

Clasificación y perspectivas de rocas y minerales industriales en la zona de Etzatlán, Jalisco

Eduardo Alfonso Aguilar Pelayo
Universidad Autónoma de San Luis Potosí

Introducción

El objetivo del presente estudio, enfocado a las rocas y minerales industriales, es evaluar los recursos naturales que se utilizan ampliamente en diversas áreas productivas, como la construcción, fertilizantes, cerámica, química, pintura y recubrimientos, etcétera.

Las estadísticas de producción de estos recursos, a nivel nacional y en el estado de Jalisco, muestran que son una fuente importante de derrama económica, aunque algunos materiales se siguen importando, sobre todo aquellos que requieren especificaciones industriales muy particulares, y o no tenemos la tecnología para procesarlos o no contamos con ellos o no se han evaluado.

La actividad minera ha sido de mínima significación para la economía de Jalisco. Lo muestra así su baja aportación al producto interno bruto (PIB) estatal: 1.1% en promedio durante el periodo 1980-1985. La contribución de la minería jalisciense también ha sido reducida, aunque en los últimos años ha mostrado una tendencia creciente de 4.9% del PIB minero del país en 1980 a 6.2% en 1985 (sin considerar la extracción de petróleo y gas en la que Jalisco no participa). Las actividades que destacan son la extracción y beneficio de mineral de hierro con el 18.2% del PIB generado por

esta actividad en el país para 1980, y la explotación de canteras y extracción de arena, grava y arcilla con 12.4% las cuales además aportan el 93.4% del PIB minero del Estado en el mismo año. Es también importante la producción de barita; además existen reservas de otros minerales como ópalo, caolín, fluorita, caliza, roca fosfórica, cuarzo, feldespato, yeso, talco y diatomita.

La actividad minera se encuentra distribuida principalmente en siete municipios.

1. Pihuamo, con producción de fierro en la mina El Encino, que es un importante yacimiento en el país.

2. Talpa de Allende, productora principalmente de oro, plata, cobre, plomo y zinc.

3. El área de Bolaños, principalmente plata, cobre y plomo.

4. Ameca, destacando por su producción de oro.

5. Tecalitlán, con importantes depósitos de barita de donde se extrae el 100% de este mineral.

6. Zapotiltic, donde se explotan yacimientos de caliza que son utilizados para la fabricación de cal hidratada y cemento.

7. En los alrededores de Guadalajara se explotan numerosos bancos de arena y grava que se utilizan en la fabricación de ladrillos y tabique.

Entre las limitantes para la minería en el estado de Jalisco se pueden contar la insuficiencia de infraestructura (vías de acceso, energía eléctrica), créditos y tecnología adecuada.

Seguir ampliando el conocimiento de nuestros recursos naturales, evaluándolos de la manera más completa (reservas, tecnología extractiva y de uso final), nos ayudará a la creación de nuevas fuentes de empleo y productividad.

La desocupación más alta se localiza fuera de la ciudad capital, principalmente entre los jóvenes, y como nos muestran las estadísticas, la minería en el Estado ha sido de poca significación, por lo que es un punto importante de desarrollo.

Reconocida la importancia de seguir evaluando

esta parte de los recursos minerales, los clasificaremos de acuerdo con su génesis y a sus usos finales, tratando posteriormente de correlacionar la zona de Etzatlán y los recursos posibles, y analizar algunas de sus características geológicas, de explotación y mercado.

Algunas rocas y minerales industriales pueden ser explotados desde por empresas con poca productividad (familiares), hasta por grandes consorcios mineros, con una tecnología ya sea rudimentaria, o hasta la más sofisticada.

El factor calidad en la clasificación, proceso y mercado de rocas y minerales industriales

Los factores geológicos que controlan el valor *in situ* de un depósito mineral metálico son principalmente tonelaje y ley. Los minerales industriales presentan una gran diferencia que no sólo afecta la estimación del valor de pre-producción, sino que penetra directamente a través de las operaciones de procesamiento y mercado. Esta gran diferencia es: calidad. Un depósito de minerales y rocas industriales es tan bueno como la calidad de los productos que pueden ser fabricados a partir de él. Se tiene que incluir una gran diversidad de características y especificaciones de acuerdo con los productos finales que llegarán directamente a los consumidores. Por ejemplo, un carbonato de calcio utilizado como carga para pinturas, requerirá especificaciones donde el principal criterio de calidad será el tamaño de la partícula y el color, por lo que deberá mantenerse en la producción una consistencia de calidad en estos criterios.

