

Los yacimientos de minerales

geológicamente explotables en la región mixteca oaxaqueña.

Resumen

La gran cantidad y variedad de minerales que aflora en la Región Mixteca Oaxaqueña, da una idea de la diversidad de materias primas que pueden ser utilizados en la industria y que esto podría dar lugar a un impulso a la economía en la región. Para la definición de las áreas geológicamente explotables se analizaron los factores geológicos, los eventos metalogenéticos y aquellos depósitos minerales que ya han sido explotados por gambusinos, así como las evidencias de mineralización localizados de manera esparcida en la franja que va de Cruz de Piedra en el distrito Etlá hasta San Francisco Tlapancingo en el distrito Silacayoapan. Sin embargo para asegurar la obtención continúa de los minerales, depende en gran parte de la geología mediante un muestreo a detalle y barrenación, con sus respectivos análisis químicos cuantitativos de los minerales, esto significa que la búsqueda

debe ser constante y dirigirse a los depósitos menos visibles, de los cuales probablemente existen muchísimos ocultos en la corteza terrestre.

Introducción

Los minerales poseen composición química definida, tiene en sus partículas elementales átomos, iones y moléculas ordenadas sistemáticamente y pertenecen a la parte sólida de la corteza terrestre. Son el producto de una compleja serie de reacciones quimicofísicas y recristalización por cuyo efecto, a partir de átomos desordenados se alcanza la formación de un mineral rigurosamente organizado de modo periódico y homogéneo. En el momento de la formación y durante el curso de su crecimiento, el mineral se halla en equilibrio quimicofísico con su ambiente, por lo que todo cambio en las condiciones de presión, temperatura y acidez de las soluciones, produciría una interrupción en

el crecimiento de determinados casos en donde se inicia un fenómeno de disolución, manifestándose cambios en la organización interna del mineral en el ámbito reticular. Algunos minerales presentan un tiempo de formación muy corto, por ejemplo los cristales de yeso; otros en cambio, han crecido a lo largo de períodos geológicos, espacios de tiempo muy superiores a los humanos. Las determinaciones físicas han demostrado que algunos cristales de cuarzo han necesitado hasta los trescientos mil años para alcanzar dimensiones del orden de los 130 kilogramos. En el proceso de cristalización la fase nuclearización, en la que los átomos esparcidos caóticamente, se asocian como consecuencia de unas condiciones ambientales apropiadas, hasta constituir un germen que en general está compuesto por escasas células elementales, este germen o vuelve a separarse o bien si las condiciones permanecen favorables, aumenta el volumen por crecimiento a partir de su superficie, con la depositación de estratos sucesivos de material o por la adición sucesiva de hileras a partir de una irregularidad de la superficie, o bien el crecimiento adopta frecuentemente un aspecto de espiral; en las soluciones saturadas un enfriamiento lento produce pocos gérmenes y un crecimiento uniforme; por el contrario un enfriamiento rápido produce numerosos gérmenes por consiguiente un crecimiento moderado; el grado de saturación de las soluciones que producen un efecto análogo, cuánto más alto es, más fácil se produce la nuclearización de los pequeños gérmenes; Algunos minerales se forman por transformación en estado sólido a diferentes temperaturas y presiones de la original.

Localización y descripción de los minerales

Las estructuras geológicas son las determinantes o indicadores del por qué el mineral está dónde está, sin embargo en la realidad se considera que el estudio estructural es sinónimo de localización del mineral, complementado con los factores estratigráficos, físicos y químicos, que hasta cierto punto determinan el emplazamiento de ciertos tipos de depósitos de concentración singenética residual. En la Región Mixteca Oaxaqueña es posible observar los afloramientos de minerales los que se exponen directamente a la atmósfera, en parte por el fracturamiento de los diferentes

tipos de rocas existentes en las áreas, por los derrumbes, en los fondos de las barrancas, los cortes de los cerros provocados por el hombre, en las minas abandonadas, las grutas o zonas cársticas y en las obras para la construcción de carreteras. En donde se describen de modo general cada uno de los diferentes minerales geológicamente explotables.

