

## Rocas probablemente factibles de ser explotadas en la zona de la región mixteca oaxaqueña

### Resumen

Cada una de las rocas son agregados naturales compuestos de uno o más minerales y a veces también de sustancias no cristalinas que constituyen sobre la tierra masas geológicamente independientes y poder ser cartografiadas. Obtenido como resultado de la cristalización y diferenciación en donde se forman asociaciones de minerales que producen varias clases de rocas, la textura de una roca está determinada principalmente por el ritmo de enfriamiento y por la cantidad de mineralizadores presentes durante la consolidación, siguiendo los procesos de la fase magmática, los efectos de contacto de las emanaciones gaseosas a elevada temperatura que escapan durante la consolidación de los magmas intrusivos o poco después de la misma cuyos efectos térmicos dan origen al metamorfismo de contacto y de efectos combinados al metasomatismo, como resultados de estos efectos se obtienen rocas metamórficas, algunas de rendimiento económico. Por erosión y deposición de rocas preexistentes pueden ser depositadas mecánica, química y bioquímicamente en las capas de rocas sedimentarias, variando de composición de acuerdo a las condiciones de deposición, formando también rocas de rendimiento económico, las rocas que afloran en la Región Mixteca, dan una idea de la diversidad existente, que pueden ser utilizados en la industria de la construcción.

### Introducción

El evento de las rocas se basa en métodos propios de la mineralogía, geología, química, física y requieren ante todo la identificación precisa de los componentes de los minerales presentes. En la mayoría de los casos las rocas son heterogéneas, las que están formadas por distintas especies de minerales, muy pocas rocas son

homogéneas o de un único mineral. En el estudio de las rocas, además de su composición, es de importancia fundamental el conocimiento de las relaciones que existen entre los distintos componentes, desde la escala microscópica hasta la geológica. La textura de una roca está formada por el conjunto de las características derivadas de las dimensiones de los componentes de su morfología y del modo en que se encuentran en contacto entre sí. La estructura constituye el conjunto de las características de una roca a escala geológica y describe principalmente los aspectos derivados de las deformaciones experimentadas por la corteza terrestre. Las rocas que afloran en la superficie terrestre derivan principalmente de tres procesos químico-físicos fundamentales que son: cristalización de una colada, precipitación de una solución y recristalización en estado sólido. Cada uno de estos procesos muestra su propio desarrollo evolutivo y da origen a tipos distintos atribuibles a pequeñas variaciones en las condiciones o simplemente a que las rocas actuales representan un evento interrumpido del proceso evolutivo general y por consiguiente está presente como reliquia con respecto al ambiente normal de la superficie terrestre. En la génesis de las rocas es necesario tomar en consideración los procesos complejos, que comprenden el desmantelamiento de los distintos tipos de rocas y su posterior adecuación a las condiciones de presión atmosférica y temperatura superficial.

### Localización del área de interés

La región de la Mixteca Oaxaqueña se localiza en la porción noroccidental del estado de Oaxaca cuyas coordenadas geográficas son 16°45' y 18°22' de latitud norte, 96°59' y 98°27' de longitud oeste del meridiano de Greenwich (INEGI, 1994). Las rocas que

afloran provienen desde edades del Precámbrico hasta el Pleistoceno (López Ramos 1983). El Precámbrico está representado por rocas de tipo gneis, filones de cuarzo, pegmatitas, serpentinas, esquistos, grafito y todos en conjunto se denominan complejo Oaxaqueño, siendo el basamento de la región, el complejo Acatlán es el que representa la era Paleozoica y está constituida por esquistos de biotita y clorita, calizas y lutitas. Para la era Mesozoica existe una secuencia de rocas sedimentarias continentales y marinas y rocas volcánicas; las rocas sedimentarias corresponden a lechos rojos, areniscas, mantos de carbón, conglomerados, calizas, lutitas, conglomerados calcáreos, en una alternancia de regresiones y transgresiones. Las rocas volcánicas están representadas por andesitas y diques andesíticos. Para la era Cenozoica se tienen rocas sedimentarias, ígneas y vulcanosedimentarias, iniciándose con un depósito de lutitas y areniscas, conglomerados, areniscas volcánicas, andesitas porfídicas, tobas riolíticas, brecha volcánica y la secuencia vulcanosedimentaria constituida por conglomerados y basaltos. Finalmente para el cuaternario corresponden los conglomerados polimicticos, areniscas, suelos residuales y aluviones constituidos por gravas, arenas, lomo-arcillas y cantos rodados no consolidados.