El factor calidad nos lleva a lo siguiente en las operaciones de minerales industriales:

1. Se requiere más proceso para lograr las especificaciones de mercado.
2. En muchos casos, la utilidad de una operación está controlada por la dimensión a la cual los materiales presentan continuidad dentro del depósito.

3. Los clientes pueden requerir garantías de especificaciones del producto, y mercados particulares pueden ser sólo accesibles a materiales de cualidades específicas. Como resultado, la relación entre el productor y el consumidor tiene que ser más cercana.

4. La evaluación de la recuperación de la inversión en la explotación de un depósito de minerales industriales es más sutil que la de un depósito metálico, ya que la calidad inherente del material y el gasto en la manufactura de productos de alta calidad deben ser considerados.

Clasificación de rocas y minerales industriales

El rango de productos obtenidos de rocas y minerales industriales es muy amplia, y se refleja en la diversidad de usos industriales de estos productos, los cuales se han desarrollado como consecuencia de la variedad de propiedades físicas y químicas que presentan.

Se pueden incluir:

- a) La propiedad de la sílice fundida para formar vidrio.
- b) La plasticidad de las arcillas húmedas, combinadas con la dureza y rigidez al ser calentadas.
- c) Los altos puntos de fusión y resistencia química de algunos minerales que los hace ser usados como fundentes metalúrgicos.
- d) El bajo punto de fusión y propiedades fundentes de otros minerales que los hace ser usados como fundentes metalúrgicos.
- e) La dureza física de algunos minerales (abrasivos, molienda, pulido y acabado por impacto).
- f) La gran blancura, dureza y resistencia química de algunos minerales usados como cargas (papel, hules, plásticos, pinturas).
- g) Color en los pigmentos.
- h) Alta densidad, agentes de peso en los lodos de perforación.
- i) Baja dureza y estabilidad térmica (lubricantes).

j) Contenido químico (los que contienen nutrientes esenciales para las plantas y por consiguiente importantes como fertilizantes).

Usos finales

En los puntos siguientes se presenta un esquema de agrupamiento de las principales rocas y minerales industriales de acuerdo con su uso final dominante. No intenta ser una lista completa, sino una guía básica de esos materiales.

1. *Vidrio y fibra de vidrio*. Sílice (menos de 0.03% de Fe_2O_3), ceniza de sosa (carbonato de sodio de trona), caliza, dolomita, sulfato de sodio (mirabilita), sienita nefelínica, feldespato, óxido de plomo, boro (borax, colemanita), litio (espomudena $AlSi_2O_6$), fluorita, estroncio, bario (barita).

2. *Cerámica*. Arcillas (caolín), sienita nefelínica, feldespato, sílice (pedernal), talco, pirofilita, wolastonita.

3. *Refractarios*. Sílice, minerales aluminosilicados, bauxita, magnesita, dolomita, cromita, olivino, zircón, grafito, betonita.

4. *Fundentes metalúrgicos*. Dolomita, carbonato de calcio, sílice, fluorita, carbonato de litio (de espomudena), olivino.

5. *Abrasivos (herramientas de corte, pulido, molido, impacto)*. Diamantes, sílice, olivino, granate, estauroilita, corindón, esmeralda, abrasivos "suaves": pómez, diatomitas, tripolí, caolín.

6. *Cargas (papel, hule, plástico, resinas, pintura)*. Caolinita, talco, pirofilita, carbonato de calcio, rutilo, ilmenita, barita, mica, wolastonita, diatomita, vermiculita, asbestos, zeolitas.

7. *Pigmentos*. Bióxido de titanio (pigmento blanco de rutilo e ilmenita), estroncio.

8. *Lodos de perforación*. Bectonita, atapulgita, sepiolita, barita, asbestos, sal.

9. *Lubricantes*. Grafito, sulfuro de molibdeno.

10. *Materiales de construcción*. Rocas ígneas, sedimentarias y metamórficas, yeso, anhidrita, asbestos, vermiculita, pómez, perlita, diatomita, zeolitas.

11. *Industria Química*. Gran rango de compuestos que incluyen: halita, azufre, fluorita, carbonato de calcio, bromo (en solución en salmueras, mar, lagos salinos), ioduros (depósitos de nitrato, salmueras, agua marina), lauterita, dietzeita.

12. *Fertilizantes y acondicionadores de suelo*. Cloruro de potasio, apatito, azufre, nitrato, vermiculita, zeolitas, carbonato de calcio, tierra fuller.