Antimonita o Estibina

Clase: Sulfuros. Composición Química: Sb_2S_3 (Sb = 71.4%; S = 28.6%)

Propiedades Físicas: cristales prismáticos aciculares, alargados y aplanados transversalmente, con estriaciones, color gris niquelado, pesada, compacta, blanda, perfectamente exfoliable, fracturable, los cristales son poco flexibles, brillo metálico intenso, en escamas delgadas funde a la llama de una cerilla, en polvo es fusible en ácido clorhídrico concentrado y se descompone fácilmente en hidrato de potasio.

Ambiente de Formación: se forma en filones hidrotermales a baja temperatura, asociada con minerales de plata, plomo, mercurio; se encuentra también como depósito químico de soluciones termominerales. En el área de interés, el antimonio se presenta en las calizas con variada morfología, en cuerpos irregulares alargados, en masas contenidas en calizas arcillosas, en vetas como resultado del relleno de fracturas y en masas diseminadas, cercanos al pórfido cuarcítico.

Localidades: espléndidos cristales de hasta 10 centímetros de longitud, procedentes del área ejidal Los Tejocotes en el municipio San Juan Mixtepec, distrito Juchitán. Cabe mencionar que su explotación es rudimentaria. También se localiza en áreas ejidales, denominado cerro de la mina en el municipio de Zapotitlán Lagunas, distrito Silacayoapan.

Aplicaciones: principal mineral para la obtención del antimonio, utilizado en aleaciones metálicas, para caracteres de imprenta, balines de caza, baterías eléctricas y en la industria pirotécnica; las sales de este mineral se emplea en la industria de la goma, en textil, en medicina y en vidrería.

Potencial geológico en miles de toneladas: Zapotitlán Lagunas 20; Los Tejocotes 29 con el 1.6% de antimonio probadas por el Consejo de Recursos Minerales en 1993.

Baritina o Barita

Clase: Sulfato. Composición Química: BaSO_4 (BaO = 65.7%; SO_3 = 34.3%)

Propiedades Físicas: cristales tabulares, incoloros, amarillentos, verdosos, negruscos por la presencia de sustancias bituminosas, masas granulares; semidura, muy pesada a pesar de ser un mineral no-metálico, frágil, insoluble en ácidos, funde con cierta dificultad.

Ambiente de Formación: común como ganga en los filones hidrotermales de temperatura media y baja, asociada a sulfuros de plomo, plata y antimonio; en filones y cavidades de sustitución en calizas y dolomías. Aparece también en los depósitos químicos de efluentes termales con los que probablemente muestra relación la petrificación de troncos fósiles en baritina. Como producto de deposición química se halla en las cavidades de las rocas basálticas. En el área de interés se observa en vetas asociadas a un pórfido cuarcítico y areniscas.

Localidades: en filones hidrotermales ubicado en el ejido El Partideño correspondiente a la agencia municipal San Sebastián Zoquiapa y en la mina La Mixteca ambas en el municipio Santiago Tamazola, distrito Silacayoapan; en el ejido de San Sebastián del Monte, municipio Santo Domingo Tonalá, distrito Huajuapán; y en el ejido Cruz de Piedra, municipio San Jerónimo Sosola, distrito Etlá.

Aplicaciones: principal mineral para la extracción del bario, como aditivo pesado en los fangos de las perforaciones petrolíferas, en la industria del papel, la goma, para las radiografías del sistema digestivo, como pantalla para las radiaciones penetrantes mezcladas con argamasa.

Potencial geológico en millones de toneladas: El Partideño 1.1; La Mixteca 1.2; San Sebastián del Monte 0.43 y Cruz de Piedra 0.25.

Montmorillonita

Clase: Filosilicato. Composición Química: $\text{Al}_2\text{Mg}(\text{OH})_2\text{Si}_4\text{O}_{10}\text{Na}(\text{H}_2\text{O})_4$; Al_2O_3 = 39.5%, SiO_2 = 46.5%, H_2O = 14%.