### Descripción de rocas

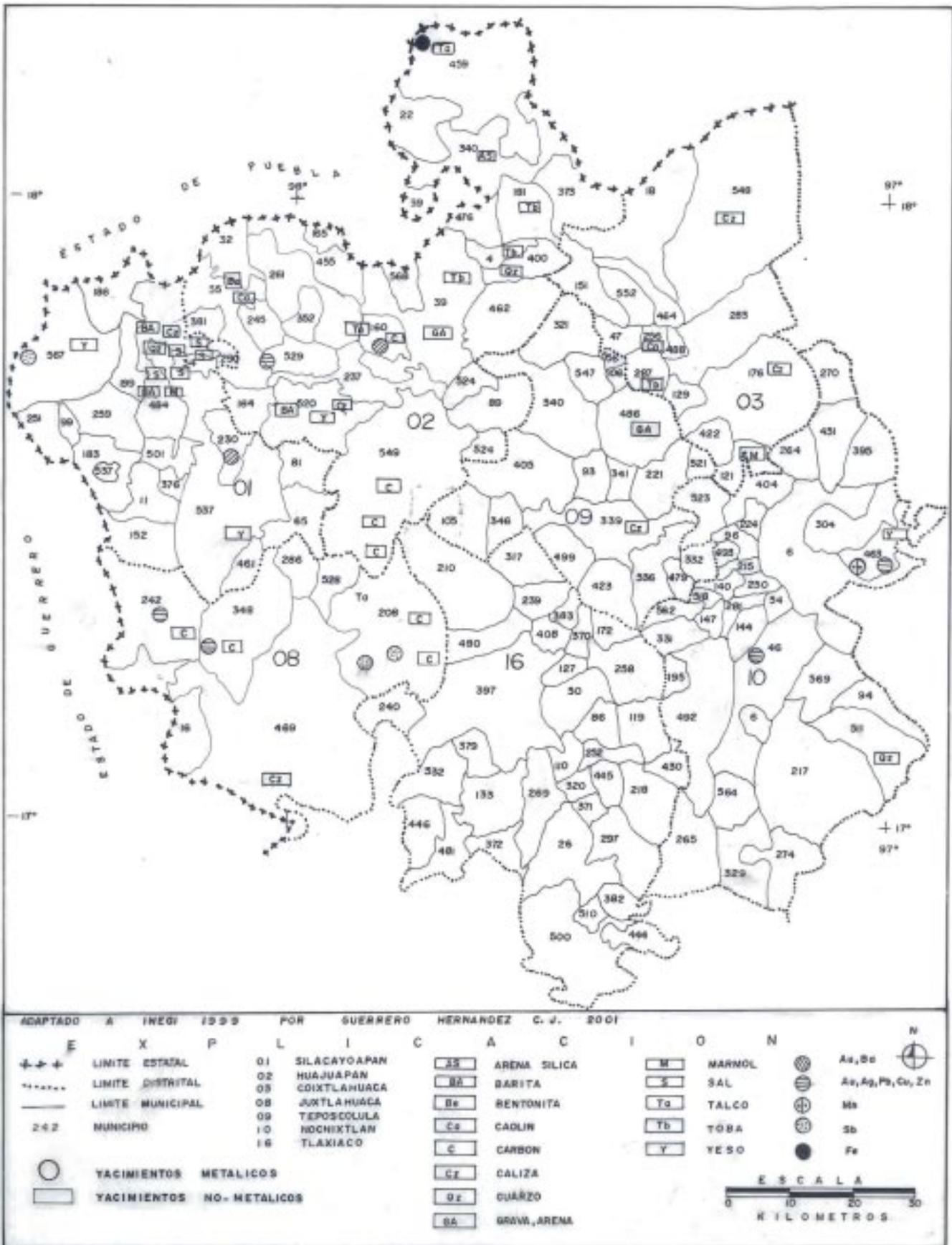
Los eventos tectónicos son los procesos determinantes del por qué la roca está donde está y según el proceso de formación, las rocas se dividen en tres grandes grupos: las rocas magmáticas o ígneas son el producto de la consolidación de un magma, masa fundida de composición principalmente silícica rica en elementos volátiles, formado en las profundidades terrestres por la fusión de las masas sólidas preexistentes, la fusión directa de la cubierta terrestre dispuesta debajo de la corteza terrestre, sobre la que viven la gran mayoría de los organismos y que recibe el nombre de manto en donde constituye el origen del magma de composición esencialmente basáltica, del que deriva por diferenciación la casi totalidad de las rocas que emergen a la superficie durante las erupciones o a las que se encuentran dispuestas en la corteza a distintas profundidades; las rocas sedimentarias corresponden las tres cuartas partes de la superficie emergida, son el producto de la transformación de rocas preexistentes, debido a la actuación de la gravedad, de los agentes

