraciones de dicho mineral. Tal hecho parece indicar que la alunita se precipitó directamente de las soluciones ácidas, tanto líquidas como gaseosas, y por lo tanto es de suponerse que parte del mineral formado por procesos metasomáticos fué disuelto y redistribuido por las propias soluciones que le dieron origen.

Se podría suponer que las soluciones ascendentes ácidas estaban cargadas originalmente de alunita al punto de saturación, o que atacaron y lixiviaron minerales de alúmina y potasio que encontraron a su paso, pero se llega a la conclusión de que tal cosa no pudo haber sucedido ya que si estas soluciones hubieran traído potasio originalmente, éste hubiera sido introducido en la cornubianita y en las "Rocas Verdes", y se hubieran lixiviado elementos más básicos que el potasio, tales como el sodio y el calcio. Esto constituye un hecho más que favorece la hipótesis de que el potasio fué proporcionado por la propia roca alunitizada.

Edad de la Mineralización

En la "Zona de Romero" se efectuó, a no dudarlo, una intensa actividad postvolcánica, de manera que no sólo se realizaron las mineralizaciones ya descritas. Muy bien pudieron coexistir, o actuar separadamente, soluciones acuosas frías o termales y emanaciones gaseosas de diferentes tipos, pero por lo que respecta a la génesis de los yacimientos de alunita, sólo las mencionadas anteriormente jugaron un papel de importancia, por lo -

menos en apariencia. Por tal motivo se hará caso omiso de las restantes, aunque algunas de ellas dieron origen a varios yacimientos de caolín más jóvenes que se explotan actualmente.

Es muy probable que las soluciones alcalinas de la primera mineralización marquen el fin de la intensa actividad volcánica de tipo paroxismal que dió origen al grueso depósito de Tobas "A".

Con el derrame de las primeras riolitas (Riolitas "A") -- empezó la segunda mineralización como consecuencia de fenómenos postvolcánicos sostenidos por largo tiempo, pues alcanzaron a mineralizar en parte las primeras tobas depositadas posteriormente a la emisión de las riolitas. Así pues, prácticamente se puede fijar el fin del período de alunitización en el tiempo en que se efectuó el depósito de las primeras Tobas "B", y para fines prácticos deben considerarse dichas riolitas como límite estratigráfico superior para explorar los yacimientos económicamente costeables.