Propiedades Físicas: jamás se presenta en cristales, en general aparece en formas de masas microcristalinas terrosas, pulverulentas y escamosas, color blanco o gris; blandísima, muy ligera, fácilmente disgregable y untuosa al tacto, opaca a causa del pequeño tamaño de las partículas. Como propiedades características de las

demás arcillas son el aumento de volumen por absorción de agua o de otros líquidos y la posibilidad de intercambio iónico.

Ambiente de Formación: se forma en ambiente sedimentario de clima tropical, por alteración de los feldspatos en rocas pobres en sílice, en ambiente hidrotermal a costa de vidrios volcánicos y tobas. En el área de interés, los depósitos están semicompactos y pseudoestratificados.

Localidades: se encuentra en forma de grandes masas en áreas ejidales del municipio San Mateo Tlapiltepec, distrito Coixtlahuaca; en áreas ejidales El Frayle, municipio Mariscala de Juárez; en el ejido de Guadalupe de Nogales, municipio San Francisco Tlapancingo, distrito Silacayoapan; áreas ejidales del municipio Villa de Chilapa de Díaz y en áreas ejidales del municipio de Villa de Tamazulapán del Progreso, distrito Teposcolula.

Aplicaciones: fundamentalmente encuentra utilidad en la industria de la porcelana y como material de carga en la industria de la goma y del papel, caucho, absorbente, para purificar y decolorar líquidos, como base para cosméticos, medicina y en perforaciones de pozos petrolíferos.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Mateo Tlapiltepec 60; Mariscala de Juárez 13.5; Guadalupe de Nogales 0.4; Villa de Chilapa de Díaz 0.8; Villa de Tamazulapán del Progreso 1.5

Cuarzo Lechoso

Clase: Óxidos. Composición Química: a SiO_2 (Si = 46.7%, O = 53.3%)

Propiedades Físicas: puede localizarse en cristales bien formados o como masas microcristalinas, criptocrystalina y concreciones; generalmente es de color blanco pero las variedades puras son incoloras, la presencia de iones o de materiales extraños puede producir la aparición de los colores más variados. El cuarzo común es la forma (a) estable hasta los 570°C, por encima de esta temperatura es estable la forma (β) hexagonal sólo en rocas volcánicas, es durísimo grado 7 en la escala de F. Mohs Friedrich (1773-1839), ligero, carece de exfoliación, fractura concoide, transparente y traslúcida con brillo vítreo, piezoeléctrico, infusible e insoluble en los ácidos a excepción del ácido fluorhídrico en el que produce vapores de tetrafloruro de silicio gaseoso, es atacado por las bases fuertes.

Ambiente de Formación: es uno de los minerales más comunes de la corteza terrestre (en volumen aproximadamente 12%) cristaliza directamente del magma a partir del estado Pegmatítico-neumatolítico hasta el hidrotermal de baja temperatura, está presente en las rocas plutónicas y volcánicas; en el ambiente sedimentario es estable como mineral detrítico y como cementante de las rocas consolidadas, cristaliza en soluciones cálidas; en el ambiente metamórfico, es uno de los primeros componentes a ser refundidos en el proceso de anatéxis y en recrystalizar. En el área de interés se presenta alojado en veta falla de diferentes rumbos sobre pegmatitas, gneis, pizarras y esquistos.

Aplicaciones: el cuarzo es un mineral de gran importancia industrial por sus propiedades piezoeléctricas (manómetros especiales, generadores de impulsos, resonadores y estabilizadores de ondas), de polarización rotaria (polarimetría) y de permeabilidad a las radiaciones ultravioletas (lámparas, prismas y lentes para espectrografía); en la industria cristalera, de esmaltes, de abrasivos, refractaria, mecánica de precisión, materia prima para el carburo de silicio y las variedades de agradable aspecto son gemas o piedras ornamentales.