atmosféricos y de la actividad de algunos organismos vivos, estas rocas se consolidan de los sedimentos sueltos debido al acumulo mecánico de fragmentos de tamaño variable o a la precipitación de disoluciones con o sin actividad de organismos que fijan las sales disueltas en el agua; y las rocas metamórficas constituyen el complejo de las reacciones químicas y físicas en estado sólido, por el que todo tipo de roca se adecua a un nuevo ambiente, es causa de los cambios de posición sobre la corteza terrestre que toman de cada roca magmática o sedimentaria, sólo se mantiene en equilibrio dentro de un estrecho margen de temperatura y de presiones muy elevado en las magmáticas y muy bajo en las sedimentarias, cuando la roca se haya en una condición distinta, tiende a modificarse según una asociación mineralógica que lleva al equilibrio en los nuevos valores de temperatura y presión. Posteriormente se subdividen de acuerdo a varios criterios, en el caso de las rocas magmáticas, se ha alcanzado una cierta uniformidad sobre la base de un criterio mineralógico cuantitativo, en el caso de las rocas sedimentarias y metamórficas, en las que el criterio estructural y de textura parece tener más importancia que el simplemente mineralógico. En la zona de la Región Mixteca es posible observar los afloramientos de rocas, 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. Describiéndose de modo general cada uno de los diferentes tipos de rocas más conocidas en la industria de la construcción o con el nombre de rocas dimensionales que tienen posibilidades de ser explotadas, los lugares más importantes se pueden observar en la figura 1 en donde se muestran los 7 distritos y los 155 municipios de la región Mixteca.

### Sienita. Roca magmática intrusiva

Composición química: persilícica la  $\text{SiO}_2$  (silice) es mayor del 65%

Aspecto de la roca: presenta un color de gris claro a gris oscuro, estructura masiva, de grano medio a fino, textura granular con algunos cristales de vidrio volcánico, feldespatos, plagioclasas, piroxenos, cuarzo, biotita y manchada de óxidos de hierro.



**Ambiente de formación:** se forma a elevada presión y alta temperatura, en zonas limitadas en el interior de masas ácidas o básicas; constituyen a veces la parte más diferenciada de los plutones gábricos o de intrusiones estratiformes, este tipo de roca está estrechamente relacionada al ambiente tectónico.

**Localidades:** aflora en lomeríos asociados con cañadas en las inmediaciones del municipio de Santiago Tamazola, distrito de Silacayoapan y en sierras complejas en las inmediaciones del municipio de San José Ayuquila correspondiente al distrito de Huajuapán; este tipo de roca en Santiago Tamazola, se ha explotado rudimentariamente en períodos intermitentes.

**Aplicaciones:** este tipo de roca se utiliza en edificaciones en lozas pulidas, además es un indicador de yacimientos minerales de metales y pegmatitas.

**Potencial geológico en millones de toneladas:** Santiago Tamazola 24.6, San José Ayuquila 22.5

### Gabro. Roca magmática intrusiva básica

**Composición química:** hiposilícica, la  $\text{SiO}_2$  es menor del 52%

**Aspecto de la roca:** la tonalidad en masa es bastante oscura, gris verdosa, de textura granular con grano medio, contiene plagioclasa, piroxeno, olivino, biotita y cuarzo

**Ambiente de Formación:** se forma en zonas de elevada presión y alta temperatura, en pequeñas masas diferenciadas en agregados plutónicos básicos y ultrabásicos, en stocks, diques concordantes, lacolitos y como roca intrusiva.

**Localidades:** se aprecia en sierras asociadas con cañadas bajas y complejas en las inmediaciones del municipio Tlacotepec Plumas, distrito de Coixtlahuaca y en lomeríos asociados con cañadas en las inmediaciones de San José Tenería, municipio San Miguel Amatitlán, distrito de Huajuapán.

**Aplicaciones:** en la industria de la construcción y frecuentemente se encuentran asociado con yacimientos de pirrotina níquelífera, cromo níquel, hierro platino y olivino.

**Potencial geológico en millones de toneladas:** Tlacotepec Plumas 1.3 y San José Tenería 0.33

### Pórfido cuarcífero. Roca magmática efusiva

**Composición química:** persilícica la  $\text{SiO}_2$  es mayor del 65%

**Aspecto de la roca:** el color varía de amarillento a gris claro, textura porfídica, de estructura masiva, contiene cuarzo, plagioclasa, feldespatos, clorita, sericita y calcita.

**Ambiente de Formación:** filones y apófisis en el granito o roca de composición próxima a zonas marginales de un plutón granítico introducido a baja profundidad en zonas de bajísima presión y alta temperatura.