13. *Otros usos*. Diatomita (filtros en cervecería, aceites comestibles). En electrónica: mica, cristal de cuarzo. Resistentes al calor: asbestos.

Génesis

La tipificación del modo de ocurrencia y origen de los depósitos minerales es el de la diversidad; prácticamente todo proceso geológico ha llevado en un momento determinado a la concentración de minerales, los cuales son explotables con una utilidad razonable del capital invertido. Es, por consiguiente, esencialmente imposible clasificar los depósitos minerales en una forma rigurosa y fija, y es probable que no sea útil el hacerlo. El requerimiento para propósitos prácticos es un esquema simple de agrupar los depósitos mine-

rales económicos por asociación de roca. Las dos principales razones para esto son:

1) Exploración general y aprendizaje. En la exploración general, el conocimiento de un depósito mineral, el cual podría ser asociado a la litología encontrada y sugeriría inmediatamente qué tipos de depósitos estarían presentes. Los objetivos pueden entonces ser hipotéticamente especificados.

2) Modelos de depósitos minerales específicos. Un esquema de agrupamiento por asociación de roca puede proveer una estructura dentro de la cual se construiría un modelo particular de depósito mineral, esto puede entonces ser usado para delinear y detallar las especificaciones de los objetivos y los criterios que serán utilizados en la exploración.

El esquema genético y los criterios de clasificación que usaremos son los propuestos en el *Ore Deposits Workshop*, llevado a cabo en la Universidad de Toronto en 1980 y propuesto por E.T.C. Spooner y F.J. Wicks.

El agrupamiento adoptado fue designado con los objetivos anteriores en mente. Consiste en las mayores subdivisiones genéticas convencionales, dentro de las cuales los depósitos son clasificados en una mezcla de criterios litológicos y genéticos, siendo las principales divisiones las siguientes.

1. Igneo: minerales formados como producto de la mineralización de los magmas.
2. Hidrotermal: formado ya sea por cristalización de minerales de fluidos hidrotermales naturales, o por la interacción de fluidos hidrotermales con las rocas.
3. Supergénicos: formados por movimiento de aguas subterráneas (hacia abajo, arriba o a los lados).
4. Sedimentarios: formados por procesos sedimentarios.
5. Diagenéticos: formados por modificaciones post-depositacionales de "baja temperatura" del material sedimentario.

6. Metamórfico: formados por metamorfismo regional o de contacto.
7. Soluciones salinas naturales y salmueras.

Las categorías de clasificación son lo suficientemente amplias y no constituyen una detracción significativa a lo conocido y aceptado hasta la actualidad acerca de los depósitos minerales. Los argumentos semánticos y geológicos son inevitables. Esto puede surgir simplemente porque los procesos geológicos representan continuidad y las subdivisiones de ellos son esencialmente arbitrarias, y también debido a que algunos depósitos son el resultado de una sucesión de procesos.

Para el objetivo particular de este estudio, y hacerlo más práctico y comprensible, dividiremos la zona en los tres tipos generales de ambientes geológicos: a) ígneo, b) sedimentario, c) metamórfico, y correlacionaremos los posibles recursos que teóricamente pudieran presentarse en la zona de estudio de cada ambiente geológico.

Perspectivas en la zona de Etzatlán, Jalisco

Después de haber analizado diferentes clasificaciones de rocas y minerales industriales, dividiremos la zona de estudio en los ambientes geológicos presentes en el área estudiada. Etzatlán, Jalisco, se encuentra localizado a los 20° 46' latitud norte y los 104° 5' de longitud oeste. Cuenta con excelentes vías de comunicación con la ciudad de Guadalajara (vías férreas y carretera pavimentada) que está aproximadamente a 100 kms. de distancia, y de aquí, comunicado a cualquier parte de la república.

Se ha tomado como base para la división en ambientes geológicos potenciales la carta "Puerto Vallarta F 13-11", escala 1:250 000, la cual muestra un detalle adecuado para el objetivo preliminar de evaluación. En caso de tener en la zona recursos que ameriten

estudios más detallados se tendrán que desarrollar bases geológicas en escalas más adecuadas.

Tomaremos una área de estudio de aproximadamente 400 km², tomando como centro Etzatlán.

Dentro del área se pueden encontrar rocas y minerales industriales de los ambientes ígneo y sedimentario (ver cuadro).

Ambiente Igneo

Granito K (Gr) (Número de referencia -en adelante N.R.-I).