Localidad: el cuarzo es tan común que es prácticamente imposible citar las localidades en las que se encuentra, sin embargo los económicamente explotables se observan en forma de filones de un rumbo general NNW-SSE y se ubica en áreas ejidales de San Sebastián Zoquiapa, correspondiente al municipio Santiago Tamazola, distrito Silacayoapan; en áreas ejidales El Oro con rumbo general E-W, en el municipio Santo Domingo Nuxaa, distrito Nochixtlán; y un filón de rumbo N25°-30°E en áreas ejidales de San Sebastián del Monte, en el municipio Santo Domingo Tonalá, distrito Huajuapán.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Sebastián Zoquiapa 42.4; El Oro 2.2; San Sebastián del Monte 0.75.

Calcedonia

Clase: Óxidos. **Composición Química:** SiO_2

Propiedades Físicas: es una variedad de cuarzo compacto, microcristalina, generalmente de concreción, con zonas de estructura fibrosa alteradas con zonas microgranulares, son comunes los agregados y nódulos, adoptando diversos nombres según el aspecto en que se presentan. La variedad Diásporo, es un término genérico a todas las calcedonias opacas y coloreadas de modo

bastante uniforme, los más comunes presentan tonos rojizos, anaranjados y violeta; ésta se encuentra en formación rocosa. La variedad Ónice es una calcedonia de color blanquecina, grisácea, oscura a negra, no es brillante, ésta se encuentra alojada en rocas calcáreas.

Ambiente de Formación: en ciertos yacimientos metasomáticos de contacto e hidrotermales y entre calizas marmolizadas asociado al corindón, moscovita, hematita y rutilo.

Localidades: en el área de interés se aloja en calizas, en estratos compactos de hasta tres metros de potencia ubicados en el ejido la huerta municipio Santiago del Río, distrito Silacayoapan; en áreas ejidales sobre rocas calcáreas del poblado San Mateo Tunuchi, correspondiente al municipio San Sebastián Tecomaxtlahuaca, distrito Juxtlahuaca; y en áreas ejidales en el municipio Villa de Tamazulapán del Progreso distrito Teposcolula.

Aplicaciones: es considerado como piedra ornamental, de hermoso efecto, de fácil trabajo y pulido, abrasivo, polvos filtrantes y pulido; cabe mencionar que la calcedonia se presta en todas sus variedades a ser coloreada artificialmente incluso en tintes, en tonos y juegos de colores que no son observados en la naturaleza y era conocido en tiempos prehistóricos, empleándose para la fabricación de adornos y armas para cacería.

Potencial geológico en millones de toneladas: Santiago del Río 1.5; Villa de Tamazulapán del Progreso 0.14; San Mateo Tunuchi 0.75

Halita o Sal Gema

Clase: Haluro. **Composición química** (NaCl)

Propiedades físicas: blanda, ligerísima, frágil, en cubos, es transparente y traslúcida, con brillo vítreo, en estado sólido es estable, perfectamente soluble en agua, es un óptimo conductor del calor y funde fácilmente coloreando la llama de un intenso color amarillo, es húmeda al tacto y de agradable sabor salado, constituye un típico mineral alocromático que cambia de color tanto por las impurezas químicas y mecánicas. Cuando se observa de color negro es debido a elementos bituminosos o sustancias orgánicas que se destiñen por el calor, de tonalidad rosa debido a la presencia de algas, de color rojo debido a hematites y amarillenta por la presencia de hidróxidos de hierro.

Ambiente de formación: en depósitos sedimentarios de tipo químico derivados de la evaporación del agua, en general en salinas, en mares cerrados y bajo

clima cálido; la halita precipita a continuación de la calcita y simultáneamente con el yeso, los sulfatos de magnesio y potasio, así como con algunos cloruros. Los depósitos de sal gema a menudo están interestratificados con niveles arcillosos, dada su notable plasticidad, la sal gema contenida en depósitos fósiles profundos tiende a desplazarse fluyendo hacia arriba y formando domos, en cuya extremidad se concentra el yeso, la anhidrita y a veces azufre nativo; es estable incluso en ambiente metamórfico de bajo grado, en donde se forma por sublimación directa de emanaciones volcánicas; se extrae mediante la evaporación del agua salada proveniente de rocas metamórficas. En las áreas de interés se explotan en salinas de agua salada que fluye a través de rocas metamórficas.