**Localidades:** se observa en sierras bajas en el poblado Guadalupe de Nogales, municipio San Francisco Tlapancingo, distrito de Silacayoapan.

**Aplicaciones:** industria de la construcción, decorativa, pavimentación de carreteras, como cascajo, en este tipo de rocas es probable la asociación con yacimientos de molibdeno.

**Potencial geológico en millones de toneladas** 17.2

### Toba porfídica. Roca piroclástica

**Composición química:** persilícica la  $\text{SiO}_2$  es mayor del 65%

**Aspecto de la roca:** presenta colores de gris claro, verdoso y amarillento, de textura clástica, con fragmentos de rocas volcánicas, mezclada con ceniza volcánica, cementada con arcillas y carbonatos.

**Ambiente de Formación:** se encuentran interestratificadas con lavas en volcanes de carácter mixto explosivo-efusivo, en grandes extensiones a notables distancias de los centros volcánicos en zonas explosivas de bajísima presión y alta temperatura.

**Localidades:** se observa en lomeríos asociados con cañadas en los municipios: Huajuapán de León, Santiago Huajolotitlán, Santa María Camotlán, Asunción Cuyotepeji, Santiago Miltepec y en el poblado Zapotitlán Palmas, distrito de Huajuapán.

**Aplicaciones:** industria de la construcción, es probable la existencia de los yacimientos de cobre, níquel, cobalto, hierro, platino y olivino.

**Potencial geológico en millones de toneladas:** Huajuapán de León 45, Santiago Huajolotitlán 625, Santa María Camotlán 936, Asunción Cuyotepeji 468, Santiago Miltepec 780 y Zapotitlán Palmas 700.

## Toba lítica. Roca Piroclástica

Composición química: mesosilícica la  $\text{SiO}_2$  esta entre el 52 y 65%.

Aspecto de la roca: color gris claro y rosa claro, textura clástica, con fragmentos de rocas volcánicas, mezclada con ceniza volcánica y cementada con material arcilloso, con granos de tamaño medio a grueso, se observa un conjunto de cristales de augita, plagioclasas y olivino.

Ambiente de Formación: grandes extensiones producidas por la actividad explosiva de vulcanismo traquítico o tefrítico-leucítico. En zonas de bajísima presión y alta temperatura

Localidades: aflora en sierras asociadas con cañadas bajas y complejas en los municipios de: San Mateo Tlapiltepec, Tlacotepec Plumas, Santa Magdalena Jicotlán, San Miguel Tulancingo, distrito de Coixtlahuaca.

Aplicaciones: en la industria de la construcción por ligera, sólida y fácilmente trabajable; es probable la existencia de zeolitas en este tipo de rocas.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Mateo Tlapiltepec 2, Tlacotepec Plumas 12.5, Santa Magdalena Jicotlán 2 y San Miguel Tulancingo 9.3

## Toba cristalina. Roca piroclástica intermedia

Composición química: mesosilícica la  $\text{SiO}_2$  se encuentra entre el 52 y 65%.

Aspecto de la roca: color gris oscuro, verde olivo, textura clástica, con granos de tamaño medio a grueso con ceniza y cementada con arcillas; predominan los cristales negros de augita y biotita, feldespatos y leucita.

Ambiente de Formación: se observan grandes extensiones producidas por la actividad explosiva de vulcanismo traquítico o tefrítico-leucítico en zonas de bajísima presión y alta temperatura.

Localidades: son observados los afloramientos en sierras asociadas con cañadas bajas y complejas en los municipios de: San Mateo Tlapiltepec, Tlacotepec Plumas, Santa Magdalena Jicotlán, San Miguel Tulancingo, distrito de Coixtlahuaca.

Aplicaciones: se emplea como roca de construcción por ligera, sólida y fácilmente trabajable.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Mateo Tlapiltepec 2, Tlacotepec Plumas 12.5, Santa Magdalena Jicotlán 2 y San Miguel Tulancingo 9.3

## Toba vítrea. Roca piroclástica

Composición química: mesosilícica. La  $\text{SiO}_2$  se encuentra entre el 52 y 65%.

Aspecto de la roca: color gris oscuro, textura porfídica, asociada con ignimbritas y lapilli de distinta composición, cementado con zeolitas, masiva y manchada de carbonatos de cobre.

Ambiente de Formación: grandes extensiones producidas por la actividad explosiva de vulcanismo traquítico.

Localidades: se observa sobre sierras asociadas con cañones en el municipio San Juan Bautista Tlachichilco, distrito de Silacayoapan; San Antonio las Mesas, distrito de Silacayoapan; Tecomaxtlahuaca, Coicoyán de las Flores, San Mateo Tunuchi, distrito de Juxtahuaca.