Se presenta como un pequeño afloramiento hacia la parte suroeste. Es una unidad constituida por rocas intrusivas de composición granítica, granodiorítica y, en menor proporción, tonalítica; su mineralogía se forma por cuarzo, ortoclasa, biotita, pirita, apatito, clorita y sericita. Estructura compacta, masiva. De edad cretácea, de acuerdo con sus relaciones estratigráficas.

Para la extracción de esta roca, que es una roca dura, más que las calizas y otras rocas volcánicas, la explotación casi siempre ha sido a cielo abierto. Previamente a la explotación hay que practicar sondeos, pozos y análisis para cerciorarse de las propiedades y disposiciones de los yacimientos y bancos para su mejor extracción. La capa superficial puede hallarse alterada por los agentes atmosféricos, capa que se debe quitar. Para explotaciones pequeñas se puede hacer a mano, con pico y pala, y en caso contrario se emplean excavadoras mecánicas.

La explotación se puede llevar a cabo a cielo abierto, desde arriba hacia abajo, penetrando en la ladera de forma escalonada, de unos 5 a 10 mts. de altura y anchura, suficiente para desbastar y manejar los bloques y evitar transporte de piedra inútil. Estas plataformas se hacen accesibles por los lados para sacar los bloques, debiéndoles dar una pequeña incli-

nación y talud, con objeto que no se estanque el agua de lluvia o filtraciones y evitar desplomes (fig. 1).

Si el ataque es por la parte inferior (fig. 2), se practica cuando la roca se encuentra ya separada por grietas. Se socava la parte inferior dejando pequeños pilares de roca, o apuntalando con madera, que se vuelan o quitan a la vez, provocando el derrumbamiento hacia afuera para sacar grandes bloques.

Figura 1 y 2



Estos serían los métodos más usuales que se podrían aplicar en la zona de estudio y, por consiguiente, no analizaremos otros métodos, ni la explotación subterránea.

Estas técnicas se pueden aplicar para todas las formaciones rocosas presentes en la zona, así como los métodos de arranque de las mismas; estos últimos varían según la dureza y cohesión de la roca. Los materiales de ambiente ígneo, cuando son rocas compactas y duras, se arrancan mediante palancas, cuñas y explosivos. Mediante cuñas se desarraigan las piedras blandas. En las rocas duras se introducen las cuñas golpeadas con marros. Si la roca no es dura, se pueden emplear cuñas de madera fuerte y seca que se humedece después de introducida y, al hincharse, cuarteala la roca. Por medio de martillos neumáticos se pueden separar las rocas, debido a las vibraciones que produce un émbolo movido por aire comprimido.

Con los explosivos se arrancan las piedras practicando, por medio de unas barra de acero que terminan

en un extremo en uno o varios biseles, unos agujeros cilíndricos llamados barrenos. Los barrenos se pueden hacer manual y mecánicamente con perforadoras movidas por aire comprimido o electricidad.

Preparación de las piedras

Una vez extraídos los bloques, hay que proceder a partirlos, dejándolos con la forma aproximada a los requerimientos del cliente y con sus tres dimensiones principales. Teniendo en cuenta las roturas producidas durante el transporte y lo que hay que quitar con la labra, se les dejan unos 5 cms. de más. Para esta operación, llamada desbaste, se utilizan los marros y el pico de cantero en las rocas blandas, y cuñas y sierras para las duras. Estas sierras pueden ser análogas a las de carpintero, pero de dientes más cortos y duros, o bien las llamadas de arena y agua cuya hoja es lisa, echándose arena silícea muy fina y agua en la hendidura del corte.

Una vez cortadas las rocas, y dependiendo el destino del producto final, se pueden proteger de los agentes meteorológicos que obran tanto físicamente, como calor, frío, humedad, como químicamente, por ejemplo el agua de lluvia, que en las ciudades industriales puede contener sustancias que llegan a producir escamamientos y disgregaciones o cambios de color al cubrirse de una pátina a consecuencia del ataque químico. Para esta protección se pueden usar diferentes productos, como silicato de sodio, disoluciones de fluoruros metálicos en ácido fluorhídrico, disoluciones alcalinas de jabón y aceite y acetato de alúmina, silicatos de estilo, etcétera.

Estos productos no se deben aplicar donde vaya a haber pegamento con mortero.

Como criterios de calidad para rocas de construcción podemos mencionar:

- a) Que sean homogéneas, compactas y de grano uniforme.