Localidades: como ejemplos de minas de halita o sal gema, se ubican en los ejidos de las poblaciones San Bartolo Salina, correspondiente al municipio Santiago Tamazola; San Idelfonso Salina, San Pedro Salinas, Santa María Salinas, en el municipio Guadalupe de Ramírez, todos pertenecientes al distrito Silacayoapan.

Aplicaciones: la halita o sal gema es indispensable en la alimentación humana y animal, importantísima en la industria química, preparación de sosa, del ácido clorhídrico, del sodio metálico, en la industria de la conservación, en aparatos científicos al ser una óptima conductora de las radiaciones infrarrojas, como subproductos: potasio, magnesio, cloro, bromo y yodo.

Producción: en estas áreas es rudimentaria, en promedio unas 30 toneladas anuales.

Magnetita

Clase: Óxido. Composición Química: FeFe_2O_4 $\text{FeO} = 31\%$, $\text{Fe}_2\text{O}_3 = 69$ (Fe 72%)

Propiedades Físicas: masas compactas y granulares de color negro debido a la presencia de hierro, compacta y con iridiscencia azulosa, dura, muy pesada, magnética, infusible, soluble con dificultad en ácido clorhídrico concentrado, puede contener en solución sólida cromomagnetita y titanomagnetita.

Ambiente de Formación: en rocas eruptivas máficas y ultramáficas, como producto de diferenciación ortomagnética, en las pegmatitas, en filones hidrotermales, en rocas sedimentarias detríticas, en ambientes metamórficos se forma por reducción de las hematites derivados de la disociación de los sulfuros y silicatos de hierro, en los ambientes metasomáticos de contacto (skarn), se asocian con el corindón.

Localidades: afloramiento en forma de crestón en ambiente metamórfico en el ejido de la colonia Río Limón, agencia Santo Domingo Tianguistengo, municipio Santiago Chazumba, distrito Huajuapán; y en diferentes localidades (no verificados) en el distrito de Tlaxiaco

Aplicaciones: es el más rico e importante mineral industrial para la extracción del hierro; de las escorias siderúrgicas se recuperan frecuentemente vanadio y fósforos.

Potencial geológico en millones de toneladas: Colonia Río Limón 1.2

Manganita

Clase : Hidróxido. Composición química: MnOOH .

Propiedades físicas: agregados, en manchas, en masas microcristalinas, concrecionares y oolitas, de color rojizo oscuro a negro, semidura, pesada, semicompacta, con brillo submetálico, infusible e insoluble en ácido clorhídrico concentrado.

Ambiente de formación: en filones hidrotermales de baja temperatura, asociada a calcita y barita, en depósitos sedimentarios diagenéticos, asociados a psilomelano y pirolusita. En el área de interés se aloja en rocas calizas en vetas y en forma de masas compactas.

Aplicaciones: constituye un buen mineral industrial para la obtención del manganeso, en ferroaleaciones, productos químicos, en pilas secas, cristalería, pintura, pigmentos colorantes, fertilizantes, metalúrgico, aleaciones de bronce y son necesarios seis kilogramos por cada tonelada de acero que se produce.

Localidades: en zonas ejidales del poblado San Miguel Adeques correspondiente al municipio y distrito Nochixtlán.

Potencial geológico: 38,000 toneladas.