Aplicaciones: en la industria de la construcción, revestimiento de carreteras

Potencial geológico en millones de toneladas: San Juan Bautista Tlachichilco 9.3, San Antonio las Mesas 28, Tecomaxtlahuaca 10.4, Coicoyán de las Flores 29, San Mateo Tunuchi.3.2

## Andesita. Roca magmática efusiva

Composición química: persilícica. La  $\text{SiO}_2$  es mayor del 65%.

Aspecto de la roca: color gris oscuro, verdoso y negruzco, textura porfídica, estructura compacta, contiene plagioclasas, biotita, cuarzo, piroxenos, vidrio y manchada con óxidos de hierro

Ambiente de Formación: son rocas de bajísima presión y alta temperatura; coladas de lava y domos, especialmente en regiones de notable actividad tectónica y en asociación con basaltos, también proceden de la fusión a gran profundidad y a continuación un rápido afloramiento superficial empleando para ello las chime-neas volcánicas.

Localidades: son observados en sierras de cumbres tendidas en el poblado San Miguel Huautla, Santiago Huauclilla, distrito de Nochixtlán; lomeríos asociados con cañadas en Santa María Chilapa de Díaz, distrito de Teposcolula; Tezoatlán de Segura y Luna, Santiago Calcoxtepec, San Martín Zacatepec, distrito de Huajuapán; San Jorge Nuchita, San Lorenzo Victoria, San Antonio las Mesas, distrito de Silacayoapan; Tecomaxtlahuaca, Coicoyán de las Flores, San Mateo Tunuchi, distrito de Juxtahuaca; valles asociados con cañadas y lomeríos San Miguel Ahuehuetitlán, Guadalupe de Ramírez, San Nicolás Hidalgo, Mariscala de Juárez, distrito de Silacayoapan.

Aplicaciones: localmente suelen utilizarse en la industria de la construcción.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Miguel Huautla 12.5, Santiago Huaucilla 5.1, Santa María Chilapa de Díaz 21.8, Tezoatlán de Segura y Luna 1.1, Santiago Cacaloxtotec 14.6, San Martín Zacatepec 37.5, San Jorge Nuchita 37.4, San Lorenzo Victoria 10.4, San Antonio las Mesas 28, Tecomaxtlahuaca 10.4, Coicoyán de las Flores 29, San Mateo Tunuchi 3.2, San Miguel Ahuehuetitlán 6.2, Guadalupe de Ramírez 3.2, San Nicolás Hidalgo 6.2 y Mariscala de Juárez 11.

### Basalto. Roca magmática efusiva

Composición química: hiposilícica, la  $\text{SiO}_2$  es menor del 52%.

Aspecto de la roca: color oscuro a negro, con vesículas, algunas rellenas (amígdalas), contiene plagioclasas, piroxenos, cuarzo y vidrio.

Ambiente de Formación: es la roca efusiva más común, tanto en forma de enormes extensiones subaéreas, formadas por coladas sobrepuestas procedentes de fisuras profundas y dispuestas linealmente, como en forma de coladas, filones y conos procedentes de volcanes centrales, frecuentemente con intercalaciones de escoria en zona de bajísima presión y alta temperatura.

Localidades: afloran sobre lomeríos asociados con cañadas, en los municipios de Asunción Cuyotepeji y Tezoatlán de Segura y Luna y en el poblado de Zapotitlán Palmas, distrito de Huajuapán.

Aplicaciones: industria de la construcción, pavimentación de carreteras, vías férreas, adoquinado; constituye la materia prima para la producción de la denominada lana de vidrio.

Potencial geológico en millones de toneladas: Asunción Cuyotepeji 1.5, Tezoatlán de Segura y Luna 1.1, Zapotitlán Palmas 38.8.

### Conglomerado calcáreo. Roca sedimentaria clástica clase rudita coherente

Componentes: conglomerado poligénico de calizas, con esporádicos fragmentos de rocas metamórficas y volcánicas, con matriz arenosa cementada con carbonatos en ocasiones algo silicificada.

Aspecto de la roca: color gris, gris claro, amarillento y oscuro, los componentes son mayores de 2 centímetros de diámetro, estructura irregular desordenados,

matriz de grano fino cementado con carbonato y esporádicamente con sílice.

Ambiente de Formación: organógenas de tipo marino y de desiertos cálidos y fríos, por la consolidación de guijarros relacionados con deposición en agua poco profunda y fuertemente agitada; son indicadores de transgresiones marinas y representan también depósitos fluviales en ambiente torrencial.