- b) Carecer de grietas, nódulos, restos orgánicos.
- c) Ser resistentes a las cargas que hayan de soportar entre 250 a 500 kg/cm².
- d) Que no sean atacadas fácilmente por los agentes atmosféricos.
- e) Resistentes al fuego.
- f) No ser absorbentes o permeables.
- g) Tener adherencia a los morteros.
- h) Dejarse labrar fácilmente.

A las rocas para construcción se les pueden hacer pruebas físicas y mecánicas; de las primeras mencionaremos: examen óptico para ver color, estructura y fractura; densidad; porosidad; absorción de agua; capilaridad; permeabilidad; dureza; resistencia al calor; resistencia al frío.

De las pruebas mecánicas, podemos mencionar la resistencia a la compresión, flexión, tracción, cortadura, desgaste, choque, y adherencia a los morteros y a los agentes atmosféricos.

Los criterios para la explotación, arranque, preparación son válidos para las unidades rocosas que mencionaremos del ambiente ígneo, por lo que no lo repetiremos para las unidades siguientes.

Andesita Ti (A) (N.R. 2)

Unidad compuesta por una secuencia volcánica de composición andesítica. Con una mineralogía formada por plagioclasa sódica, enstatita, olivino, magnetita, sericita, epidota, apatito y pirita, presenta una estructura compacta, masiva. Se le ha asignado una edad del Terciario inferior (esta unidad es muy importante en cuanto a mineralización de minerales metálicos, los cuales no son el objetivo del presente estudio).

Su aprovechamiento como roca industrial, principalmente en construcción, se debe a que tiene buena adherencia a los morteros; aunque no muy resistente, es de buen pulimento.

Toba ácida Tom (Ta) (N.R. 3)

Constituida principalmente por ignimbritas de composición riolítica y riodacítica, y mineralógicamente compuesta de cuarzo, clorita, sericita, piritita, apatito, y fragmentos de roca extrusiva ácida, presenta estructura fluidal esferulítica y pseudoestratos.

Es la unidad rocosa que rodea a Etzatlán. Se ubican en esta formación algunos yacimientos de ópalo. Su uso es importante como material estructural en construcción. Puede incrementarse su costo de venta con procesos de acabado más fino. Por el volumen de afloramientos que presenta en la zona, es una fuente inagotable de materia prima para aplicar la creatividad de los explotadores de este recurso.

Basalto Tol-Q (B) (N.R. 4)

Roca ígnea extrusiva de composición básica, constituida por basalto. Estructura vesicular, masiva y compacta. Presenta en el área un significativo volumen de afloramiento. Tiene importantes usos en construcción: adoquines, fachaletas y otros usos ornamentales, y también como aislante y pavimentos.

Brecha volcánica básica Tol-Q (Bvd) (N.R. 5)

Unidad constituida por ceniza, lapilli, bombas volcánicas. Se localiza en la parte este de la zona de estudio. Presenta poca compactación por lo que se usa en construcción y abrasivos suaves.

Ambiente sedimentario*Arenisca-conglomerado Ts (ar-cg) (N.R. 6)*

Unidad localizada hacia la parte sur, que consiste en rocas de origen continental, formada por areniscas con intercalaciones de conglomerados. En construcción,

estas rocas se pueden usar para ornamentación porque se le puede dar un hermoso pulimento. La arenisca se puede emplear en sillería y escultura por su fácil labra.

Suelos aluviales Q (al) (N.R. 7)

Se localizan rellenando todo el valle, siendo depósitos continentales con sedimentos del tamaño de guijarros, arena y arcilla, de origen principalmente volcánico y granítico. Presenta importantes usos para la fabricación de ladrillos y construcción en general.

Suelos residuales Q (re) (N.R. 8)

Formado por clastos del tamaño de arena, originados por intemperismo *in-situ* de roca volcánica y en ocasiones granítica, localizados sobre mesetas volcánicas y a veces formando lomeríos. Se puede usar la granulometría de arena para morteros y concretos.

Conclusiones

1. La aplicación de una correlación teórica de clasificación a zonas particulares, puede ser de uso práctico para llegar a la explotación y comercialización de algunas rocas y minerales industriales.
2. En la zona de estudio, las rocas y minerales industriales detectados muestran principalmente aplicaciones en la industria de la construcción.
3. Fomentar exposiciones que muestren equipos y aplicación de los mismos, para llegar a implementar técnicas que ayuden a desarrollar productos finales de mayor rendimiento económico.
4. Seguir fomentando la evaluación de las rocas y minerales industriales, y poder llegar a un aprovechamiento máximo de los mismos, buscando mayor número de aplicaciones.