Moscovita

Clase: Filosilicato mica. Composición química: $\text{KAl}_2(\text{OHF})_2\text{AlSi}_3\text{O}_{10}$

Propiedades físicas: cristales tabulares con estriaciones, masas foliáceas, escamosas, laminares, color blanco plateado, en láminas delgadas, de tonalidad blanca, amarilla, castaño oscuro si contiene laminillas de hematites o rutilo, blanda, ligera, exfoliable, elástica, transparente o traslúcida, insoluble, difícilmente fusible, se puede distinguir algunas variedades por el contenido en cromo (fuchita), en hierro (ferromoscovita y fengita) y manganeso (alurgita)

Ambiente de formación: es uno de los componentes minerales más frecuente en rocas plutónicas ricas en sílice y aluminio, en las rocas metamórficas de grado bajo y alto en la facies de los esquistos verdes y en las anfibolitas.

Localidades: se observa en las rocas pegmatitas ubicadas en el ejido Cruz de Piedra en el municipio San Jerónimo Sosola, distrito Etla.

Aplicaciones: aislante eléctrico y térmico, en láminas o mediante un proceso de manufacturación a partir del polvo de moscovita, como material de carga en la industria del papel, goma, barnices antifuegos, productos cerámicos y como lubricante seco.

Potencial geológico en millones de toneladas: Cruz de Piedra 1.2 mezclado con biotita, barita, feldespatos y cuarzo.

Ortosa o feldespato u Ortoclasa

Clase: Tectosilicatos Composición Química: $KAlSi_3O_8$ ($K_2O = 16.9\%$, $Al_2O_3 = 18.4\%$, $SiO_2 = 64.7\%$)

Propiedades Físicas: cristales prismáticos columnares y tabulares, maclados por compenetración y por contacto, masas granulares compactas, incoloras, amarillenta, rosa, estructura parcialmente ordenada, dura, ligera, frágil, con brillo vítreo, insoluble en los ácidos, con excepción del ácido fluorhídrico, funde con dificultad, fácilmente alterable por obra del agua caliente y rica en ácido carbónico, transformándose en productos secundarios como el caolín, sericita, zeolitas y epidota.

Ambiente de Formación: componente esencial de rocas intrusivas plutónicas formadas a temperatura media-alta, enfriadas con lentitud de las rocas pegmatíticas, como mineral detrítico en rocas sedimentarias del tipo de las arcosas o de las areniscas y en dolomías metamórficas.

Aplicaciones: importante en la industria; la mezcla de ortosa, caolín y cuarzo puede modelarse y funde a temperatura (1100 a 1300°C) en una masa vidriosa blanca, traslúcida, poco porosa y ligera denominada porcelana, como porcelanas especiales, vidrios opalinos, el polvo como esmalte cerámico. Cabe mencionar que entre 69 y 90 kilos de granos de feldespatos son utilizados para producir una tonelada de vidrio.

Localidades: en el área de interés, consiste de un cuerpo mineralizado de feldespato, biotita, moscovita, calcita, barita y plagioclasas, mezclados entre sí y alojados en gneis, pegmatitas y un pórfido cuarcítico ubica-

do en el ejido Cruz de Piedra municipio San Jerónimo Sosola, distrito Etla.

Potencial geológico: Cruz de Piedra 1.2 millones de toneladas.

Oro

Elemento (Au).

Propiedades físicas: normalmente se presenta diseminado en una matriz de cuarzo o de roca; son muy raros los granos o laminillas, el color es amarillo más o menos intenso según el grado de impurezas contenidas, poco duro, pesadísimo, dúctil y maleable, opaco con brillo metálico, el punto de fusión medio es de 1060°C y es un óptimo conductor del calor y de la electricidad, es inatacable por los ácidos, a excepción del agua regia, su densidad es de 15.5 a 19.3 gr/cm³, en las arenas se asocia con la pirita, la arsenopirita, la pirrotina y los telurios y selenuros de oro, está presente en distintas rocas volcánicas, tobas, asociada con la calcedonia, con minerales de manganeso, la disgregación de las lavas puede producir notables acumulos de oro.

Ambiente de formación: su origen primario está unido a filones hidrotermales de cuarzo siempre de media a elevada temperatura en rocas eruptivas, frecuentemente se presenta en aleación natural con la plata, en menor cantidad con el paladio, el rodio, en la zona de sedimentación de los depósitos de sulfuros, selenuros y telurios formados a elevada temperatura en condiciones hidrotermales.