Localidades: son observados los afloramientos en sierras altas y complejas asociadas con lomeríos y cumbres tendidas en los poblados San Marcos Arteaga, Santo Domingo Tonalá, Asunción Calihualá, Villa de Chilapa de Díaz, San Isidro Zaragoza, Tezoatlán de Segura y Luna, San Miguel Tequixtepec, Villa de Tamazulapan del Progreso, San Pedro y San Pablo Teposcolula, La Estancia San José, Santa Catarina Ocotlán, Santiago Juxtlahuaca y Acatlima.

Aplicaciones: localmente se emplea en la industria de la construcción.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Marcos Arteaga 3.2, Santo Domingo Tonalá 32.6, Asunción Calihualá 16.3, Villa de Chilapa de Díaz 1.1, San Isidro Zaragoza 1.1, Tezoatlán de Segura y Luna 1.1, San Miguel Tequixtepec 4.3, Villa de Tamazulapan del Progreso 1.1, San Pedro y San Pablo Teposcolula 21.7, La Estancia San José 32.6, Santa Catarina Ocotlán 32.6, Santiago Juxtlahuaca 32.6 y Acatlima 32.6

### Caliza. Roca sedimentaria organógena, clase calcárea

Componentes: calcita metamorfizada

Aspecto de la roca: color beige, de grano fino, textura compacta, estructura masivas, fractura concoidea, de estratificación poco aparente, con presencia de calcita y arcilla, en partes algo silicificada y metamorfizada.

Ambiente de Formación: son de origen biostrófico y biohémico compactadas durante los procesos de diagénesis, además de la sustitución de las partes aragónicas de los organismos con dolomía debido a efectos de la circulación del agua del mar, en donde se forman los estilolitos, por efecto de la circulación del agua da lugar a una disolución y sucesivamente o contemporáneamente una redeposición de material insoluble, incluyendo las arcillas y los óxidos de hierro.

Localidades: son observados los afloramientos en sierras de cumbres tendidas, asociados con lomeríos

y cañadas bajas y complejas en las inmediaciones de los poblados: Santa Catarina Ocotlán, San Pedro y San Pablo Teposcolula, Cerro de la Virgen, Tepelmeme Villa de Morelos, Los Tejocotes, San Isidro, Refugio de Morelos, San Martín Palo Solo, Guadalupe Gavillera, Santa Catarina Río Delgado, Los Laureles Diuxi, Yosonduche, Santiago Juxtlahuaca, Santo Domingo Tonalá, San Miguel Tlacotepec, San Martín Peras, Asunción Calihualá, Guadalupe del Recreo, Zapotitlán Lagunas, Acatlima, San José La Estancia, San Bartolo Zoyaltepec.

Aplicaciones: industria de la construcción, mosaicos, pavimentación de carreteras, fabricación de cal, decorativas y ornamental.

Potencial geológico en millones de toneladas: Santa Catarina Ocotlán 19.6, San Pedro y San Pablo Teposcolula 9.7, Cerro de la Virgen 3.3, Tepelmeme Villa de Morelos 2.5, Los Tejocotes 14.6, San Isidro 14.2, Refugio de Morelos 14.6, San Martín Palo Solo 19.5, Guadalupe Gavillera 39.2, Santa Catarina Río Delgado 7.8, Los Laureles Diuxi 41.7, Yosonduche 40.8, Santiago Juxtlahuaca 11.7, Santo Domingo Tonalá 40.8, San Miguel Tlacotepec 17.4, San Martín Peras 16.3, Asunción Calihualá 49.5, Guadalupe del Recreo 4.1, Zapotitlán Lagunas 9.1, Acatlima 102, San José La Estancia 9.1, San Bartolo Zoyaltepec 6.5

### Arenisca. Roca sedimentaria clástica, clase: arenas coherentes

Componentes: los granos son fragmentos de cuarzo, feldespatos, micas, calcita, olivino y esporádica pirlita.

Aspecto de la roca: color verdoso muy variable, grisáceos, amarillentos y rojizos, de textura clástica con granos de tamaño generalmente inferior a los dos milímetros de diámetro, los ripios son subredondeados a redondeados, cementado con sílice y carbonatos de calcio, de estratificada plegada y fracturada.

Ambiente de formación: acúmulos de materiales clásticos transportados por el agua fluvial y marina de corrientes de turbidez, observándose en la base de los gránulos de los conglomerados transgresivos y hacia la base arcillas y calizas.

Localidades: son observados los afloramientos en sierras de cumbres tendidas asociados con lomeríos y cañadas bajas y compleja en las inmediaciones de los poblados San Juan Diquiyu, Tezoatlán de Segura y Luna, San Juan Mixtepec, Tlaxiaco, Santiago Tamazola, Saucitlán de Morelos, San Jerónimo Silacayoapilla, Santiago Ayuquillilla, San José Ayuquila,

Aplicaciones: industria de la construcción, ruedas de molino, abrasivas y artesanal.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Juan Diquiyu 416, Tezoatlán de Segura y Luna 17.5, San Juan Mixtepec 37.6, Tlaxiaco 624, Santiago Tamazola 1.1, Saucitlán de Morelos 32, San Jerónimo Silacayoapilla 20.8, Santiago Ayuquillilla 424, San José Ayuquila 624.

### Arena sílica. Roca sedimentaria clástica

Componentes: con un promedio de 95% de contenido de cuarzo y 5% de rocas metamórficas y volcánicas.

Aspecto de la roca: son arenas bien lavadas prácticamente libres de material arcilloso, texturalmente son de granos uniformes de subredondeados a bien redondeados, de color blanco a grisáceo, los óxidos férricos ocurren como recubrimientos de los granos de cuarzo,

Ambiente de formación: estas rocas son el producto, clasificación y abrasión ejercidos por areniscas y cuarcitas preexistentes de un intemperismo prolongado, en un terreno cristalino antiguo en condiciones estables como arena de manto, en mares poco profundos de agua tibia y clara, las partículas fueron bien lavadas y la sedimentación así como la deposición fueron lentas.

Localidades: son observados los afloramientos en sierras de cumbres tendidas asociados con lomeríos y cañadas bajas y compleja en las inmediaciones de los poblados: Santa Rosa de Juárez, San Pedro y San Pablo Tequixtepec y San José Trujapan.

Aplicaciones: importante en la industria por sus propiedades piezoeléctricas, cristalera, esmaltes, abrasivos, refractarios y materia prima para el silicio de carburo.

Potencial geológico en millones de toneladas: Santa Rosa de Juárez 2.3, San Pedro y San Pablo Tequixtepec 125 y San José Trujapan 16.

### Mármol ónix. Roca metamórfica de contacto, calcáreo

Aspecto de la roca: el color varía de gris claro a blanco con listas amarillentas, de estructura algo plegada, el tamaño de los granos es muy variada, con contenido de calcita, cuarzo, plagioclasas, wollastonita y manchadas de óxidos de hierro.

Grado Metamórfico: de baja a alto de la facies de las zeolitas a la de las granulitas, la temperatura de re-

cristalización es de alrededor de los 880° centígrados y la presión de recristalización es de 10 Kilobares.

Ambiente Genético: derivan de calizas más o menos puras recristalizada por el metamorfismo de contacto.

Localidades: se aprecian los afloramientos en sierras complejas asociadas a cañadas profundas en las inmediaciones del poblado: San Bartolo Salinas, municipio Santiago Tamazola, distrito de Silacayoapan, y el municipio Santiago Chazumba, distrito de Huajuapán.

Aplicaciones: industria de la construcción, para objetos decorativos, edificación, escultura y en la industria química.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Bartolo Salinas 1.1, Santiago Chazumba 21.6

### Augeneis. Roca metamórfica regional siálico entre arenáceo y pelítico

Aspecto de la roca: el color varía de gris oscuro a amarillento, estructura compacta, de grano grande hasta 4 centímetros de diámetro, con contenidos de feldspatos, plagioclasas, moscovita, biotita, cuarzo, biotita, turmalina y óxidos de hierro.

Grado Metamórfico: entre medio y alto, en la facies de las anfibolitas-migmatitas, la temperatura de recristalización es de alrededor de los 700° centígrados y la presión de recristalización es de 6 Kilobares.

Ambiente Genético: es de origen sedimentario que se forma en el metamorfismo progresivo de los esquistos con deshidratación de micas y su transformación de feldspatos, silicatos y de rocas graníticas, granodioritas y tonalitas.

Localidades: los afloramientos se ubican en sierras altas y complejas asociadas con lomeríos y cañadas en las inmediaciones del poblado: San Sebastián del Monte, municipio Santo Domingo Tonalá y en el municipio San Miguel Amatitlán, distrito de Huajuapán.

Aplicaciones: industria de la construcción, pavimentación de carreteras, y bordillos.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Sebastián del Monte 48.6; San Miguel Amatitlán 3.3 .

### Pizarra. Roca metamórfica de contacto pelítico, arenáceo

Aspecto de la roca: color verde oscuro, brillante, textura granoblástica, estructura masiva y algo esquistosa,

contiene partículas del tamaño de la arcilla, cuarzo, feldspatos, piritita.

Grado Metamórfico: de bajo a medio, de la facies de los hornfels y las hornblendas con temperatura de recristalización de 500° centígrados y la presión de recristalización es de 2 Kilobares.