Localidades: en las áreas de interés, se presenta en zonas de un sistema de fallamiento, en donde la roca encajonante corresponde a un conglomerado cementado con sílice y diseminado en cuarzo; en áreas ejidales en la mina El Triunfo correspondiente al municipio San Lorenzo Victoria, distrito Silacayoapan; en el ejido Cruz de Piedra municipio San Jerónimo Sosola, distrito Etla; áreas ejidales del municipio Santiago Huaucilla, distrito Nochixtlán; y áreas ejidales de Saucitlán de Morelos correspondiente al municipio San Jerónimo Silacayoapilla, distrito Huajuapán.

Aplicaciones: el oro constituye la principal fuente del metal comercial empleado en especial como base monetaria, en joyería, en odontotécnica y para la construcción de elementos científicos y electrónicos.

Potencial geológico en miles de toneladas: Cruz de Piedra 77; San Lorenzo Victoria 50; Santiago Huaucilla 35; Saucitlán de Morelos 48.

Plata

Elemento (Ag).

Propiedades físicas: generalmente presentan caras escalonadas deformadas por contacto, en agregados compactos, dendríticos o filamentosos, de color gris azulado, blando a poco duro, muy pesado, dúctil, maleable, opaco con brillo metálico muy intenso, aunque está oscurecido por una pátina negruzca debido a alteración superficial; su punto de fusión es bajo 960°C; es soluble en ácido nítrico, se oscurece al ser sometido a los vapores del ácido sulfhídrico, es el mejor conductor eléctrico y térmico que se conoce.

Ambiente de formación: se forma por reducción de los sulfuros en la parte baja de la montera de los yacimientos de plomo-zinc-plata, algunas veces se encuentra como elemento primario en los filones hidrotermales de baja temperatura, asociado a la calcita, en los filones de alta temperatura como elemento asociado a los sulfuros de níquel, cobalto y la uraninita, frecuentemente se presenta asociada al cobre.

Localidades: en el área de interés, se presentan en zonas de un sistema de fallamiento, en donde la roca encajonante corresponde a un conglomerado cementado con sílice y diseminado en cuarzo; en áreas ejidales en la mina El Triunfo correspondiente al municipio San Lorenzo Victoria, distrito Silacayoapan; en el ejido Cruz de Piedra municipio San Jerónimo Sosola, distrito Etlá; áreas ejidales del municipio Santiago Huaucuililla, distrito Nochixtlán; y áreas ejidales en Saucitlán de Morelos correspondiente al municipio San Jerónimo Silacayoapilla, distrito Huajuapán.

Aplicaciones: la plata es un excelente elemento para ser utilizado como metal, se le emplea en fotografía, química, joyería, electrónica, debido a su altísima conductibilidad, en la acuñación de monedas y en aleaciones.

Potencial geológico en miles de toneladas: Cruz de Piedra 42; San Lorenzo Victoria 27; Santiago Huaucuililla 18; Saucitlán de Morelos 26.

Yeso

Clase: Sulfato. Composición Química: $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ($\text{CaO} = 32.5\%$, $\text{SO} = 46.6\%$, $\text{H}_2\text{O} = 20.9\%$)

Propiedades Físicas: masas granulares y compactas, de aspecto céreo como el alabastro, de color blanco, gris, amarillento o pardo, blando segundo término en

la escala Mohs, ligero, brillo vítreo, soluble en ácido clorhídrico y en agua caliente, funde bastante fácil.

Ambiente de Formación: típico mineral sedimentario de origen químico, se forma en ambiente evaporítico (mayor de 60°C), por precipitación directa del agua o por hidratación de la anhidrita (menor de 60°C), puede formarse también por sublimación directa de las fumarolas o por precipitación en los manantiales calientes de origen volcánico, también aparecen diagenéticamente en bloques concrecionares en arcillas y margas.