Ambiente Genético: se origina en el borde exterior de una aureola de contacto, desarrollándose preferentemente sobre arcillas.

Localidades: los afloramientos se presentan en sierras altas y complejas asociadas con cañones abruptos en las inmediaciones de las poblaciones: Guadalupe Copaltepec, Mariscal de Juárez, Coicoyán de las Flores, San Martín Peras, San Francisco Yosocuta, San Marcos Arteaga, Cosoltepec, Santiago Chazumba y Acaquizapán.

Aplicaciones: se utilizan en la construcción y como cargas de minerales.

Potencial geológico en millones de toneladas: Guadalupe Copaltepec 29.2, Mariscal de Juárez 4.3, Coicoyán de las Flores 1296, San Martín Peras 1296, San Francisco Yosocuta 2.1, San Marcos Arteaga 2.1, Cosoltepec 1296, Santiago Chazumba 129 y Acaquizapán 4.3

### Cuarcita. Roca metamórfica regional y silicio arenoso

Aspecto de la roca: el color varía de blanco a grisáceo, de grano grande hasta de un centímetro de diámetro de cuarzo, textura en mosaico, estructura masiva y algo esquistosa, se observan minerales como la moscovita, biotita, feldspatos, calcita y sulfuros diseminados.

Grado Metamórfico: se presente en series metamórficas de cualquier grado, dado que el cuarzo es en general estable y los otros componentes varían de modo independiente de las condiciones de presión y temperatura; la temperatura de recristalización es de alrededor de los 800° centígrados y la presión de recristalización es de 7 Kilobares.

Ambiente Genético: procede de rocas sedimentarias arenáceas más o menos puras que pueden ser ortocuarzitas, grauvacas, arcosas, o de limolitas ricas en cuarzo, de arcillas, de sílex, de aptitas y de pegmatitas.

Localidades: los afloramientos se ubican en sierras bajas y complejas asociadas con cañadas, en las inmediaciones del municipio San Juan Ihualtepec, distrito de Silacayoapan, y San Juan Mixtepec, Juxtlahuaca.

Aplicaciones: industria de la construcción, pavimentación o revestimiento, industria del vidrio, cerámica y refractarios ácidos.

Potencial geológico en millones de toneladas: San Juan Ihualtepec 84.8, San Juan Mixtepec 8.4

## Conclusiones y recomendaciones

En la zona de la Región Mixteca Oaxaqueña existen asociaciones litológicas de diferentes dimensiones, así como de diferentes ambientes geológicos favorables para la formación de depósitos de rocas, así mismo se tiene un buen potencial geológico que es factible pensar que en la región se tienen buenas expectativas de desarrollo de rocas dimensionales.

Se considera factible la posibilidad de desarrollar proyectos mineros de corte y pulido de rocas en la región con mayores perspectivas, dado que ya existe infraestructura para ello, que correspondería a las autoridades promover y difundir el material; 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 en donde existen las rocas susceptibles de ser explotadas como rocas dimensionales, con 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 de rocas 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 tipos de rocas dimensionales para la industria de la construcción 

## Bibliografía

- A. BETEJIN  
1970 Curso de Mineralogía. Editorial Mir, segunda edición.
- CORMNELIUS S. HURLBUT, JR.  
1980 Manual de Mineralogía de Dana. Editorial reverté, segunda edición.
- INEGI  
1994 Carta Topográfica escala 1:250, 000 Oaxaca, E14-9. Instituto Nacional de Estadística e Informática. México.
- PALACIOS SALINAS H.  
1992 Manual para el estudio microscópico de las rocas sedimentarias. IPN.
- LÓPEZ RAMOS E.  
1983 Geología de México. Tomo III Edición Escolar. México.
- MOTTANA ANNIBALES, CRESPI RODOLFO, LIBORIO GLUSEPPE  
1977 Guía de Minerale y Rocas. Editores Milán. Segunda Edición.
- FRANCIS J. TURNER., JOHN VERHOOGEN  
1978 Petrología ígnea y metamórfica.. Editorial Omega. Tercera Edición
- E. W. M. HERINRICH  
1980 Petrografía Microscópica. Editorial Omega. Segunda Edición.
- MARCÉ SERRANO., FERRAN VALDESPINOS  
1980 Guía de Minerale y Rocas. editorial grijalbo.
- BATEMAN ALAN M.  
1982 Yacimientos Minerale de Rendimiento Económico. Editorial Omega, sexta edición.

**Cirilo Joaquín Guerrero Hernández**

*Profesor Investigador*

*de la Universidad Tecnológica de la Mixteca*