Localidades: se han localizado afloramientos en áreas ejidales de San Jorge Nuchita, intercalado con limo-arcillas; en Guadalupe del Recreo; municipio Zapotitlán Lagunas; La Luz Tenexcalco municipio San Miguel Ahuehuetitlán; Michiapa de los Reyes intercalado con tobas, correspondientes al distrito Silacayoapan; San Juan Reyes, Yetla de Juárez, en el municipio Santo Domingo Tonalá, distrito Huajuapán; El Parián, distrito Etlá.

Aplicaciones: fabricación del yeso empleado en la construcción, como retardante de la solidificación del cemento Portland; como fundente cerámico y fertilizante; determinadas variedades de alabastro se utilizan como decorativas para interiores y es el material base para la realización de esculturas, a pesar de su bajísima dureza y de la posibilidad de fácil alteración.

Potencial geológico en millones de toneladas: Guadalupe del Recreo 23.2; Zapotitlán Lagunas 46.5; San Juan Reyes 139.2; La Luz Tenexcalco 11.6; Yetla de Juárez 69.6 (en explotación por Yesos Supremo); Parián 11 (en explotación por una yesera particular).

Conclusiones y recomendaciones

En la Región Mixteca Oaxaqueña existen asociaciones litológicas, así como diferentes ambientes geológicos favorables para la formación de depósitos minerales, asimismo se tiene un buen potencial geológico que es factible pensar que en la región se tienen buenas expectativas de desarrollo de los minerales, ya que además existe una clara zonificación de la mineralización en la provincia geológica denominada provincia Mixteca; tomando en consideración que la zona de mineralización que se tiene conocimiento a la fecha, se ubica en la porción sur-suroeste de la región Mixteca y que comprende a los distritos Nochixtlán, Tlaxiaco y Silacayoapan, en donde existe tentativamente una franja mineralizada con sulfuros, que se extiende desde el poblado Cruz de Piedra hasta San Francisco Tla-

pancingo; en donde existen grandes afloramientos de gneis, pegmatitas, skarn, esquistos, calizas, evaporitas y pórfidos cuarcíticos.

Considerando la posibilidad de desarrollar proyectos mineros en la región con mayores perspectivas, dado que ya existe infraestructura para ello, que correspondería a la franja ubicada en los distritos Nochixtlán, Tlaxiaco y Silacayoapan; para el caso de los yacimientos que ya fueron explotados y que a la fecha se encuentran en período de inactividad, existe la probabilidad de reinterpretar los estudios y los criterios bajo los cuales fueron explotados y evaluados, con el objeto de plantear su rehabilitación.

Se sugiere llevar a cabo convenios en coordinación con los habitantes de las poblaciones, la delegación de gobierno regional y estatal, así como con empresarios dedicados a la industria minera, para implementar programas de exploración y trabajos en las zonas que fueron explotadas, mediante un análisis detallado de muestras minerales acorde a las características geológico-estructural de cada área en particular; en este sentido la región Mixteca podría convertirse en una región productora de diversos minerales y sustancias **T**

Bibliografía

- A. BETEJTIN.,
1970 Curso de Mineralogía. Editorial Mir, segunda edición.
- ALAN M BATEMAN
1982 Yacimientos Minerales de Rendimiento Económico, Editorial Omega.
- CONSEJO DE RECURSOS MINERALES
1996 Monografía Geológica-Minera del Estado de Oaxaca. 279 páginas.
- CORMNELIUS S. HURLBUT., JR.
1980 Manual de Mineralogía de Dana. Editorial Reverté.
- E. W. M. HENRICH
1980 Petrografía Microscópica. Editorial Omega. Segunda Edición.
- MARCÉ SERRANO., FERRAN VALDESPINOS
1980 Guía de Minerales y Rocas. Editial grijalbo.
- MOTTANA ANNIBALES, CRESPI RODOLFO, LIBORIO GLUSEPPE
1977 Guía de Minerales y Rocas. Editores Milán. Segunda Edición.

Cirilo Joaquín Guerrero Hernández

*Profesor Investigador
de la Universidad Tecnológica de la Mixteca*